



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE BOMBEO  
CONTRA INCENDIOS PARA EDIFICIOS”

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

P R E S E N T A N:

**ANTONIO LUIS AGUILAR LÓPEZ  
FERMIN SOSA GARDUÑO**

DIRECTOR DE TESIS:

**ING. MARCO ANTONIO MANUEL MACÍAS HERRERA**



CIUDAD UNIVERSITARIA

FEBRERO 2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## *AGRADECIMIENTOS*

*Agradecemos de manera muy especial y sincera al Ing. Marco Antonio Manuel Macías Herrera por aceptarnos para realizar esta tesis bajo su dirección y brindarnos su conocimiento, tiempo y tolerancia para la culminación de nuestro trabajo.*

*Al Ing. Carlos Jiménez Lezama por todo el apoyo y orientación para ser la guía en el desarrollo de nuestra tesis.*

*A nuestros Sinodales por su amabilidad y disponibilidad para lograr de manera pronta nuestro trabajo.*

*A la Facultad de Ingeniería por brindarnos una estancia llena de conocimientos para alcanzar una óptima formación profesional.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirnos las puertas y darnos siempre las herramientas para lograr dejar en nosotros conocimiento, valores, cultura y ética en nuestra vida profesional futura.*

## *DEDICATORIAS*

*A mi madre por cada uno de sus desvelos, por su cariño, por su apoyo y compañía incondicional en los momentos más oscuros de la vida.*

*A mi padre por su enseñanza de vida.*

*A Wendy y Eli por su cariño y complicidad.*

*A Nancy por cambiar mi mundo cada día.*

*A mis tíos y abuelos por mostrarme que las distancias son cortas para la familia.*

*A mis profesores por compartir sus conocimientos.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México ..... por todo lo dado.*

*A Dios.*

*No se puede resumir en unas líneas el agradecimiento que tengo para cada persona que de manera directa o indirecta me han apoyado y ayudado a concluir esta meta en la vida, solo pretendo hacer un pequeño homenaje por medio de mi trabajo para ustedes.*

*Agradezco también a los amigos de la Facultad de Ingeniería por todas las vivencias, los viajes, la compañía y por todas las cosas buenas y también las malas que viví a su lado. Mi agradecimiento también a todas aquellas personas que no menciono pero que han sido parte fundamental de mi vida, que me han formado y ampliado mi visión, solo puedo decírles a todos ustedes: gracias.*

*ANTONIO*

*A mis padres Raquel y Fermín, por brindarme a lo largo de mi vida el cariño, la enseñanza y la formación necesaria para lograr ahora una carrera profesional que sin duda alguna es de ustedes. Gracias!!!.*

*A Moní y Raúl, por siempre brindarme todo su apoyo y ayudarme en momentos difíciles para lograr salir adelante.*

*A Giovas, por la paciencia y tolerancia que los hermanos necesitan.*

*A Toniña y Miguelín, porque son mi Felicidad y me alientan a superarme.*

*A Tanís, porque claro que es también mi compañera en esta aventura, Aí Shiteru!.*

*A mis Abuelos, porque sus consejos y la atención que siempre me han brindado es inigualable.*

*A mis Tíos, Primos y Amigos, porque me han dirigido siempre por el buen camino.*

*A mis Profesores, por ser una parte fundamental de mi formación académica.*

*Sin su apoyo y comprensión nada hubiera sido posible, Gracias!!!.*

***FERMIN SOSA GARDUÑO***

## **CONTENIDO**

	<b>Página</b>
<b>OBJETIVO.</b>	1
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	2
<b>CAPÍTULO 1. La Protección contra Incendios.</b>	7
1.1 Prevención de Incendios.	7
1.2 Sistemas de Seguridad en Edificios.	7
1.3 Prevención del Fuego.	10
1.4 Sistemas de Protección contra Incendios.	10
<b>CAPÍTULO 2. Equipo Eléctrico.</b>	12
2.1 Bombas.	12
2.1.1. Bombas Centrífugas.	14
2.1.2. Bombas Centrífugas Multietapas.	15
2.1.3. Bombas de Desplazamiento Positivo.	15
2.2 La Bomba Presurizadora (Jockey).	16
2.3 Dispositivo de Protección contra Sobrecorriente.	16
2.4 Control.	20
2.5 Transformador.	21
2.6 Generador.	22
2.7 Equipo de Transferencia.	23
<b>CAPÍTULO 3. Aplicación de la NOM-001-SEDE-2005.</b>	24
3.1 Definiciones.	24
3.2 El Artículo 695 de la NOM-001-SEDE-2005.	26
3.3 El Reglamento General de Construcciones del Distrito Federal 2004.	32
3.4 Materiales.	33
3.5 Métodos de Alambrado.	36

<b>CAPÍTULO 4. Diseño de la Instalación Eléctrica del Sistema de Bombeo contra Incendios para Edificios.</b>	44
4.1 Planos de Planta y Elevación.	44
4.1.1 Información.	44
4.1.2 Planos Eléctricos.	44
4.2 Diagrama Unifilar.	46
4.3 Cuadro de Distribución de Cargas.	47
4.4 Croquis de Localización.	47
4.5 Especificación de Materiales y Equipo a utilizar.	47
4.6 Memoria Técnico Descriptiva y de Cálculo.	47
4.7 Proyecto Tipo: Conexión a un sistema de distribución en anillo.	48
<b>CAPÍTULO 5. Supervisión de la Instalación Eléctrica del Sistema de Bombeo contra Incendios para Edificios.</b>	61
5.1 Planificación de la Inspección de la Instalación Eléctrica del Sistema de Bombeo contra Incendios para Edificios.	61
5.2 Uso de Tablas para la Inspección.	66
<b>CONCLUSIONES.</b>	68
<b>APÉNDICE.</b>	69
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	93

## **OBJETIVO**

Desarrollo de un método para el diseño y supervisión del cuarto eléctrico del sistema de bombeo contra incendios para edificios acorde a la normatividad del país la NOM-001-SEDE-2005, la normatividad local (Reglamento General de Construcciones del Distrito Federal) y las recomendaciones de la NFPA (National Fire Protection Association).

Establecer los principios básicos de los sistemas de bombeo para una comprensión de los sistemas contra incendios.



## INTRODUCCIÓN

### ¿Qué es el Fuego?.

Es una reacción química que consiste en la oxidación violenta de la materia combustible, se manifiesta con desprendimientos de luz, calor, humos y gases en grandes cantidades.

### Componentes del fuego.

Por muchos años el Triángulo del Fuego ha sido usado para la descripción y explicación de la combustión en la teoría de extinción:



*Oxígeno, calor y combustible en proporciones adecuadas crean el fuego y si separamos uno de estos tres elementos, el fuego no puede existir.*

### **Oxígeno.**

Se requiere de 16% de este elemento para iniciar un incendio, normalmente en el aire tenemos un 21%. Algunos materiales combustibles contienen suficiente oxígeno para hacer su propio incendio.

### **Combustible.**

El combustible en el triángulo del fuego es definido como “el material que únicamente puede ser oxidante”, es decir, que es capaz de entrar en combustión. El término agente reductor se refiere a la capacidad de los combustibles para convertirse en agentes oxidantes.

### **Calor.**

El calor y la temperatura están estrechamente relacionados y en algunos casos inseparables. El calor es un tipo de energía en desorden, mientras que la temperatura es una medición de este desorden medido en grados.

## ¿Qué es un Incendio?.

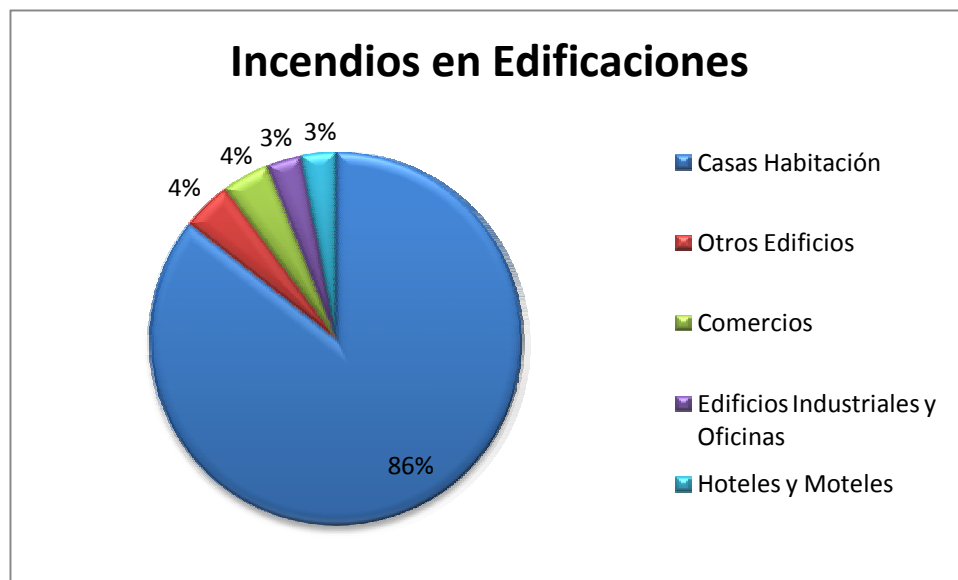
Un incendio es fuego no controlado de grandes proporciones, que puede presentarse en forma habitual, gradual o instantánea, al que le siguen daños materiales que pueden interrumpir el proceso de producción, ocasionar lesiones o pérdidas de vidas humanas y deterioro ambiental. En la mayoría de los casos los errores humanos y sus efectos son siempre nocivos y hasta desastrosos.



Otro aspecto de gran importancia, lo constituyen las causas que provocan los incendios en viviendas y/o edificios. En este aspecto las condiciones que guarda la Ciudad de México son realmente distintas a cualquier otra ciudad, tanto cultural, social y económicamente, en suma, es un reto a la capacidad creativa, las causas que provocan los incendios son:

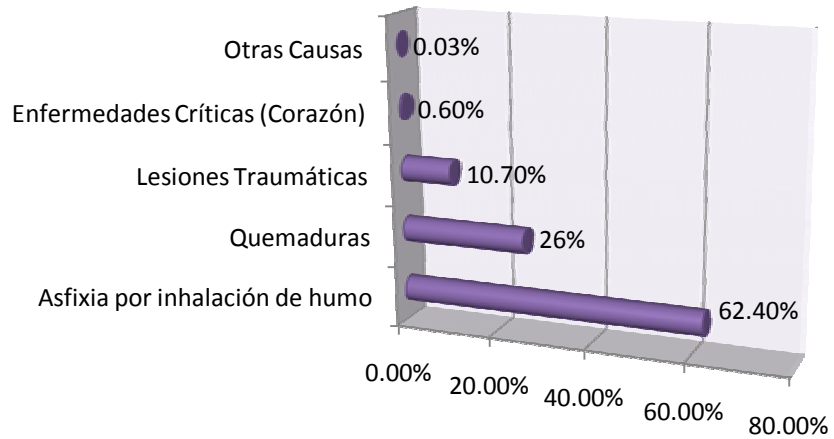
- Fallas eléctricas.
- Fallas de instalación de gas.
- Combustión espontánea por exceso de basura y desorden.
- Manejo inadecuado de líquidos inflamables
- Mantenimiento deficiente de tanques contenedores de gas.
- Riesgos externos.

Algunas estadísticas por la incidencia y propagación de incendios se presentan a continuación:



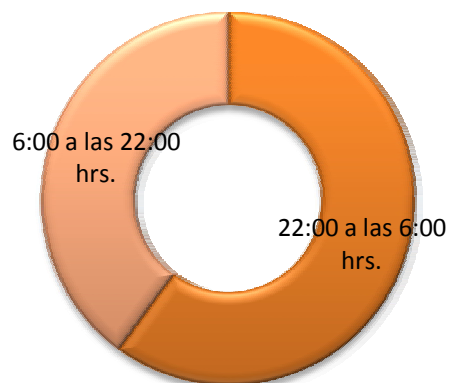
*FUENTE: PROTECCION CIVIL DE MEXICO, 2008-2009  
LINEA DE EMERGENCIA (24 HORAS) Tel: 316-0080 / \*335*

## Muertes a causa de Incendios



*FUENTE: PROTECCION CIVIL DE MEXICO, 2008-2009  
LINEA DE EMERGENCIA (24 HORAS) Tel: 316-0080 / \*335*

## Horario Crítico de Incendios



*FUENTE: PROTECCION CIVIL DE MEXICO, 2008-2009  
LINEA DE EMERGENCIA (24 HORAS) Tel: 316-0080 / \*335*

**Incendios o explosiones mortíferas en el mundo de todos los tiempos, con exclusión de los bombardeos y ataques en tiempo de guerra.**

<b>Fila</b>	<b>Evento</b>	<b>Fecha</b>	<b>Número de muertes</b>
<b>1</b>	Terremotos como resultado de incendios que causaron más muertes [1] Tokio a Yokohama, Japón	1 de septiembre de 1923	Total de más de 142.807 muertes
<b>2</b>	Terremoto dio lugar a los incendios que causaron más muertes [1] Tokio, Japón	21 de marzo de 1857	Total de más de 107.000 muertes
<b>3</b>	Planta de energía nuclear químicos explosión dio lugar a la liberación de las radiaciones nucleares [2] Kiev, URSS	26 de abril de 1986	31 muertes más inmediatas de las defunciones 7000-8000 expuestos los trabajadores de limpieza
<b>4A</b>	Conflagración urbanas [5] Constantinopla (actual Estambul), Turquía	1729	7.000 muertes
<b>4B</b>	Fuego [6] Chiangking, China	3 de septiembre de 1949	7.000 muertes
<b>6</b>	Planta de plaguicidas en libertad mortal explosión vapores químicos [3] Bhopal, India	3 de diciembre de 1984	3.849 muertes por vapores químicos
<b>7</b>	Explosiones de minas de uranio [1, 6] Johanngeorgendstadt, Alemania Oriental	29 de noviembre de 1949	3.700 muertes
<b>8</b>	Explosión de pólvora en el arsenal [5] Brescia, Italia	1769	3.000 + muertes
<b>9</b>	Edificios de oficinas se derrumbó debido al fuego se inició cuando las compañías aéreas que volaban en los pisos superiores [4] Nueva York, Nueva York, EE.UU.	11 de septiembre de 2001	2.749 civiles y las muertes de bomberos
<b>10</b>	Riverfront conflagración. Informaron de forma separada de # 4B, que se produjo al día siguiente [5, 6] Chungking, China	2 de septiembre de 1949	1.700 muertes
<b>11</b>	Teatro fuego [3] Cantón, China	3 de mayo de 1845	1.670 muertes
<b>12</b>	Munición después de la explosión del buque collosion con alivio buque [3] Halifax, Nueva Escocia, Canadá	6 de diciembre de 1917	1.654 muertes
<b>13</b>	Explosión de mina de carbón [6] Honkeiko, Manchuria, China	12 de febrero de 1931	1.549 muertes
<b>14</b>	Explosión de vapor Río Mississippi, EE.UU.	27 de abril de 1865	1.547 muertes
<b>15</b>	Ciudad de fuego / conflagración [5, 6] Hakodate, Japón	21 de marzo de 1934	1.500 muertes
<b>16</b>	Iglesia fuego [1] Santiago, Chile	8 de diciembre de 1863	1,488-2,500 muertes
<b>17</b>	De incendios forestales [4] Peshtigo, Wisconsin, EE.UU. y sus alrededores	8 de octubre de 1871	1.152 muertes

18A	Explosión de dinamita camión [3, 4] Cali, Colombia	7 de agosto de 1956	1.100 muertes
18B	Explosión de vapor de refugiados [5, 6] Mar de China Oriental	3 de diciembre de 1948	1.100 muertes
20	Mina de carbón de explosión [1, 6] Courrieres, Francia	10 de marzo de 1906	1.060 muertes
21	Caldera de vapor explosión [4] Nueva York, Nueva York, EE.UU.	15 de junio de 1904	1.030 muertes
22	Propagación de incendios de la calle del mercado de depósito de armas del ejército, que sufrió la serie de explosiones [2] Lagos, Nigeria	27 de enero de 2002	1.000 + muertes
23	Almacén de pólvora explosión [5, 6] Salónica, Grecia	4 de agosto de 1898	1.000 muertes

*Nota: Estos son los incidentes conocidos por la NFPA de las fuentes citadas y considera que se ajustan a los parámetros de elegibilidad, con base en la mejor información disponible. Incidentes terroristas con explosivos están excluidos, pero otros incidentes terroristas no son tratados como incidentes de guerra y no están excluidos. Incidentes con buques de guerra, pero no derivados de los conflictos no están excluidos.*

**Fuentes:**

[1] Lee Davis, *Man-Made Catástrofes*, Facts on File, Nueva York, 1993

[2] de las Naciones Unidas para los artículos e informes.

[3] *El Almanaque Mundial 2003*.

[4] Incendios de la NFPA de los datos de incidentes de incendios Organización (FIDO).

[5] James Cornell, *El Gran Libro de los Desastres Internacional*, libros de bolsillo, Nueva York, 1976.

[6] Varios sitios web de la historia.

# **CAPÍTULO 1**

## **LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

### ***1.1 PREVENCIÓN DE INCENDIOS.***

La prevención se puede producir a través de una acción positiva sobre la fuente de calor, sobre la fuente de combustible o en la conducta que une ambas fuentes. Ninguna de estas fuentes de ataque es superior a la otra, y el éxito procederá, lo más probable, del hecho de que en todo momento se traten con el mismo nivel de eficacia los tres componentes.

Cambiar el diseño de un producto es un medio para cambiar la fuente de calor o combustible, y dicho cambio se puede producir por una norma, la promulgación de un conjunto de normas y códigos voluntarios y consensuados, por un programa voluntario al nivel de la industria que cambie el diseño de los productos sin estar obligado por leyes o códigos, y como respuesta a la demanda del mercado.

#### **Algunos medios de alerta.**

*Alarmas que detectan la presencia de:*

- Temperatura elevada.
- Humo.
- Flama.
- Fusibles, también conocidos como interruptores térmicos que detectan el paso de corriente y cuando hay una sobrecarga en la línea se desconectan, de ahí el cuidado de instalar los cables y los interruptores adecuados y así eliminar todo riesgo.

### ***1.2 SISTEMAS DE SEGURIDAD EN EDIFICIOS.***

Durante el último siglo, las técnicas de diseño y construcción de edificios han variado sustancialmente. Hace cien años el acero para estructuras no se conocía y el hormigón armado no se había empleado todavía como elemento estructural.

Las profesiones técnicas dedicadas al proyecto de edificios han progresado en gran manera en el último siglo. El ejercicio de la arquitectura ha sufrido grandes modificaciones, existiendo hoy día, a disposición de los ingenieros, técnicas de análisis y de diseño totalmente desconocidas hace un siglo, incluso por nuestra generación precedente.



El proyecto de edificios se ha convertido en un proceso muy complejo que integra en su sistema muchas especialidades, materiales y tecnologías muy avanzadas.

La ingeniería de protección contra incendios, como profesión, ha avanzado a grandes pasos, de forma paralela a otras actividades relacionadas con la industria de la construcción. A principios de siglo eran frecuentes las conflagraciones catastróficas en las ciudades. Al aumentar los conocimientos sobre el comportamiento del fuego y al mejorar las técnicas de cálculo y diseño, se logró contener los incendios en el edificio afectado inicialmente, evitando la pérdida de toda una manzana o de zonas mayores.

Luego se continuó progresando en este campo, de modo que ya en la generación precedente el incendio se podía contener en el piso donde se había iniciado. Actualmente, existen conocimientos suficientes para permitir confinar un incendio en el local donde se origina o incluso en subdivisiones espaciales menores de un edificio.

Hoy en día se está desarrollando una gran actividad para proyectar edificios protegidos contra incendios. El conocimiento en el campo de la protección contra incendios y su continuo desarrollo y reorganización permitirán proyectar edificios de manera más racional y eficaz respecto a la seguridad contra incendios.

El proceso consciente e integrado de proyectar un edificio pensando en su seguridad contra incendios, si se quiere que sea eficaz y económico, se debe integrar en todo el proceso arquitectónico. Todos los miembros del equipo tradicional de proyecto de un edificio deberían incluir, como parte integrante de su trabajo, el proyecto de las condiciones para casos de incendio. Cuanto más pronto se integren en el proceso de diseño estos objetivos, se identifiquen métodos alternativos para lograrlos y se tomen las correspondientes decisiones de ingeniería, más eficaces y económicos serán los resultados finales.

Las medidas fundamentales contra incendios pueden clasificarse en dos tipos:

- *Medidas pasivas:* Se trata de las medidas que afectan al proyecto o a la construcción del edificio, en primer lugar facilitando la evacuación de los usuarios presentes en caso de incendio, mediante caminos (pasillos y escaleras) de suficiente amplitud, y en segundo lugar retardando y confinando la acción del fuego para que no se extienda muy deprisa o se pare antes de invadir otras zonas.
- *Medidas activas:* Fundamentalmente manifiestas en las instalaciones de extinción de incendios.

### **Detección:**

Mediante detectores automáticos (de humos, de calor, según las materias contenidas en el local) o manuales (timbres que cualquiera puede pulsar si ve un conato de incendio).

### **Alerta y Señalización:**

Se da aviso a los ocupantes mediante timbres y se señalan con letreros en color verde (a veces luminosos) las vías de evacuación. Hay letreros de color encarnado señalando las salidas que no sirven como recorrido de evacuación.

También debe de haber un sistema de iluminación mínimo, alimentado por baterías, que permita llegar hasta la salida en caso de fallo de los sistemas de iluminación normales del edificio.

Los sistemas automáticos de alerta se encargan también de avisar, por medios electrónicos, a los bomberos. En los demás casos debe encargarse una persona por teléfono.

### **Extinción:**

Mediante agentes extintores (agua, polvo, espuma, nieve carbónica), contenidos en extintores o conducidos por tuberías que los llevan hasta unos dispositivos (bocas de incendio, hidrantes, rociadores) que pueden funcionar manual o automáticamente.

Existen ciertos objetivos concretos para lograr una buena seguridad contra incendios en edificios, y entre ellos podemos mencionar los siguientes:

### **Seguridad humana:**

A menudo se considera que al diseñar edificios basta con cumplir las normas de los reglamentos locales de construcción para proteger debidamente la actividad humana. Esta protección de la seguridad de los ocupantes puede o no ser suficiente, según el cometido al que esté destinado el edificio y las actividades que en él se desarrollen.

La identificación de los objetivos de seguridad humana no es, normalmente, difícil, pero sí requiere un esfuerzo consciente. Además, requiere considerar el tiempo y extensión que los productos de combustión pueden tener cuando recorran el edificio. Lo que determina el nivel de riesgo que posee el edificio, es la relación que existe entre la respuesta del edificio frente al fuego y las actividades de sus ocupantes durante la emergencia.

### **Protección de las pertenencias:**

La propiedad de algunos objetos que tengan un alto valor monetario o de cualquier otro tipo, debe ser identificada con el fin de protegerlos adecuadamente en caso de incendio. Algunas veces, se precisa de zonas especialmente protegidas. En otros casos, puede considerarse adecuado tener otro lugar donde depositar un duplicado de los datos más importantes; sin embargo, el proyectista debería asegurarse de si el usuario del edificio tiene pertenencias que requieran una protección especial contra incendios.



## **Continuidad de las actividades:**

El propietario tiene que indicar cuánto tiempo puede soportar la inactividad sin que sus ingresos sufran gravemente.

### ***1.3 PREVENCIÓN DEL FUEGO.***

La primera oportunidad de conseguir la seguridad contra incendios en un edificio es a través de la prevención del fuego (ignición), que supone separar las posibles fuentes de calor de los primeros combustibles posibles.

La mayoría de los incendios en edificios empiezan en fuentes de calor y materiales combustibles que se introducen en el edificio, no en los que están incorporados al mismo. Esto supone que el proyecto de un edificio, desde el punto de vista del arquitecto y del constructor, ofrece pocas posibilidades de reducir las futuras posibilidades de incendio del edificio. Son sus propietarios, gestores y ocupantes los que tienen mayores posibilidades de reducir el riesgo de incendio mediante la prevención y por eso se les debe recomendar que lo hagan.

A efectos del proyecto, la prevención del fuego mejorará si se observan cuidadosamente los códigos y normas en el diseño e instalación de las instalaciones eléctricas y de iluminación, de calefacción y de los demás equipos principales.

La protección contra rayos y fuegos externos afectará al diseño externo del edificio, sobre todo en ciertos lugares, como las zonas próximas a campos y bosques.

Un incendio en un edificio crea un riesgo externo de incendio en otros edificios vecinos, exponiéndolos al calor por radiación y posiblemente por convección, así como al riesgo de recibir pavesas procedentes del incendio. Cualquiera o todas estas fuentes de transmisión de calor pueden ser suficientes para quemar otro edificio vecino o su contenido.

### ***1.4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.***

Generalmente el primer indicativo del fuego es el humo, de modo que siempre tiene sentido instalar un sistema automático a base de detectores de humo. En ciertos edificios o zonas, sin embargo, serán más adecuados detectores de calor o de la velocidad de aumento del calor, debido a los tipos más probables de incendio que se pueden producir en esas zonas o edificios o porque no exista posibilidad de otras alarmas distintas de las de incendio en las mismas.

Sea cual sea el sistema elegido, es importante que se haga una evaluación realista de cada zona del edificio respecto a lo que debe ser el tiempo de respuesta una vez detectado el incendio y antes de que se creen condiciones letales o de alto riesgo.

Las instalaciones de alarma deben estar cerca de donde estén situados los sensores del sistema de detección, pero se deben diseñar sistemáticamente para que indiquen a los ocupantes lo que tienen que hacer, basándose en dónde están y en su capacidad de respuesta. Generalmente se debe contar con el posible uso de paneles anunciadores centrales y de monitores que informen al personal responsable, de mensajes de voz que den instrucciones a los ocupantes sobre sus movimientos y de alarmas remotas directamente conectadas a las estaciones de supervisión o a los bomberos.

### **Existen tres métodos para incorporar la seguridad contra incendios en el proyecto de un edificio:**

1. Exigir que el proyecto y la construcción cumplan los requisitos fijados por los códigos y normas de construcción. Estos se fundan en análisis y experiencias de incendios y generalmente son poco flexibles.
2. Usar códigos de aplicación práctica para superar la rigidez de los códigos de especificaciones técnicas. Un importante inconveniente de este enfoque es que los componentes de los edificios suelen considerarse según su función arquitectónica. Resulta así difícil hacerse una idea del comportamiento de cada componente por separado frente al fuego, así como medir dicho comportamiento. Además, al estudiar la totalidad del edificio como un sistema, el comportamiento físico satisfactorio de los distintos componentes no garantiza el nivel de seguridad deseado en el edificio en conjunto, pues algunos componentes tienen mayor probabilidad de funcionar mejor que otros.
3. Usar un análisis de sistemas que incorpore un método integrado, es decir, que entienda la seguridad contra incendios como un subsistema al mismo nivel que los estéticos, funcionales, estructurales, eléctricos y mecánicos del edificio. Cabe proyectar la seguridad contra incendios de los edificios utilizando el análisis de sistemas mejor que aplicando estrictamente los códigos.

Este enfoque de la seguridad contra incendios exige un mayor grado de técnica profesional, pero puede conseguir un mayor nivel de economía que el mero cumplimiento de los códigos y, en la mayoría de los casos, ofrece mayor flexibilidad.

De igual modo, para conocer debidamente el nivel de seguridad contra incendios en cada caso y formular las recomendaciones adecuadas para mejorarlo, es necesario poder evaluar el impacto de cada cambio en la estructura, dentro del contexto de todos los demás atributos de aquella.

Por lo tanto, resultaría muy conveniente en previsión de incendios catastróficos, calcular el impacto de los procedimientos y materiales actuales sobre el nivel de seguridad contra incendios obtenido al cumplir un código o norma determinada.

## **CAPÍTULO 2** **EQUIPO ELÉCTRICO**

El equipo del sistema de protección contra incendios está compuesto básicamente por una bomba principal, accionada por motor eléctrico, una bomba de reserva accionada por motor diesel con capacidad igual a la principal y una bomba auxiliar o jockey que es siempre eléctrica.

La bomba Jockey mantiene constantemente presurizada la red, entre dos valores próximos, que son superiores a la presión de arranque de la bomba principal, compensando a su vez las posibles fugas en la instalación. En caso de incendio, al abrirse cualquier punto de la red, como hidrantes, lanzas, sprinklers, etc., la presión disminuye, con lo cual se pone en marcha la bomba principal que solo se podrá parar manualmente.

Las bombas del sistema deben de contar con un sistema de control para el paro y arranque del sistema. El equipo de control debe tener las características propias de los sistemas contra incendios.

### **2.1 BOMBAS.**



*Figura 2.1. Bomba contra incendios.*

Una bomba es una máquina que añade energía a un líquido. Las bombas se utilizan para mover líquidos (agua, aceites de lubricación, combustibles ácidos, líquidos alimenticios, cerveza, leche, etc.), de lugares bajos a otros de mayor altura con respecto al nivel del mar; también se emplean para bombear los líquidos espesos con sólidos en suspensión, como pastas de papel, melazas, fangos, desperdicios, etc.

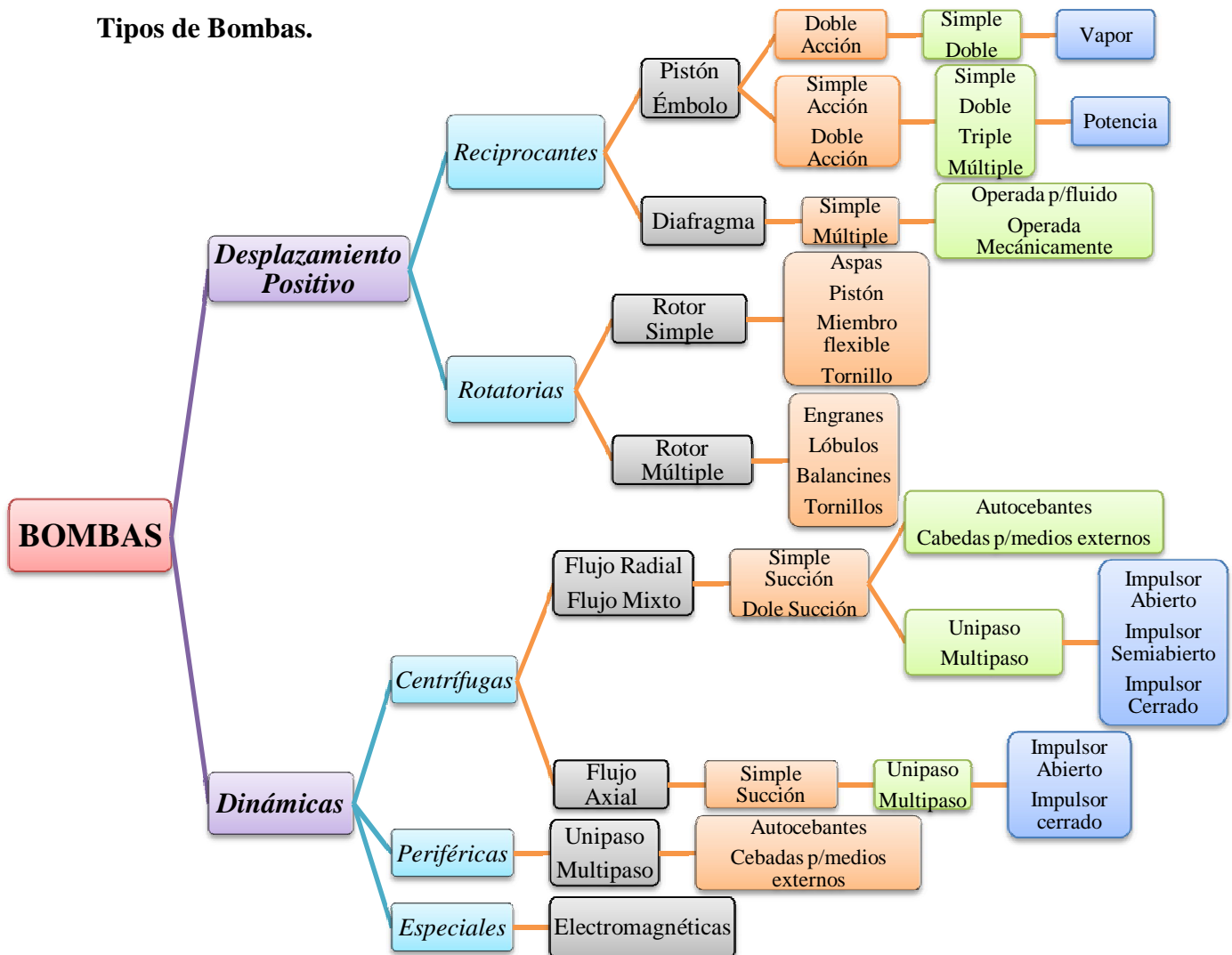
También podemos por medio de las bombas hacer fluir un líquido desde un tanque de baja presión a otro de mayor presión.

Una manera de aumentar la cantidad de líquido que fluye por una tubería en un cierto tiempo es intercalando una bomba en la tubería.

Buscando una analogía con las máquinas eléctricas, y para el caso exclusivo del agua, una bomba es un generador hidráulico y normalmente es accionada por un motor eléctrico, térmico, etc. El propósito de cualquier bomba es transformar la energía de presión.

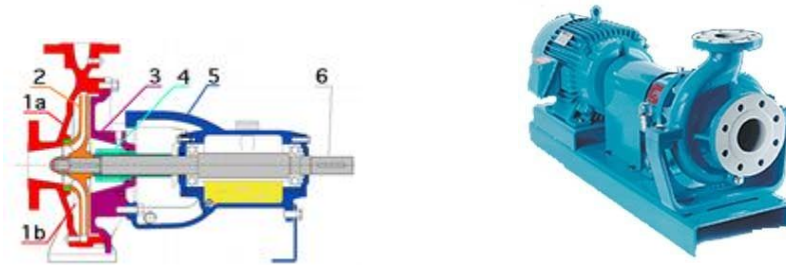
Existen bombas empleadas para cambiar la posición de un cierto fluido, como en el caso de pozos profundos en los que se adiciona energía para que el agua logre salir a la superficie. De igual modo existen bombas trabajando a presiones y alturas iguales que únicamente adicionan energía de velocidad.

**Tipos de Bombas.**



### 2.1.1. Bombas Centrífugas.

La bomba centrífuga es una máquina que se utiliza para mover líquidos de un lugar a otro que se encuentre más elevado, lográndose este efecto gracias a la presión generada por un impulsor que gira dentro de una carcasa. Esta máquina se compone principalmente de dos elementos que son: el elemento rotativo (impulsor) y la carcasa.



*Figura 2.1.1 Corte esquemático de una bomba centrífuga: 1a carcasa, 1b cuerpo de bomba, 2 rodete, 3 tapa de impulsión, 4 cierre del eje, 5 soporte de cojinetes, 6 eje.*

Las bombas centrífugas, debido a sus características, son las bombas que más se aplican en la industria. Las razones de estas preferencias son las siguientes:

- a) Son aparatos giratorios.
- b) No tienen órganos articulados y los mecanismos de acoplamiento son muy sencillos.
- c) La impulsión eléctrica del motor que la mueve es bastante sencilla.
- d) Para una operación definida, el gasto es constante y no se requiere dispositivo regulador.
- e) Constituyen no menos del 80% de la producción mundial de bombas, porque es la más adecuada para manejar más cantidad de líquido que la bomba de desplazamiento positivo.
- f) No hay válvulas en las bombas de tipo centrífugo; el flujo es uniforme y libre de pulsaciones de baja frecuencia.
- g) Los impulsores convencionales de bombas centrífugas se limitan a velocidades en el orden de 60 m/s (200 pie/s).
- h) Se adaptan con facilidad a muchas circunstancias.

Estas bombas se suelen montar horizontales, pero también pueden estar verticales y para alcanzar mayores alturas se fabrican disponiendo varios rodetes sucesivos en un mismo cuerpo de bomba. De esta forma se acumulan las presiones parciales que ofrecen cada uno de ellos. En este caso se habla de bomba multifásica o multietapa, pudiéndose lograr de este modo alturas del orden de los 1200 metros para sistemas de alimentación de calderas. Aparte de las ventajas ya enumeradas, se unen las siguientes ventajas económicas:

- a) El precio de una bomba centrífuga es aproximadamente  $\frac{1}{4}$  del precio de la bomba de émbolo equivalente.

- b) El espacio requerido es aproximadamente 1/8 del de la bomba de émbolo equivalente.
- c) El peso es muy pequeño y por lo tanto las cimentaciones también lo son.
- d) El mantenimiento de una bomba centrífuga sólo se reduce a renovar el aceite de las chumaceras, los empaques y el número de elementos a cambiar es muy pequeño.

### 2.1.2. Bombas Centrífugas Multietapas.

- *De un paso:* Que es aquella bomba en la que la altura de elevación se obtiene con un solo impulsor.
- *De varios pasos:* Cuando la altura de elevación no se alcanza con un solo impulsor, es necesario poner otro u otros impulsores de tal manera que la descarga del primero sea la succión del segundo; la descarga del segundo sea la succión del tercero y así sucesivamente hasta alcanzar la altura deseada.

La selección de una bomba centrífuga es casi siempre cuestión de hacer coincidir una de las muchas bombas disponibles en el mercado, con las características del sistema. Para ello el punto de máxima eficiencia debe estar en el punto de operación o cerca de él.

### 2.1.3. Bombas de Desplazamiento Positivo.

Estas bombas guían al fluido que se desplaza a lo largo de toda su trayectoria, el cual siempre está contenido entre el elemento impulsor, que puede ser un émbolo, un diente de engranaje, un aspa, un tornillo, etc., y la carcasa o el cilindro. El principio de desplazamiento positivo consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara. En la máquina de desplazamiento positivo, el elemento que origina el intercambio de energía, puede tener movimiento alternativo (émbolo) o movimiento rotatorio (rotor). Las bombas de desplazamiento positivo se dividen en dos grandes grupos principales:



- Reciprocantes.
- Rotatorias

En las máquinas de desplazamiento positivo tanto reciprocantes como rotatorias siempre hay una cámara que aumenta de volumen (succión) y disminuye de volumen (impulsión) por lo que también se le llama máquinas volumétricas.

El principio de funcionamiento de las bombas de desplazamiento positivo, está basado en la hidrostática, de modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen. En este tipo de bombas, en cada ciclo el órgano propulsor genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, por lo que también se denominan *bombas volumétricas*. En caso de poder variar el volumen máximo de la cilindrada se habla de bombas de volumen variable. Si ese volumen no se puede variar, entonces se dice que la bomba es de volumen fijo.

## **2.2 LA BOMBA PRESURIZADORA (JOCKEY).**

Este tipo de bombas son de pequeña capacidad, y se seleccionan por ser capaces de suministrar elevadas presiones y caudales moderados con potencias reducidas. Además mantienen presurizada la instalación compensando las posibles pérdidas que puedan originarse y evitando la puesta en marcha de la bomba principal. El arranque y paro es regulable y se efectúa de forma automática.

La bomba jockey es la encargada de mantener la red presurizada y compensar pequeñas fugas.

Cuando un incendio es declarado, se abren puntos de consumo en la red y la presión de la misma comienza a disminuir. Cuando la presión de la red es inferior a la presión consigna de la bomba principal eléctrica, ésta se pone en funcionamiento de forma automática.

En el caso de que exista una segunda bomba principal, ésta arrancará sólo si la demanda de agua sigue aumentando, a una presión inferior a la consigna de la primera bomba principal.



Se recomienda utilizar bombas Jockey “Multipasos” para Sistemas que usen Bombas Horizontales, y “Sumergibles” para Sistemas que usen Bombas Verticales de Turbina.

## **2.3 DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.**

La protección contra sobrecorriente es una de las partes más importantes en cualquier sistema eléctrico. La NOM-001-SEDE-2005 nos indica cual es su importancia:

*Las personas y los animales deben protegerse contra lesiones y los bienes contra daños debidos a temperaturas excesivas o esfuerzos electromecánicos ocasionados por cualquier sobrecorriente que pueda ocurrir en los conductores vivos.*

*Esta protección puede obtenerse, por uno de los métodos siguientes:*

- *la desconexión automática antes de que la sobrecorriente alcance un valor peligroso considerando su duración;*
- *limitando la máxima sobrecorriente a un valor seguro considerando su duración.*

*Fuente: NOM-001-SEDE-2005 Inst. Eléct. Nota 3.1.4*

Existen en el mercado distintos dispositivos de protección contra sobrecorriente. Los más utilizados en los sistemas de bombeo de protección contra incendios por su facilidad de manejo, economía y conocimiento en su manejo son:

- *Fusibles:* son elementos de protección que constan de un alambre o cinta de una aleación de plomo y estaño con un bajo punto de fusión, que se funde cuando se excede el límite para el cual fue diseñado.
- *Interruptor de disparo magnético instantáneo:* son usados para la protección de motores contra corriente de cortocircuito en combinación con arrancadores de motor. La selección debe hacerse de acuerdo a lo recomendado por la NOM. Las capacidades interruptivas están establecidas en combinación con el arrancador. La gama de ajuste de disparo es el conjunto de valores de corriente, dentro del cual puede seleccionarse el punto de disparo magnético instantáneo ajustable.
- *Relevadores de sobrecorriente:* Uno de los sistemas más simples es la coordinación de los relevadores 50 (sobrecorriente instantáneo) y 51 (sobrecorriente de tiempo inverso), como su nombre lo indica, la operación de este tipo de protección se basa en el aumento de corriente que provocan los cortocircuitos en la línea de distribución protegida.

Las magnitudes sobre las que se debe actuar para su aplicación son la corriente mínima de operación “pick-up” y la curva de operación “lever”.

El “pick-up” fija la sensibilidad de la protección, lo que permite detectar cualquier tipo de cortocircuito en su zona protegida, incluida la zona en que debe dar respaldo.

El “lever” nos permite seleccionar la curva de tiempo de operación del relé, de modo que sea selectivo con la operación de relés ubicados en zonas adyacentes.





Los relés de sobrecorriente instantáneos operan sin retardo cuando la corriente excede de un valor preestablecido; sin embargo, el tiempo de operación de estos tipos de relés pueden variar significativamente (desde 0.016 a 0.1 seg.)

Los relés de sobrecorriente con retardo poseen características de operación tal que el tiempo varía inversamente con la magnitud de la corriente que detecta. La figura muestra características de los tipos de relés de sobrecorriente más comúnmente usados, y éstos son tres: inverso, muy inverso y extremadamente inverso.

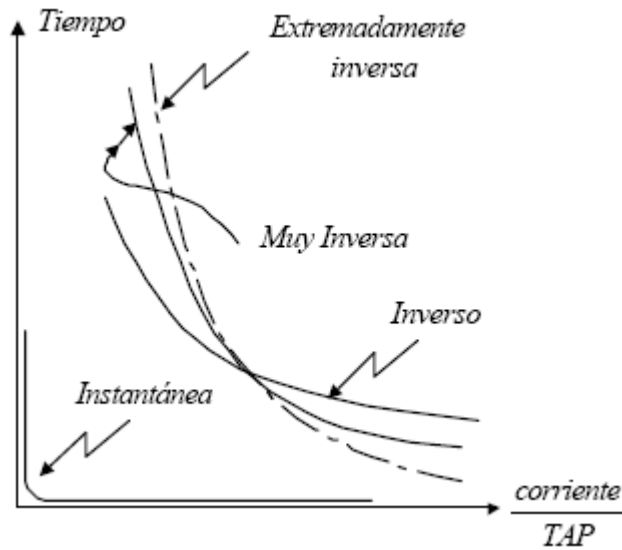
Tanto los relés instantáneos como los de tipo inverso, son inherentemente no selectivos, dado que pueden detectar condiciones de sobrecorriente en sus zonas de protección como también en las zonas adyacentes. Sin embargo, en la práctica, esta selectividad se logra mediante una adecuada calibración de sus sensibilidades o mediante un retardo intencional, o bien, combinando estas dos alternativas.

En la actualidad no sólo las curvas clásicas de protección, (inversa, muy inversa, extremadamente inversa, tiempo definido) están disponibles, sino que el usuario puede seleccionar el tipo de curva de acuerdo a estándar ANSI o IEC, y la opción de re-cierre cuando la aplicación lo requiera.

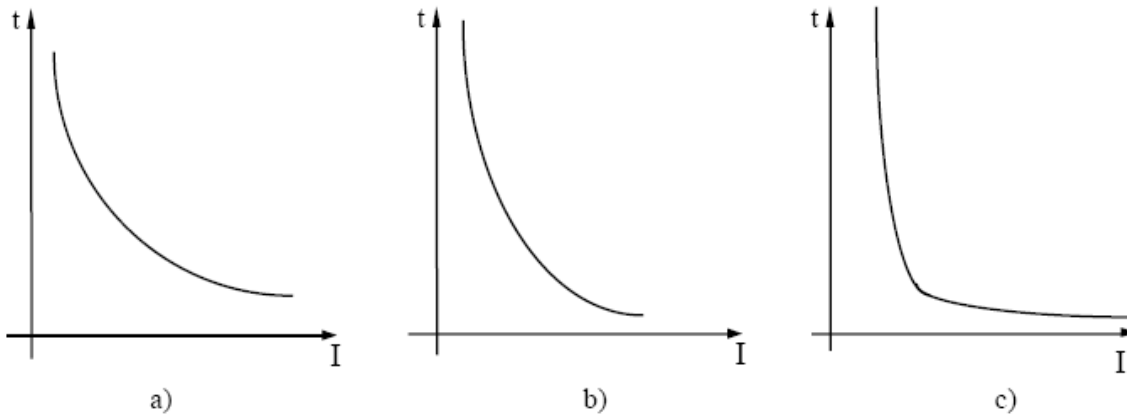
Adicional a estas funciones básicas, las unidades con microprocesadores muestran al usuario los parámetros de medición, registros de los eventos y fallas que han ocurrido, con su correspondiente fecha y hora de ocurrencia, permitiendo al analista disponer de la información requerida para la evaluación de la operación y comportamiento del sistema de potencia.

#### *Criterios de coordinación:*

- 1.- Si se presenta un fallo en alguna zona del sistema, se debe garantizar un intervalo de tiempo de coordinación entre la operación de la protección primaria y la protección de respaldo. Este intervalo de coordinación depende de los tiempos de operación de los interruptores de potencia, criterios de operación, margen de seguridad para errores de medición.
- 2.- Límites máximos y mínimos de las variables de ajustes del relé y los tiempos de operación.
- 3.- Límites máximos y mínimos impuestos por los relés de distancia, en el caso en que el sistema de protección sea combinado.



Gráfica Curvas características de protección contra sobrecorriente.



Curvas características tiempo-corriente de relés inversos: a) Inverso; b) muy inverso; c) extremadamente inverso

Existen otros dispositivos de protección contra sobrecorriente que se utilizan en las instalaciones de las Bombas Contra Incendios. En todos los casos se debe verificar que la protección este aprobada por la NOM-001-SEDE-2005, y sea adecuada para la instalación. Frecuentemente tanto proyectistas como instaladores incurren en el error de colocar dispositivos de protección que incluyen protección contra sobrecarga, como es el caso de los interruptores termomagnéticos. La instalación de dichos componentes creará el riesgo de pérdida de energía en las fases, por lo cual es un grave error colocarlos.



## **2.4 CONTROL.**

La función básica del Controlador de Bomba Contra Incendios es la de arrancar el motor de la bomba para mantener la presión del sistema de agua. Esto se puede realizar por:

### **Controladores automáticos:**

Arrancándose automáticamente el motor de la bomba por medio de una baja de presión del agua en la cañería principal, o por medio de varias otras señales de demanda. El controlador automático puede ser programado para pararse automáticamente, o para requerir un paro manual después de un arranque automático.

### **Controladores manuales:**

Deben ser arrancados manualmente, mientras que el controlador automático puede ser arrancado automáticamente o manualmente.

Ambos controladores pueden ser arrancados por medios manuales remotos, pero no se pueden parar por control remoto.

Para fines de nuestro proyecto se optará por un controlador automático ya que su manejo y respuesta resulta más eficiente al tratarse de un cuarto diseñado para una operación automática y en donde se carece de personal para su maniobra sino solo para su mantenimiento.

El control utilizado está diseñado de acuerdo a las recomendaciones de la NFPA 20, el cual es un control que sirve para operar un sistema de bombas eléctricas contra incendios en donde se encuentran la Bomba Jockey (presurizadora) y la Bomba Principal, en donde además integra protección para trabajo en vacío por nivel bajo de cisterna.

### **Activación del Sistema de Bombeo.**

El control detecta la presión del sistema por medio de dos interruptores de presión (externos) que deberán ser precalibrados con un corte a máxima presión de ambas bombas, (principal y jockey).

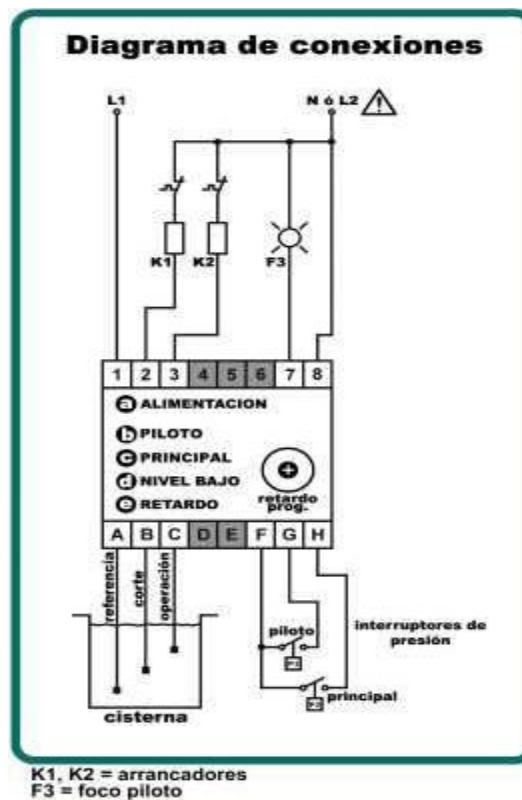
En cada ciclo de trabajo la Bomba Jockey está operando exclusivamente para presurizar el sistema, cuando la presión decrezca se activará la Bomba Principal. Una vez que la presión del sistema se eleve al rango de máxima presión se activará el retardo de paro (el cual varía de acuerdo al equipo de control elegido), una vez transcurrido dicho retardo la Bomba Principal se desactivará automáticamente.

### **Protección por Nivel Bajo en la Cisterna.**

El control está constantemente detectando el nivel de agua en la cisterna que provee a las bombas, si el nivel decrece será detectado por un par de electrodos que al ser descubiertos de agua provocarán que el control bloquee la operación de las bombas encendiendo un led de alarma por nivel bajo activando un contacto para operar un foco piloto externo.

La operación se restablece automáticamente cuando el nivel del agua vuelva a cubrir los electrodos de acuerdo a su nivel.

A continuación se muestra el diagrama de conexiones básico de este equipo:



## 2.5 TRANSFORMADOR.

La alimentación eléctrica a los inmuebles puede ser en baja, media o alta tensión. De acuerdo a la tensión del servicio eléctrico con el que se cuente y la tensión de operación del equipo del sistema de bombeo, se verá la necesidad de ocupar transformadores en algunos casos. Dichos transformadores no tienen características especiales en su construcción o funcionamiento para su uso en los sistemas contra incendios, la única particularidad que tiene es la forma en que debe ser dimensionado.



*Transformador Eléctrico*

### **Transformador:**

Dispositivo que trabaja de acuerdo al principio de inducción mutua entre dos bobinas o devanados. Todo transformador tiene un devanado primario y uno o más devanados secundarios. El devanado primario recibe energía eléctrica de una fuente de energía y acopla esta energía al devanado secundario por medio de un cambio magnético variable. La energía aparece como una FEM en el devanado secundario y si se conecta una carga al secundario, entonces la energía es transferida a la carga.

## **2.6 GENERADOR.**

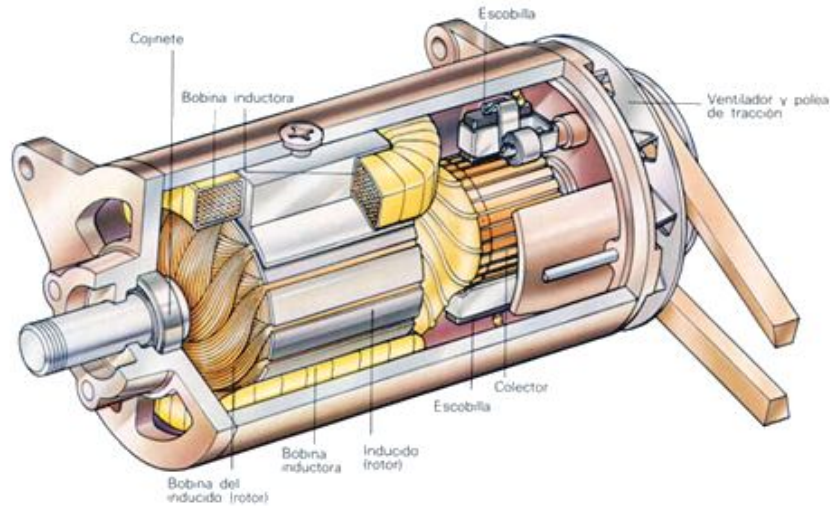
Una de las finalidades del sistema eléctrico que alimenta al equipo de bombeo de protección contra incendios es ser confiable, lo cual significa que pueda estar energizado en todo momento, y así asegurar que las bombas puedan seguir operando hasta que el incendio sea controlado, que el equipo deje de operar o incluso hasta que sea destruido.

El uso de generación en sitio es común en los sistemas de protección contra incendios, puesto que nos permite tener un mayor grado de confiabilidad en el sistema eléctrico, ya que generalmente se instala de manera adyacente a las bombas contra incendios y a sus controladores.

### **Generador:**

Dispositivo que produce electricidad por la rotación de un grupo de conductores dentro de un campo magnético. Por lo tanto la energía que entra a un generador es la energía mecánica necesaria para hacer que giren los conductores. Esta energía puede provenir de motores de gasolina o diesel, o bien de turbinas de vapor, motores eléctricos, agua corriente y hasta de reactores atómicos. A la salida del generador se obtiene la FEM

que se induce en los conductores cuando estos se mueven a través del campo magnético. También se podría definir al generador como un mecanismo que convierte energía mecánica en energía eléctrica por medio de un campo magnético ó inducción magnética.



*Estructura básica de un generador.*

## 2.7 EQUIPO DE TRANSFERENCIA.

Cuando se utilizan varias fuentes de suministro para la alimentación de las bombas contra incendios, es necesario el uso de un equipo de transferencia para alternar entre las distintas fuentes de alimentación.

La función principal que el equipo de transferencia realiza es que, ante un parámetro preestablecido, éste se verifica constantemente y si la energía suministrada por la red comercial se sale de estos parámetros, entonces se envía una señal que arranca la planta de emergencia y se inicia el suministro de energía eléctrica de emergencia.

El equipo de transferencia debe ser dimensionado adecuadamente para soportar la corriente del sistema que alimentará. Los equipos de transferencia de carga pueden exigirse por código o normas, o bien ser convenientes para procesos críticos. Los equipos de transferencia se pueden operar de forma manual o automática y se pueden complementar con un suministro de energía ininterrumpible para lograr una confiabilidad aún mayor.



## **CAPÍTULO 3**

### **APLICACIÓN DE LA NOM-001-SEDE-2005**

#### **3.1 DEFINICIONES.**

**Nota:** A partir de este Capítulo, y en adelante, utilizaremos las siglas BCI's para nombrar a la Bomba Contra Incendios.

La NOM-001-SEDE-2005 define los términos clave relativos a las bombas contra incendios, tomadas del artículo 100, a menos que se indique algo diferente.

**Acometida:** Conductores de acometida que conecta la red del suministrador al alambrado del inmueble a servir.

**A la vista de:** Donde se especifique que un equipo debe estar “A la vista de” otro equipo, significa que un equipo debe estar visible desde el otro equipo y que no están separados más de 15 [m] uno del otro.

**Alimentador:** Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separadamente u otra fuente de alimentación y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

**Aprobado:** Aceptado para su utilización.

**Automático:** Auto-actuante, que opera por su propio mecanismo cuando se le acciona por medio de una influencia impersonal, por ejemplo un cambio de intensidad de corriente eléctrica, presión temperatura o configuración mecánica.

**Autoridad competente:** Secretaria de Energía, Dirección General de Instalaciones Eléctricas y Recursos Nucleares, conforme con sus atribuciones.

**Interruptor de transferencia:** dispositivo automático o no automático para transferir las conexiones de uno o más conductores de carga de una fuente de alimentación a otra.

**Sistema de emergencia:** Los sistemas de emergencia son aquellos requeridos por la Ley y clasificados como emergentes por reglamentaciones, decretos o legislaciones federales o municipales vigentes. Estos sistemas son utilizados para suministrar automáticamente iluminación o energía, o ambos, áreas y equipos en caso de falla del suministro normal de energía eléctrica, o en caso de accidente en los componentes de un sistema destinado para suministrar, distribuir y controlar la energía y alumbrado esenciales para la seguridad de la vida humana.

*“Los sistemas de emergencia son generalmente instalados en lugares de reunión donde la iluminación artificial es necesaria para asegurar la salida o para controlar el pánico en edificios de concentración de personas, tales como hoteles, teatros, canchas deportivas, centros comerciales, áreas de atención a la salud o lugares similares.*

*Los sistemas de emergencia también pueden suministrar energía para funciones como ventilación cuando sea esencial para la seguridad de la vida humana, sistemas de alarmas y detección de incendios, elevadores bombas para equipo contra incendio, sistemas de comunicación de seguridad pública, procesos industriales, donde la interrupción de la corriente podría producir serios peligros para la seguridad de la vida humana o riesgos para la salud, y otras funciones similares”.*

*“La clave de la definición de “sistemas de emergencia” es la clasificación de las cargas que realice la ACJ. Así, algunas cargas se pueden clasificar en forma diferente por diferentes autoridades, y la clasificación puede depender de los códigos u ordenanzas adoptados y cuyo cumplimiento se exija”.*

*Fuente: NOM-001-SEDE-2005 Inst. Eléct. Artículo 700*

**Sistemas de emergencia exigidos por la ley:** Los sistemas de reserva legalmente requeridos son aquellos sistemas exigidos y clasificados por leyes municipales, estatales, departamentales o nacionales o por otras regulaciones o por otro organismo gubernamental competente. Estos sistemas tienen por objeto suministrar automáticamente energía de alimentación a cargas seleccionadas (diferentes a las clasificadas como de emergencia), en el caso de falla de la fuente del suministro normal.

*“Los sistemas de reserva legalmente requeridos, son aquellos que se instalan normalmente para servir cargas tales como: sistemas de calefacción y refrigeración, sistemas de comunicaciones, sistemas de ventilación y extracción de humo, sistemas de drenaje, sistemas de alumbrado y procesos industriales que, en el caso de falla del suministro normal de energía eléctrica, pueden ocasionar riesgos o dificultar las operaciones de extinción de incendios y de rescate”.*

*“Algunos de los ejemplos dados como cargas de reserva exigidas legalmente se pueden considerar como cargas del sistema de emergencia por algunas autoridades o en algunas situaciones. Las bombas contra incendio son un buen ejemplo; la NOM no exige una fuente de alimentación alternativa para las bombas contra incendios, sin embargo, algunas jurisdicciones pueden considerar la bomba contra incendios como una carga de emergencia o una carga de reserva exigida legalmente si la fuente de alimentación normal no se considera suficientemente confiable”.*

*Fuente: NOM-001-SEDE-2005 Inst. Eléct. Artículo 701*



**Sistemas de reserva opcionales:** Los sistemas de reserva opcionales tienen por finalidad proteger las instalaciones o propiedades públicas o privadas cuando la seguridad de la vida humana no depende del funcionamiento del sistema. Los sistemas de reserva opcionales tienen por finalidad suministrar energía eléctrica generada en sitio a determinadas cargas, de modo automático o manual.

*“Los sistemas de reserva opcionales se instalan típicamente para proporcionar una fuente de energía eléctrica alternativa para instalaciones tales como edificaciones comerciales e industriales, edificaciones agrícolas y residencias, y para alimentar cargas tales como los sistemas de calefacción y refrigeración sistemas de comunicaciones y procesamiento de datos, y procesos industriales que cuando se detienen durante un corte de energía pueden causar molestia, interrupción grave de un proceso, daño a un producto o proceso, o similares”.*

*“Los sistemas de reserva opcionales son, como su nombre lo indica, estrictamente opcionales y pueden estar conectados por medios automáticos o manuales. Los sistemas de reserva opcionales que no son alimentados por una fuente de alimentación de reserva instalada permanentemente no se incluyen en el artículo 702. Así, un sistema alimentado por un generador portátil no se incluye en el artículo 702. Sin embargo, el generador puede estar cubierto como un sistema derivado independientemente y se pueden aplicar los artículos 250 y 445”.*

*Fuente: NOM-001-SEDE-2005 Inst. Eléct. Artículo 702*

### **3.2 EL ARTÍCULO 695 DE LA NOM-001-SEDE-2005.**

El artículo 695 de la NOM-001-SEDE-2005 establece los requisitos que debe cumplir la instalación eléctrica de las bombas contra incendios para estar conforme a la ley vigente aplicada en el país, y es por ello necesario el conocimiento y aplicación correcta de dicho artículo.

En este capítulo se tratarán los puntos importantes del artículo 695 de la NOM-001-SEDE-2005. Se verán aquellas partes que por su importancia no pueden dejar de ser mencionadas, o bien que debido a su complejidad merezcan atención especial. Aquellas partes que sean reglas concisas o que por su claridad no requieran interpretación alguna, serán omitidas de este capítulo, pero podrán verse en el APÉNDICE de este documento.

#### **Análisis de artículo 695.**

##### **General.**

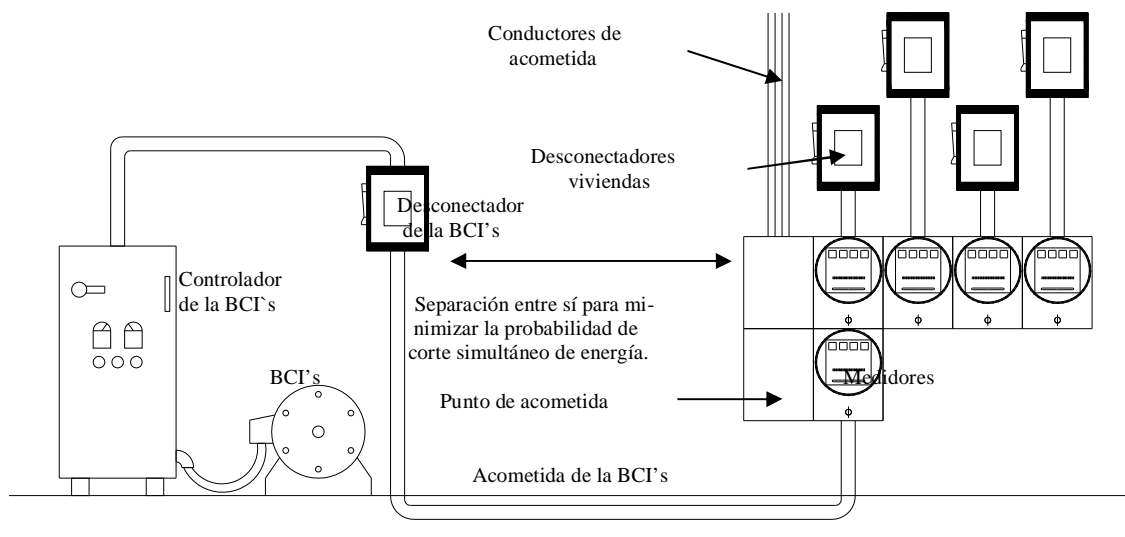
El artículo 695 de la NOM-001-SEDE-2005 cubre la instalación de las fuentes de energía de suministro y circuitos de conexión para las bombas y el equipo de interrupción y control de los motores de las bombas. No se cubre la bomba de cebado.

### Fuentes de alimentación y medios de desconexión.

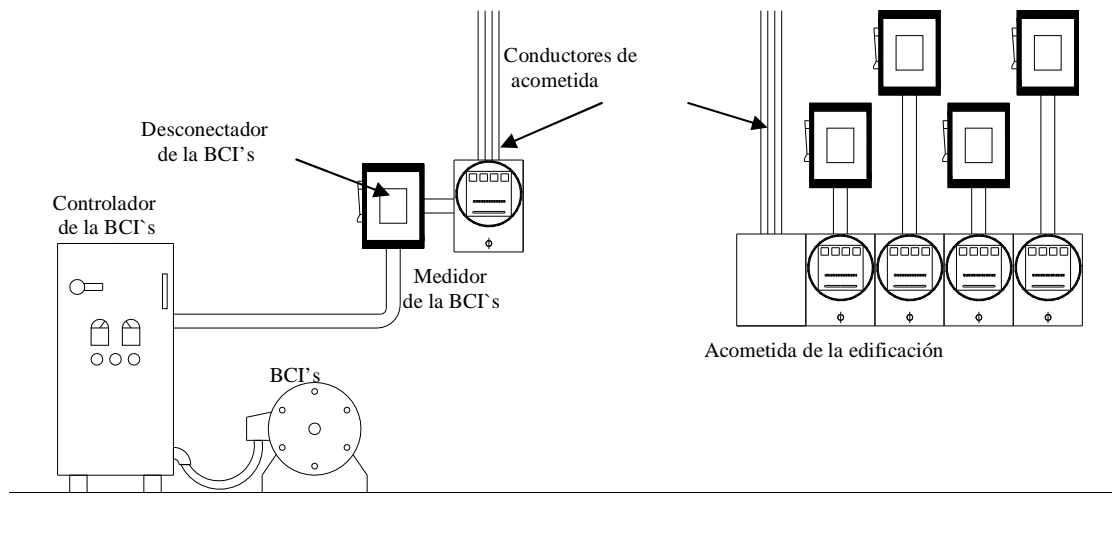
La corriente eléctrica debe llegar a los motores eléctricos de las BCI's a través de una conexión situada en el punto anterior al medio de desconexión de la acometida (sección 695-3 b) de la NOM-001-SEDE-2005), por una acometida independiente (Excepción 1 de 230-2 de la NOM-001-SEDE-2005) y/o generadores internos (sección 695-3 a) 2) de la NOM-001-SEDE-2005). Ver figuras 3.2-1, 3.2-2 y 3.2-3.

La norma permite hasta seis desconectadores de acometida (sección 230-71 a) de la NOM-001-SEDE-2005), y en caso de que uno de ellos sea para la BCI's, debe haber una separación suficiente con el resto de los medios de desconexión de la acometida, para reducir al mínimo la posibilidad de corte simultáneo de energía. Sección 230-72 b) de la NOM-001-SEDE-2005.

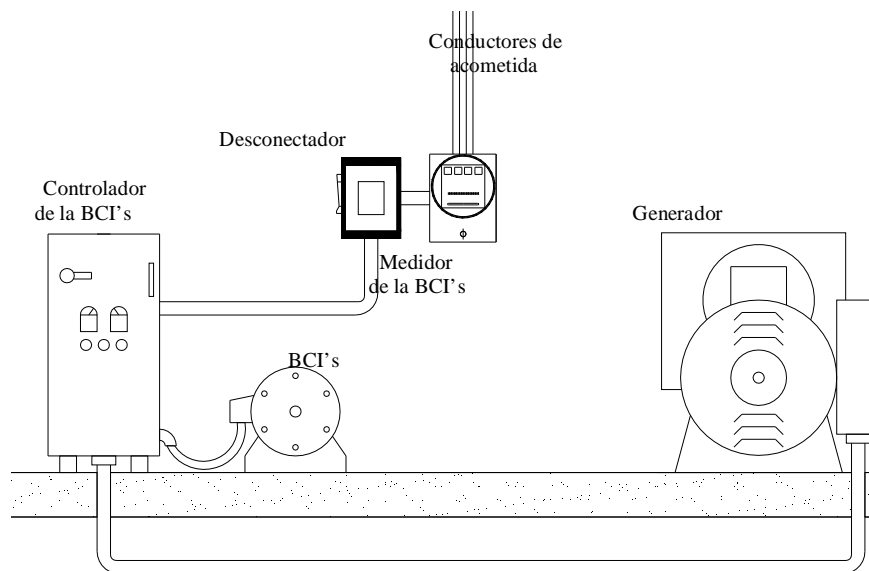
Cuando se conecte la(s) BCI's en el lado del suministro de los medios de desconexión de la acometida, la conexión no debe estar situada en el mismo compartimento en el que este instalado el medio de desconexión. Sección 695-3 b) de la NOM-001-SEDE-2005.



**Figura 3.2-1** Conexión común a la acometida de la empresa de energía eléctrica.



**Figura 3.2-2** *Conexión independiente a la acometida de la empresa de energía eléctrica.*

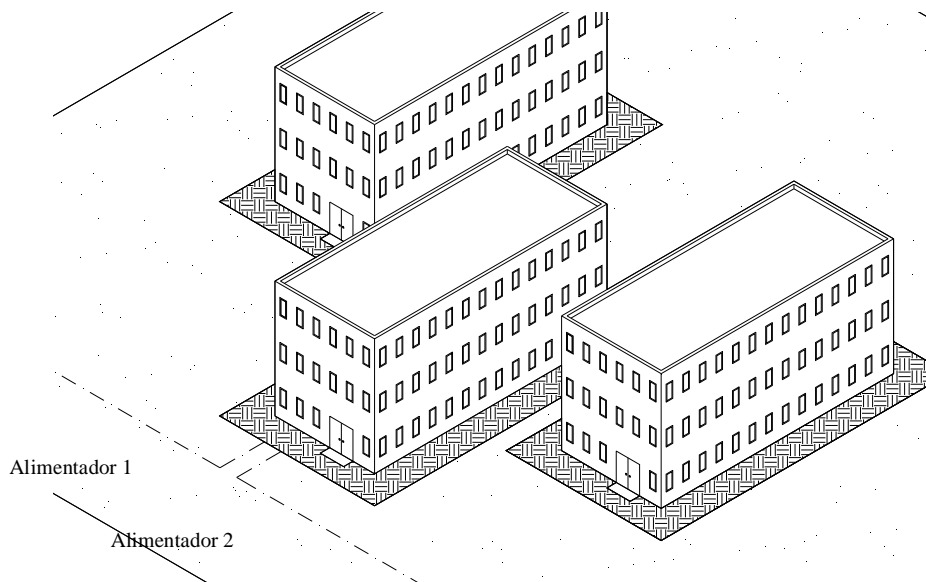


**Figura 3.2-3** *Combinación de generador y suministro de la empresa de energía eléctrica*

Se permite conectar la BCI's en el lado del suministro de los medios de desconexión de la acometida, tratando a los conductores como conductores de acometida. Esta conexión no debe estar situada en el mismo compartimento en el que este instalado el medio de desconexión. Entre la fuente de suministro eléctrico y el controlador de la BCI's, se permite instalar un medio de desconexión y uno o más dispositivos de protección contra sobrecorriente, los cuales deben soportar indefinidamente la suma de las corrientes

eléctricas a rotor bloqueado de todos los motores de la BCI's y de las bombas auxiliares, más la corriente eléctrica a plena carga de todos los accesorios eléctricos de las bombas (Excepción 1 de 695-3 c) de la NOM-001-SEDE-2005).

Cuando no sea posible disponer de una fuente de suministro eléctrico confiable, se puede tener una combinación de fuentes de suministro, conectadas de modo que un incendio en una de ellas no impida que funcionen las demás (ver figura 3.2-4). Cuando se utilice generación en el inmueble, el medio de desconexión y los dispositivos de sobrecorriente de los conductores de suministro se deben elegir o programar para que permitan la transferencia instantánea. Sección 695-4 de la NOM-001-SEDE-2005.



**Figura 3.2-4 Fuente de alimentación permitida para la BCI's**

### **Transformadores.**

Cuando la tensión eléctrica de suministro sea distinta a la del motor de la bomba, se debe instalar un transformador con capacidad nominal mínima del 125% de la suma de las corrientes eléctricas a plena carga de todos los motores de las BCI's y de las bombas auxiliares, más la corriente eléctrica a plena carga de todos los demás accesorios de las bombas. Sección 695-5 a) de la NOM-001-SEDE-2005.

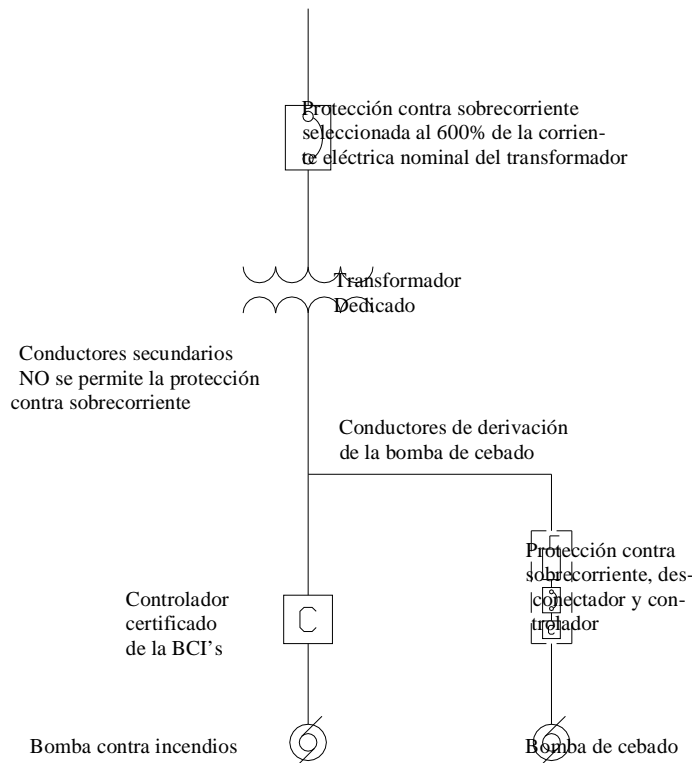
No se permite instalar protección contra sobrecorriente en el secundario del transformador (ver figura 3.2-5); para el lado primario se permite seleccionar o programar el dispositivo de protección contra sobrecorriente al 600% de la corriente eléctrica nominal a plena carga del transformador. Sección 695-5 b) de la NOM-001-SEDE-2005.

## Motores.

Los motores eléctricos de las BCI deben ser de diseño B y para las corrientes a rotor bloqueado de los motores de 3.75 kW (5 CP) se debe tomar la letra código J de la NOM-001-SEDE-2005, para 5.6 kW y 7.5 kW (7.5 CP y 10 CP) la letra código H y para 11.2 kW (15 CP) y mayores, la letra código G, ver las tablas 430-7 b) y 430-151 b) en el Apéndice para referencias.

## Conductores.

Los conductores de suministro deben instalarse por la parte exterior de las construcciones y tratarse como conductores de acometida, y en caso de no poderse, se permite instalarlos por dentro, siempre que estén enterrados o encerrados bajo concreto de un espesor mínimo de 50 mm (sección 695-8 a) de la NOM-001-SEDE-2005). También se permite que pasen a través del edificio si están conectados a sistemas de protección aprobados con clasificación a prueba de flama de una hora como mínimo (Excepción 1 de 695-8 a) de la NOM-001-SEDE-2005). Como los conductores de suministro deben ser tratados como conductores de acometida, por el artículo 230-23 b) de la NOM-001-SEDE-2005, el tamaño mínimo a utilizar es de 8 AWG si son de cobre o de 6 AWG si son de aluminio.



*Figura 3.2-5 Diagrama de conexión de la BCI's usando un transformador.*

## **Protección.**

En la parte de Fuentes de alimentación se menciona lo referente a los desconectadores y los dispositivos de sobrecorriente. Además de estos dispositivos existen dos sistemas de protección que deben tratarse para las BCI's: la protección contra falla a tierra y la protección contra sobrecarga.

No se debe proveer protección contra fallas a tierra a las BCI's en las acometidas de sistemas en estrella (Excepción 2 de 230-95 de la NOM-001-SEDE-2005). Las protecciones contra falla a tierra no se deben colocar en los equipos que deban tener alimentación eléctrica continua pues crean el riesgo de apertura de circuito.

No se permite la protección de los conductores contra sobrecarga (sección 240-3 a) de la NOM-001-SEDE-2005). Los dispositivos de sobrecarga protegen a los motores contra el calentamiento excesivo debido a sobrecargas y fallas en el arranque.

Una sobrecarga origina una sobrecorriente que, si persiste por un tiempo prolongado, puede dañar o calentar peligrosamente el aparato. Esto no incluye a los cortocircuitos ni las fallas a tierra. Las BCI's no deberán tener relevadores de sobrecarga.

## **Circuitos de control.**

*Circuito de control de motor:* es el circuito que transporta las señales eléctricas que gobiernan el funcionamiento del controlador, pero no transporta la corriente eléctrica del circuito principal de energía. *Definición tomada de artículo 430-71 de la NOM-001-SEDE-2005.*

Los conductores del circuito de control se deben proteger solamente por la protección del circuito derivado del motor, puesto que la apertura del circuito de control puede crear un riesgo. Cuando se provea un transformador en el circuito de control, la protección contra sobrecorriente se omite. Sección 695-9 a) de la NOM-001-SEDE-2005.

Los conductores entre las baterías y el motor no se protegen. Excepción de 695-8 c) de la NOM-001-SEDE-2005.

Cuando se ponga en marcha los motores, la tensión eléctrica de las terminales de la red en el control no debe caer más del 15% por debajo de su valor normal.

Cuando el motor funcione a 115% de su corriente eléctrica a plena carga, la tensión eléctrica en las terminales del motor no debe caer más del 5% de la tensión eléctrica nominal del motor. Sección 695-8 e) de la NOM-001-SEDE-2005.

### **Calibre del alimentador de la BCI's según el artículo 430-6 de la NOM-001-SEDE-2005.**

El tamaño nominal de los conductores para la alimentación de motores debe seleccionarse de las tablas 310-16 a 310-19. Cuando la corriente eléctrica nominal del motor es tomada como base para determinar la capacidad de conducción de corriente de conductores, los valores indicados en las tablas 430-147, 430-148 y 430-150, deben ser usadas en lugar de las indicadas en la placa de especificaciones del motor. Cuando la capacidad del motor está indicada en amperes o en CP, este valor debe ser el correspondiente a los valores indicados en las tablas 430-147, 430-148 y 430-150, interpolando valores en caso de ser necesario.

### **3.3 EL REGLAMENTO GENERAL DE CONSTRUCCIONES DEL DISTRITO FEDERAL 2004.**

La normativa vigente para las construcciones en la localidad, es el “Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 2004”, el cual cubre los requerimientos para la elaboración del proyecto eléctrico de una instalación, por tanto solo hay que hacer las modificaciones correspondientes que apliquen para las BCI's. Los artículos que se tiene que tomar en cuenta para la elaboración del proyecto eléctrico del sistema de bombeo contra incendios se citan a continuación:

*ARTÍCULO 129.- Los proyectos deben contener, como mínimo en su parte de instalaciones eléctricas, lo siguiente:*

- I. Planos de planta y elevación, en su caso.*
- II. Diagrama unifilar.*
- III. Cuadro de distribución de cargas por circuito.*
- IV. Croquis de localización del predio en relación a las calles más cercanas.*
- V. Especificación de materiales y equipo por utilizar.*
- VI. Memorias técnica descriptiva y de cálculo, conforme a las Normas y Normas Oficiales Mexicanas.*

*ARTÍCULO 130.- Las instalaciones eléctricas de las edificaciones deben ajustarse a las disposiciones establecidas en las Normas y las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas.*

#### ***Normas técnicas complementarias.***

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal tiene una serie de complementos para el caso de instalaciones especiales en las obras civiles. Para el caso de

las bombas contra incendios las Normas Técnicas Complementarias citan los requerimientos de estas instalaciones:

- I. *Dos bombas automáticas autocebantes cuando menos, una eléctrica y otra con motor de combustión interna, con succiones independientes para surtir a la red con una presión constante entre 2.5 y 4.2 kg/cm<sup>2</sup> en el punto más desfavorable;*

Es importante tener en cuenta este requerimiento para cumplir con la normativa del país; el cálculo para la obtención de la presión en el punto más desfavorable de la red debe ser calculado por el especialista correspondiente, para las necesidades de la instalación eléctrica será suficiente con tener la potencia de la(s) bomba(s).

### 3.4 MATERIALES.

En los últimos años, se ha dado un proceso de cambio en las prestaciones solicitadas a los cables eléctricos de baja y media tensión para las obras o instalaciones que, por sus características y usos requieren un alto grado de seguridad en caso de incendio.

Este proceso tiene su inicio al constatarse tras diversas investigaciones realizadas, que un elevado número de los accidentes mortales que se producen durante un incendio tienen sus causas en los productos habitualmente utilizados.

Actualmente la exigencia de cables alta seguridad de características especiales ante el fuego y los efectos de la combustión, ya está recogida por diversos sectores que, por las condiciones particulares de instalación y trabajo.

Con lo anterior surge la incorporación de cables de Alta Seguridad los llamados cables “libres de halógenos” cuya principal característica es la ausencia de gas halógeno (HCL) en los gases emanados.

#### **Tipos de Cables de Alta Seguridad libres de halógenos.**

- ***Cables resistentes al fuego:*** Son aquellos cables que mantienen el servicio durante y después de un fuego prolongado, a pesar de que durante el fuego se destruyan los materiales orgánicos del cable en la zona afectada.
- ***Cables no propagadores del incendio:*** Son aquellos cables que no propagan el fuego a lo largo de la instalación, incluso cuando ésta consta de un gran número de cables, ya que se autoextinguen cuando la llama que les afecta se retira o apaga.

En caso de incendio ambos tipos de cable tienen una emisión de gases opacos y de gases halógenos y corrosivos muy reducida.



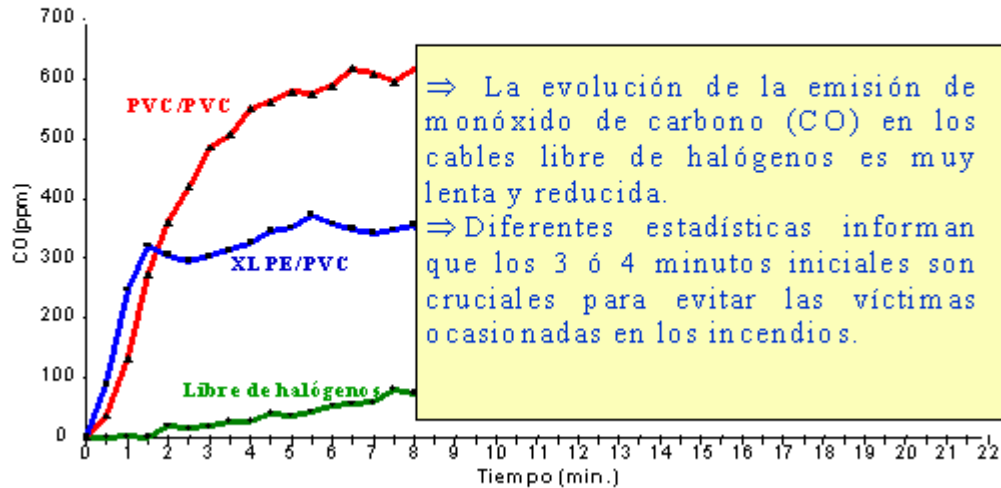


**Cable convencional.** No supera el ensayo de no propagación del incendio, todo el cable resulta dañado.

**Cable libre de halógenos** Supera el ensayo de no propagación del incendio, sólo una mínima parte del cable resulta dañada

<b>Emisión de gases tóxicos y corrosivos en caso de incendio :</b>	
<b>Cable convencional:</b>	Genera una gran cantidad de humos con un alto contenido de monóxido y dióxido de carbono y de ácido clorhídrico (30 % aprox.).
<b>Cable libre de halógenos:</b>	Genera en su combustión una cantidad mínima de monóxido y dióxido de carbono y de ácido clorhídrico (inferior al 0,5 %).
<i>Esta característica permite limitar la contribución de los cables a los humos generados en un incendio, reduciendo por lo tanto los riesgos por inhalación de gases que han demostrado ser la principal causa de mortalidad en los incendios.</i>	

### Evolución de CO



En definitiva, la utilización de los **Cables de Alta Seguridad Libres de Halógenos** mejora de manera muy significativa la seguridad de los propietarios y usuarios de las instalaciones eléctricas. Sin que deba considerarse su utilización como sustitutivo de ninguna de las demás acciones actualmente exigibles, como: cortafuegos, detectores de incendios, etc., sino como un complemento a las mismas.

Al igual que los conductores, es recomendable la utilización tuberías de Acero o PVC de alta seguridad para brindar protección en el transporte de los conductores.

En el caso de la tubería y canalización de Acero simplemente se deben escoger de acuerdo al diseño y versatilidad del diseño de la instalación eléctrica, ya que en términos de precio y flexibilidad de maniobra representan estándares más elevados, sin embargo su eficacia proporciona una mayor inversión y seguridad a largo plazo.

Para el caso de la tubería y canalización de PVC, es más accesible y rápida de instalar, ya que la resina que resulta de esta polimerización es la más versátil de la familia de los plásticos; pues además de ser termoplástica, a partir de ella se pueden obtener productos rígidos y flexibles. Además es muy resistente a ambientes agresivos, buenas propiedades eléctricas y de aislamiento y a temperaturas elevadas, sin embargo en este punto se debe abundar en cuanto a las especificaciones ya que no todos los derivados de PVC son capaces de soportar temperaturas drásticas que puedan fundirlo fácilmente.

Una correcta fusión entre conductores de alta seguridad y una tubería de PVC puede brindar una unión eficiente, económica y confiable al presentarse cualquier falla en la

instalación incluso en presencia de fuego, logrando así prolongar el servicio de los equipos y así tener una solución total en el menor tiempo posible.



*Conductores de Alta Seguridad*

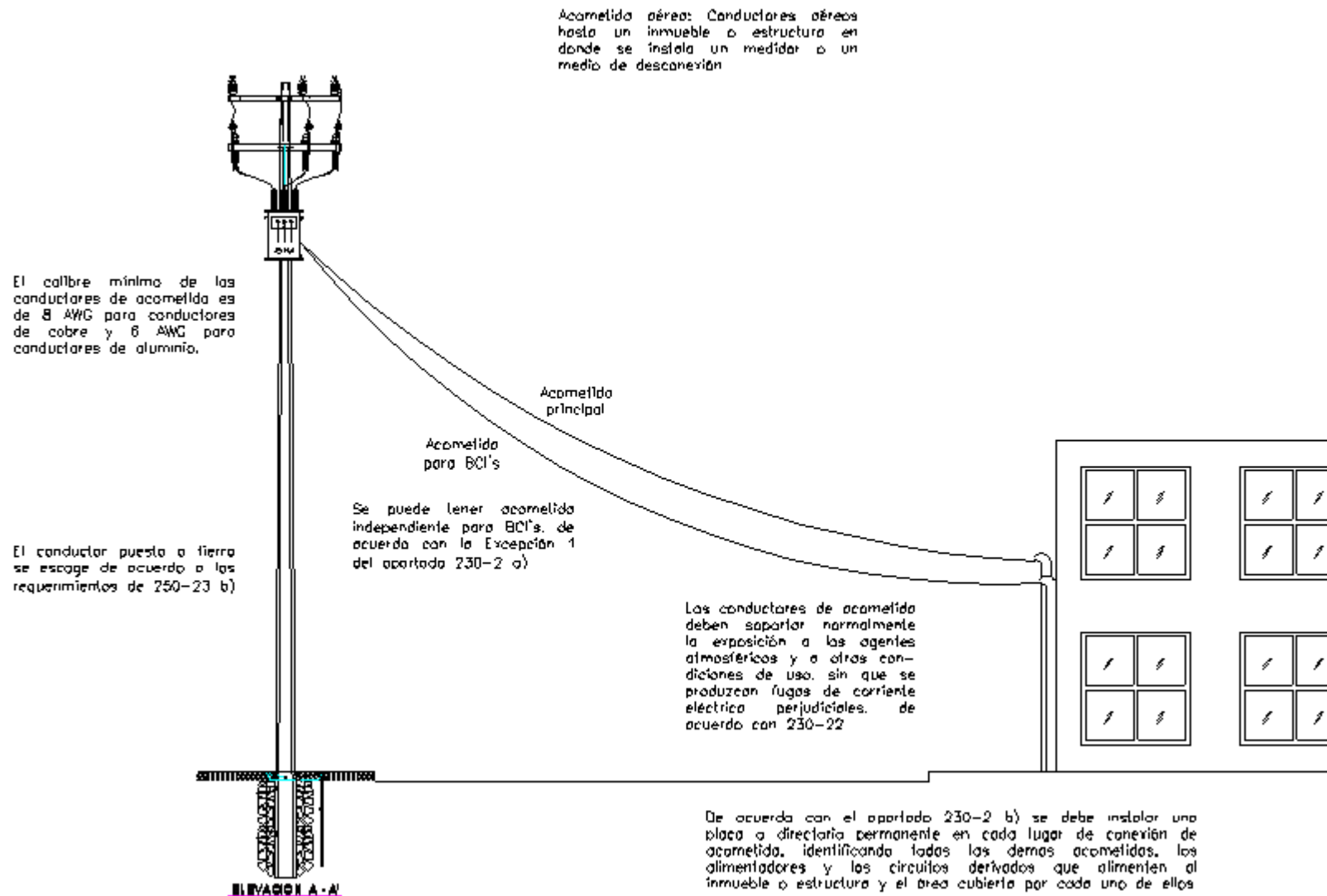
### **3.5 MÉTODOS DE ALAMBRADO.**

Los métodos de alambrado incluyen la escala completa de técnicas usadas para instalar circuitos eléctricos desde una fuente de alimentación a los equipos eléctricos. Con el fin de proporcionar electricidad al sistema de bombeo contra incendios, se debe completar un circuito entre la fuente de alimentación y la carga. Los métodos de alambrado brindan el medio físico de instalación de los conductores necesarios para completar estos circuitos. Las restricciones ambientales del lugar son un factor determinante de gran importancia al seleccionar los métodos de alambrado apropiados.

Más allá de la función básica de llevar los conductores de un lugar a otro, la función de un método de alambrado es proteger los conductores y sus aislamientos contra abuso físico y otros daños. Algunos lugares tienen ambientes inclementes que pueden dañar los circuitos eléctricos no protegidos. Estos ambientes fuertes incluyen la presencia de humedad o agua, temperaturas ambiente elevadas o reducidas, polvo, químicos, gases inflamables, luz solar, etc. Algunos circuitos se instalan al aire libre, en concreto, o enterrados en el suelo, o pueden pasar a través de lugares con características de construcción particulares.

Las reglas de la NOM-001-SEDE-2005 que rigen el uso y la instalación de métodos de alambrado tienen como fin asegurar que los métodos de alambrado usados en un lugar particular funcionan en forma confiable y segura. Los dispositivos de alambrado brindan una interfaz entre el sistema eléctrico y el usuario. La NOM-001-SEDE-2005 establece en sus artículos los métodos para hacer más segura la interfaz con el usuario. El factor clave para considerar en los métodos de alambrado es el lugar en donde se instalará el circuito. Se deben investigar las condiciones del lugar (la temperatura, humedad, ambientes especiales, etc.). Los métodos de alambrado se pueden determinar por inspección visual. Se deben usar métodos de alambrado adecuados para las condiciones o lugares.

**Métodos de Alambrado.** Todos los cables que vayan desde los conductores de los motores de las bombas hasta dichos motores, deben instalarse en tubo conduit metálico tipo pesado, semipesado, metálico flexible a prueba de líquidos o ser cables de Tipo MI.

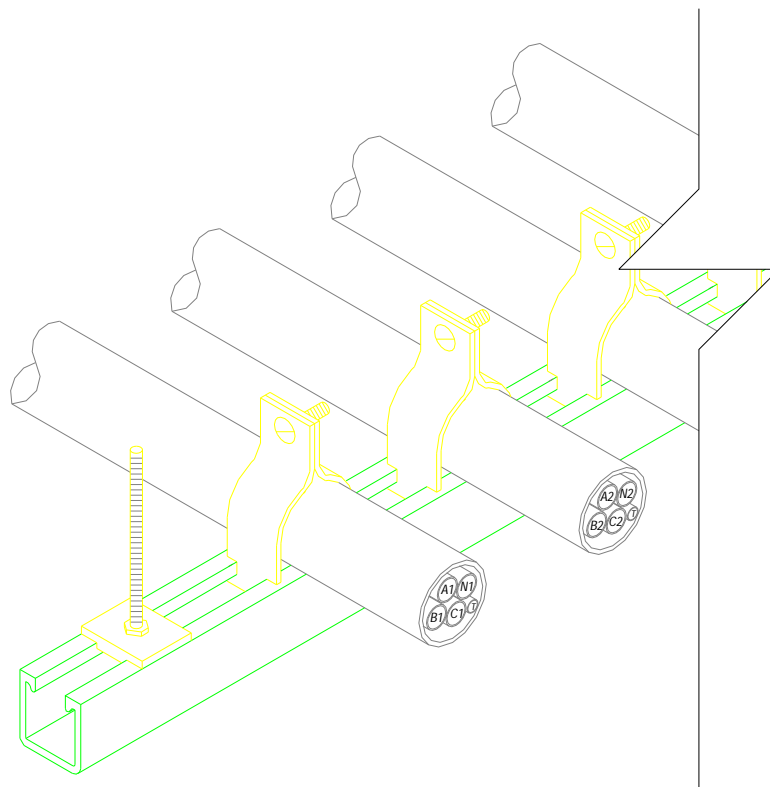


### Agrupamiento de conductores.

Los conductores de un circuito, incluidos los conductores de puesta a tierra, se deben mantener juntos (ver figura 3.5-1) para permitir que interactúen sus campos magnéticos, lo cual permite que se reduzca la impedancia total; una impedancia baja permite:

- a) Que los dispositivos de sobrecorriente operen adecuadamente y
- b) Elimina efectivamente los efectos de la inducción sobre las partes no portadoras de corriente, evitando sobrecalentamientos.

Los conductores de las BCI's deben ir separados de otros sistemas.

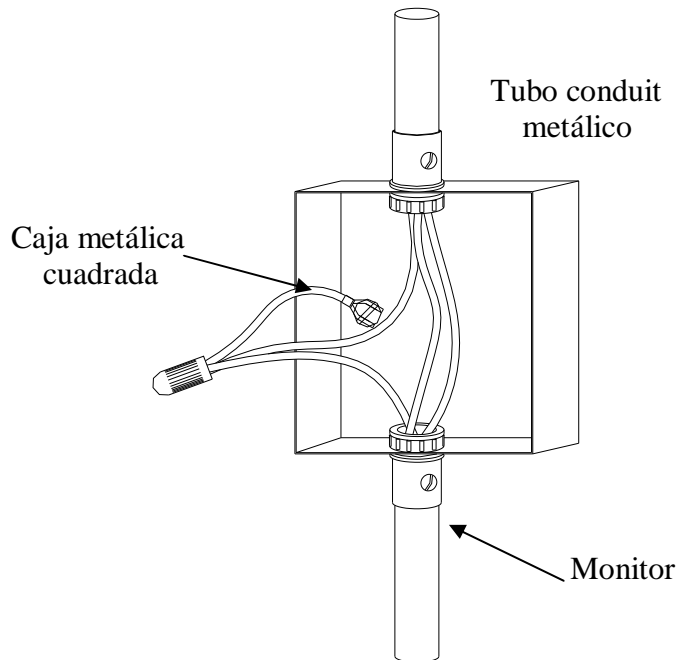


*Figura 3.5-1 Disposición de los conductores en tubería.*

### Integridad del aislamiento.

Los forros no metálicos de cables y los aislamientos de los conductores se deben proteger de los bordes metálicos afilados que puedan dañarlos. Un daño en el aislamiento puede ocasionar que partes metálicas se energicen accidentalmente, o bien puede ocasionar cortocircuitos. Los pasacables, anillos protectores y monitores, deben ser usados para cubrir toda la circunferencia o perímetro de la abertura por donde pasa el conductor. Las pruebas

de resistencia de aislamiento permiten saber si no existen daños en el aislamiento de los conductores cableados dentro de una canalización.



*Figura 3.5-2 Uso de monitor metálico para protección de los conductores.*

### **Uso exclusivo de la canalización eléctrica.**

Las canalizaciones eléctricas no se deben usar para albergar o sostener sistemas diferentes al de la alimentación de las BCI's. Los sistemas de alambrado de control del sistema de bombeo contra incendios, pueden sostenerse de la canalización eléctrica.

### **Continuidad e integridad de los encerramientos y canalizaciones metálicas.**

Las canalizaciones deben estar completas y aseguradas a los gabinetes, cajas o encerramientos en ambos extremos, además, deben brindar continuidad eléctrica entre los componentes mencionados.

### **Conductores en las cajas metálicas.**

Cuando los conductores están empalmados o terminan en una caja, debe haber al menos 150 [mm] de conductor libre dentro de la caja para hacer el empalme o la terminación, medidos desde el lugar en donde sale el conductor desde una canalización o

forro de cable. En el caso que la caja mida menos de 200 [mm] en cualquier dimensión (largo, ancho, alto), el conductor debe sobresalir por lo menos 76 [mm] fuera de dicha caja.

Normalmente los puntos de conexión o empalme deben realizarse en las cajas metálicas, a menos que el método de alambrado utilizado exija que la función de las cajas sea sustituida por otro medio como los pozos de inspección, los condulets y otros encerramientos.

### **Ocupación de conductores en canalizaciones.**

El área de la sección transversal máxima que puede ser ocupada por los conductores en las canalizaciones se describe a continuación. El método pretende asegurar que los conductores puedan ser jalados dentro de las canalizaciones sin sufrir daño. Una cantidad determinada de espacio libre en la canalización permite la disipación de calor de los conductores.

El método que a continuación se describe se basa en las condiciones más comunes de cableado y alineación de los conductores, cuando la longitud de los tramos y el número de curvas de los cables están dentro de límites razonables. Sin embargo, en determinadas condiciones se podrá ocupar una parte mayor o menor de los conductos. Los pasos a llevarse cabo son los siguientes:

1. Se toma como base el uso de la Tabla 10-1. de la NOM-001-SEDE.2005 que nos indica el porcentaje disponible del área transversal de cualquier tubo conduit, para un número determinado de conductores (ver Apéndice).
2. Para calcular el por ciento de los cables en tubo (conduit), se debe tener en cuenta los conductores de puesta a tierra de los equipos, en sus dimensiones reales ya sean aislados o desnudos.
3. Para combinaciones de conductores de distinto tamaño nominal, se aplican las tablas 10-5 y 10-8 del capítulo 10 de la NOM para dimensiones de los conductores (ver Apéndice). Se suman las áreas transversales de todos los conductores que irán en la misma canalización.
4. Una vez que se tiene el área que ocuparán todos los conductores que irán en la canalización, se consulta la tabla 10-4 (ver Apéndice) para seleccionar las dimensiones del tubo conduit ocupará.
5. Cuando se instalen tres conductores o cables en la misma canalización, si la relación entre el diámetro interior de la canalización y el diámetro exterior del cable o conductor está entre 2,8 y 3,2, se podrían atascar los cables dentro de la canalización, por lo que se debe instalar una canalización de tamaño inmediato

superior. Aunque también se pueden atascar los cables dentro de una canalización cuando se utilizan cuatro o más, la probabilidad de que esto suceda es muy baja.

» **Ejemplo.** Cálculo para el dimensionamiento de la tubería usada para albergar 3 conductores calibre 1/0 AWG del tipo THW y un conductor desnudo calibre 6 AWG.

*Solución.*

*Paso 1.* De acuerdo a la tabla 10-1, como tenemos más de dos conductores, se debe utilizar el 40% de la sección transversal del tubo conduit.

*Paso 2.* Se considera el conductor desnudo calibre 6 AWG.

*Paso 3.* De la tabla 10-5 se tiene que un conductor calibre 1/0 AWG tipo THW ocupa un área de 143 [mm<sup>2</sup>] y de la tabla 10-8 se tiene que el conductor desnudo calibre 6 AWG ocupa un área de 17.2 [mm<sup>2</sup>], así se tiene que:

$$\begin{aligned} 143[\text{mm}^2] \times 3 &= 429[\text{mm}^2] \text{ Área ocupada por los conductores calibre 1/0 AWG} \\ 17.2[\text{mm}^2] \times 1 &= 17.2[\text{mm}^2] \text{ Área ocupada por el conductor calibre 6 AWG} \\ 429[\text{mm}^2] + 17.2[\text{mm}^2] &= 446.2[\text{mm}^2] \text{ Área total ocupada por los conductores} \end{aligned}$$

*Paso 4.* Para el área de 446.2[mm<sup>2</sup>] se consulta la Tabla 10-4 en la columna de “más de dos conductores” y se escoge la tubería de diámetro inmediato superior al obtenido; la tubería que se selecciona es la de 41[mm] (1 ½) que tiene disponible 526 [mm<sup>2</sup>] para el 40% de factor de relleno.

*Paso 5.* Como se trata de tres conductores, se realiza la relación del diámetro interior de la canalización y el diámetro exterior del cable:

$$\frac{40.9[\text{mm}]}{13.5[\text{mm}]} = 3.03$$

Como la relación de diámetros está entre 2.8 y 3.2, los cables se pueden atascar, por lo que se debe escoger la canalización superior siguiente; finalmente resulta que el calibre de la canalización para albergar los conductores es **53[mm] (2”)**.

### **Canalizaciones completas antes de instalar conductores.**

Los conductores no deben ser jalados dentro de las canalizaciones hasta que éstas estén completas entre los puntos de alambrado, esto con el fin de ayudar a proteger los conductores contra daño.



### **Uso apropiado de las cajas y condulets.**

Las cajas y condulets que se utilicen, deben de ser apropiados para la zona en que se instalen. Así, en el caso de que el lugar sea húmedo, los componentes deben estar identificados para su uso en éstas áreas y deben instalarse de manera que el agua no se pueda acumular dentro del encerramiento.

El artículo 370 de la NOM-001-SEDE-2005 incluye los requisitos para espacios de conductores en las cajas. Las cajas y cajas de paso deben ser de tamaño suficiente para que quede espacio libre para todos los conductores instalados.

Las cajas de paso, como los codos con tapas y los codos de entrada de acometidas dentro de los cuales se instalen conductores de tamaño nominal de 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) o menores, y que sólo estén previstos para completar la instalación de la canalización y los conductores contenidos en ella, no deben contener empalmes, salidas ni dispositivos y deben ser de tamaño suficiente como para dejar espacio libre para todos los conductores incluidos en ellos. Todas las cajas metálicas deben estar puestas a tierra.

### **Aberturas no utilizadas.**

Las aberturas no utilizadas deben estar tapadas para completar el encerramiento de la caja, esto con el fin de contener cualquier formación de arco o chispa que pueda ocurrir si se presentara una falla dentro de la caja o condulet.

### **Cajas sujetas y sostenidas firmemente.**

Las cajas deben estar sujetas y sostenidas firmemente para asegurar la integridad estructural y mecánica de la instalación eléctrica. Generalmente se requiere que las cajas estén unidas en forma rígida y segura a la superficie o estructura.

### **Accesibilidad hacia las cajas.**

Las cajas interiores de alambrado y los condulets deben ser accesibles sin tener que retirar ninguna parte de la edificación o estructura. No se requiere ningún espacio de trabajo específico.

### **Selección de los envolventes.**

Los gabinetes y envolventes de los interruptores, deben estar identificados para su uso en lugares mojados si se van a usar en este tipo de lugares. El encerramiento debe estar dispuesto de manera que el agua no se acumule en su interior. Muchos equipos tienen capacidades nominales NEMA que definen las condiciones para las cuales son adecuados,

así el NEMA 1 está diseñado para su uso en interiores, mientras que el NEMA 4 es adecuado para lugares mojados, exteriores y expuestos a lavado con manguera.

### **Espacio para alambrado y doblado de conductores.**

Al igual que las cajas y condulets, se requiere una determinada cantidad de espacio para los conductores en gabinetes, cajas cortacircuitos y bases de medidores, solo que, usualmente, los conductores terminan en estos elementos, de manera que los requisitos de espacio están destinados a proporcionar espacio suficiente para el doblado y terminación de los conductores sin que estos sean dañados.

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE BOMBEO CONTRA INCENDIOS PARA EDIFICIOS**

Un proyecto eléctrico debe de cumplir una serie de requerimientos para su construcción y aprobación ante las autoridades correspondientes. Los proyectos del sistema de bombeo contra incendio no son la excepción y deben de cumplir con lo establecido en el Artículo 129 del Reglamento General de Construcciones del Distrito Federal y con el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005 (PEC).

- I. Planos de planta y elevación, en su caso.
- II. Diagrama unifilar.
- III. Cuadro de distribución de cargas por circuito.
- IV. Croquis de localización del predio en relación a las calles más cercanas.
- V. Especificación de materiales y equipo por utilizar.
- VI. Memorias técnica descriptiva y de cálculo, conforme a las Normas y Normas Oficiales Mexicanas.

#### ***4.1. PLANOS DE PLANTA Y ELEVACIÓN.***

##### ***4.1.1. Información.***

Para todo proyecto eléctrico, es necesario contar con los planos de planta y elevación del inmueble, y ellos deben contener los datos relativos al sistema de bombeo contra incendios, como la localización y capacidad de la(s) bomba(s) contra incendios, la localización del control del sistema, el punto de acometida, los interruptores generales, los espacios destinados a la instalación, etc. En el caso de las instalaciones existentes es conveniente realizar un levantamiento eléctrico en campo para corroborar o añadir datos.

Los planos de planta servirán para la proyección de las trayectorias de las canalizaciones que se utilizarán para la alimentación eléctrica de los equipos, los pasos, la determinación de los materiales a utilizar, la ubicación de equipos, etc.

##### ***4.1.2. Planos eléctricos.***

*Plano: representación esquemática, en dos dimensiones y a determinada escala, un terreno, una población, una máquina, una construcción, etc.*

Para este caso, el plano eléctrico es la representación esquemática a determinada escala de la instalación eléctrica, representada por símbolos definidos, en un determinado lugar.

Los planos eléctricos deben ser claros y precisos y deben contener la información que permita su correcta interpretación. Para el caso de la instalación de las BCI's, se utilizarán los lineamientos del Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad (PEC) para instalaciones de más de 100 [kW]. Aunque normalmente el consumo del sistema contra incendios es menor al citado, emplearemos los puntos que se solicitan para este tipo de instalaciones para cumplir con todos los requerimientos que pudieran ser solicitados para la aprobación del proyecto ante los organismos correspondientes.

En cuanto a los requisitos para la presentación de los planos eléctricos, el PEC enumera los siguientes puntos:

- a) *Escala mínima de 1:100. La altura mínima de los caracteres debe ser de 2[mm].*
- b) *Utilizar el Sistema General de Unidades de Medida, de acuerdo con la Norma NOM-008-SCFI vigente y en todas sus leyendas en idioma español.*
- c) *Contener los datos relativos a las instalaciones eléctricas, ser claros e incluir la información para su correcta interpretación de manera que permita construir la instalación. Pueden indicarse notas aclaratorias a los puntos que el proyectista considere necesarios.*
- d) *Utilizar los símbolos que se indican en NMX-J-136-SCFI (Abreviaturas, números y símbolos usados en planos y diagramas eléctricos). En caso de utilizar algún símbolo que no aparezca en dicha Norma, debe indicarse su descripción en los planos eléctricos.*

Los datos que deben tener los planos de un proyecto eléctrico son:

- a) *Nombre o razón social del cliente del servicio.*
- b) *Domicilio (calle y número, colonia, código postal, delegación o población, municipio y entidad).*
- c) *Uso al que se vaya a destinar la instalación (giro o actividad).*
- d) *Nombre, número de cédula profesional y firma del responsable del proyecto.*
- e) *Fecha de elaboración del proyecto.*

Los datos eléctricos que deben contener los planos son:

- a) *Localización del punto de la acometida, del interruptor general y del equipo principal incluyendo el tablero o tableros generales de distribución.*
- b) *Localización de centros de control de motores, tableros de fuerza, de alumbrado y receptáculos.*
- c) *Trayectoria de alimentadores y circuitos derivados, tanto de fuerza como de alumbrado, identificando cada circuito, e indicando su tamaño y canalización, localización de motores y equipos alimentados por los circuitos derivados, localización de los controladores y sus medios de desconexión, localización de receptáculos y unidades de alumbrado con sus controladores, identificando las cargas con su circuito y tablero correspondiente.*
- d) *Localización, en su caso, de áreas peligrosas indicando su clasificación de acuerdo con la NOM.*

Respecto a los puntos referentes a los datos eléctricos, hay que considerar que se parte de los requerimientos generales de las instalaciones eléctricas y hay que hacer las modificaciones para el caso particular de las BCI's. Los puntos que tendrían modificaciones serían el b y el c. En cuanto al punto b, hay que decir que solo nos interesa la localización del tablero de control para las BCI's y el tablero de servicios del cuarto en que este localizado el sistema de bombeo contra incendios. En lo que respecta al inciso c, las trayectorias que competen al proyecto serían las de los alimentadores de las BCI's y de la bomba de cebado, y en caso de existir, la de los conductores que provengan de transformadores y/o generadores y que alimenten al sistema de bombeo de protección contra incendios.

#### **4.2. DIAGRAMA UNIFILAR.**

El diseño de una instalación eléctrica tiene su origen en el diagrama unifilar correspondiente, que resulta del estudio de las necesidades de carga de la zona en el presente y con proyección a futuro de mediano plazo.

El diagrama unifilar debe mostrar los detalles de los circuitos empleados para la alimentación del sistema de bombeo y debe indicar la carga total conectada de dicho sistema; el tipo, tamaño nominal y longitud de los conductores utilizados y la caída de tensión de los circuitos.

Los criterios utilizados para seleccionar el diagrama unifilar más adecuado y económico de una instalación, son los siguientes:

- a) Continuidad del Servicio.
- b) Versatilidad de Operación.
- c) Facilidad de Mantenimiento de los Equipos.
- d) Cantidad y Costo del Equipo Eléctrico.

#### ***4.3. CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS.***

En una instalación eléctrica en la que se emplean gran cantidad de circuitos, los cuadros de distribución de cargas son un valioso recurso para la identificación de cada circuito, para saber la cantidad y tipo de cargas que están conectados a un circuito particular, la fase o fases a la que va conectado un circuito, el desbalanceo entre fases, etc.

Para el caso del sistema de bombeo contra incendios, debido al bajo número de circuitos que se emplean, será suficiente con elaborar una relación de cargas que pueda brindar la misma información que el cuadro de distribución de cargas.

#### ***4.4. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN.***

Debe elaborarse un croquis para localizar el inmueble en donde se llevará a cabo la instalación, incluyendo la dirección y el nombre de las calles aledañas. Este requisito a excepción de que pudiera darnos datos acerca de las características climáticas del lugar, es un requisito para cumplir con las disposiciones oficiales.

#### ***4.5. ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES Y EQUIPO A UTILIZAR.***

Se debe incluir una lista que incluya todos los materiales que se utilizarán para elaborar la instalación. Los materiales que se utilicen deben ser aceptados por el organismo aprobado para la certificación de materiales y equipos de acuerdo a lo que establecen las leyes mexicanas para instalaciones eléctricas. En cuanto a los equipos, deben especificarse las características de cada uno de los que se utilicen.

#### ***4.6. MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO.***

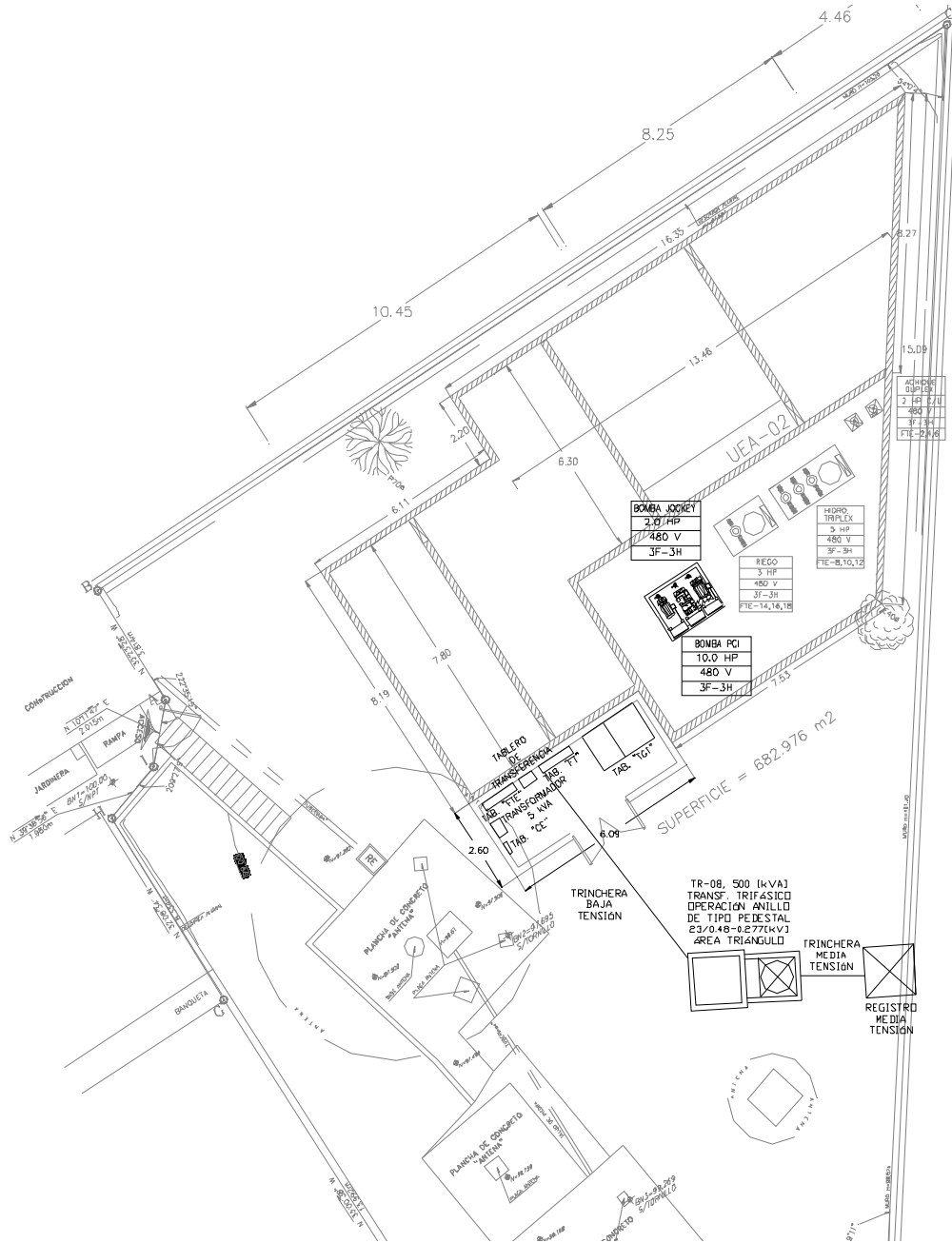
La memoria técnico descriptiva y de cálculo es la base y la sustentación de un proyecto eléctrico, y es en base a ella que se harán los planos eléctricos, la obra e incluso, la supervisión de la misma. En el caso de las bombas contra incendios, la memoria debe contener:

- **Introducción y objetivo:** se debe explicar el objetivo, el alcance del proyecto, y la normativa que se aplique. La importancia de este punto, es delimitar el proyecto; en este caso se debe especificar que la memoria es acerca de la instalación eléctrica del sistema de bombeo contra incendios y que las pruebas de puesta en marcha, operación y el mantenimiento del sistema no se cubren.
- **Cálculos eléctricos:** se debe describir el procedimiento para el dimensionamiento de los conductores eléctricos para los alimentadores de las bombas contra incendios y de la bomba de cebado, también se deben incluir los cálculos para la selección de los dispositivos de sobrecorriente y del dimensionamiento de dispositivos como transformadores y generadores.
- **Memoria descriptiva:** en ella se detallan el o los métodos de alambrado que se utilizarán para la instalación; se debe mencionar de manera general, la forma en que se deben hacer los empalmes, las uniones, los dobles, el devastado, la forma de soportar la canalización, el jalado de los cables, y, en general, la manera en que se deben instalar los componentes del sistema eléctrico.

#### ***4.7. PROYECTO TIPO: CONEXIÓN A UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN EN ANILLO.***

Se inicia el proyecto a partir del “Plano 1”, el cual contiene la información del cuarto eléctrico. Este plano indica los tableros que ahí se encuentran, las dimensiones del mismo y los equipos que formaran el sistema de bombeo de protección contra incendios; la información más importante se encuentra resaltada para su identificación.

También se incluye el diagrama unifilar, en este caso denominado “Plano 2”. El diagrama unifilar nos proporciona una amplia visión del sistema eléctrico, ya que si solo se tuviera la información del Plano 1, no se podría determinar el funcionamiento de cada tablero en el sistema eléctrico general.



**Plano 1. Cuarto eléctrico y sembrado de equipo.**





Del diagrama unifilar se puede observar que el sistema de energía eléctrica tiene una conexión en anillo. Se debe considerar que el sistema cuenta con doble acometida para la alimentación, acometida principal y acometida emergente. En cuanto a los equipos de bombeo, se cuenta con una bomba de 10 [CP] para la protección contra incendios y una bomba de 2 [CP] para cebado. El equipo de bombeo se instalará en el área denominada “Triángulo”.

Además se puede observar que el transformador que alimenta el área del “Triángulo” es el llamado “TR-08”. Se propondrá por tanto, tomar la alimentación en el lado secundario o de baja tensión de este transformador. La NOM-001-SEDE-2005 no cubre este tipo de sistemas, en los cuales no es viable tomar la energía desde un punto de acometida, debido a las grandes distancias que hay que cubrir y a las complicaciones que esto conlleva. Además la norma indica como calcular un transformador “exclusivo” para las bombas contra incendios, más no prohíbe explícitamente compartir el transformador con otros sistemas. Partiendo de este punto, aunque no se cubra la alimentación de las BCI’s desde un sistema en anillo, tampoco está prohibido. Por tanto, hay que adecuar el sistema eléctrico de bombeo contra incendios a este caso particular.

#### Verificación de la capacidad del transformador “TR-08”

La capacidad del transformador instalado es de 500 [kVA], por tanto la ampacidad de este transformador es:

$$I = \frac{VA}{\sqrt{3} \times V_{FF}}$$

$$I = \frac{500000}{\sqrt{3} \times 480} = 601.4[A]$$

En cuanto a las dos bombas que se tienen, la de protección contra incendios y la jockey, de acuerdo a la Tabla 430-150 de la NOM es:

$$10[CP] \rightarrow 7.46[kW] \rightarrow 14[A]$$

$$2[CP] \rightarrow 1.50[kW] \rightarrow 3.4[A]$$

$$I_{MOTORES} = 14 + 3.4 = 17.4[A]$$

De acuerdo al artículo 695.5 a) de la NOM-001-SEDE-2005, el transformador debe dimensionarse al 125% de la corriente del equipo de bombeo y el equipo de control, por tanto se tomara una corriente de 20 [A] en vez de 17.4 [A], para considerar el consumo del equipo de control. Así se tiene:

$$I_{EQUIPOBOMBEO} = 20 \times 1.25 = 25[A]$$

La corriente total para el diseño del transformador es la suma de las corrientes del equipo de bombeo y la corriente de consumo del inmueble que es de 375.55 [A], así:

$$I_{DISEÑO} = 25 + 375.55 = 400.55[A]$$

El transformador tiene que ser entonces de una capacidad de:

$$P_{DISEÑO} = \sqrt{3} \times 480 \times 400.55 = 333,011[VA]$$

Como se puede observar, el transformador tiene la capacidad suficiente para poder conectar el equipo de bombeo contra incendios a su salida de baja tensión.

#### Verificación de la capacidad del fusible del primario del transformador.

Ahora hay que ver si la capacidad del dispositivo de sobrecorriente en el lado primario del transformador es adecuada (el transformador no debe llevar protección en el secundario). Esta protección debe soportar indefinidamente las corrientes a rotor bloqueado de los equipos de bombeo, la corriente eléctrica a plena carga de sus accesorios y controladores, y en este caso, la corriente a plena carga de las demás cargas. La corriente a rotor bloqueado de los motores se determina por la siguiente fórmula:

$$I_{RB} = \frac{CP_M \times kVA_{RB}}{\sqrt{3} \times kV}$$

$CP_M$  = Potencia de motor

$kVA_{RB}$  = kVA por CP a rotor bloqueado para motores con letra de código B (ver Tabla 430-7(b) de la NOM-001-SEDE-2005.

$$I_{RB2CP} = \frac{2 \times 3.54}{\sqrt{3} \times 0.48} = 8.51[A]$$

$$I_{RB100CP} = \frac{10 \times 3.54}{\sqrt{3} \times 0.48} = 42.58[A]$$

La corriente total de la carga, conectada al secundario del transformador sería entonces la suma de los siguientes elementos:

$$I_{SECUNDARIO} = I_{BCI} + I_{AUXILIAR} + I_{CONTROL} + I_{CONSUMO}$$

$$I_{SECUNDARIO} = 42.58 + 8.51 + 2.6 + 375.55 = 429.24[A]$$

Para el cálculo del fusible, hay que calcular la corriente del lado primario a partir de la corriente obtenida en el lado secundario del transformador:

$$I_{PRIMARIO} = \frac{V_{SECUNDARIO}}{V_{PRIMARIO}} \times I_{SECUNDARIO}$$

$$I_{PRIMARIO} = \frac{0.48}{23} \times 429.24 = 8.96[A]$$

Se cuenta con el dato de la capacidad del fusible del transformador que es de 25[A], capacidad que cubre los 8.96 [A] necesarios para la correcta operación del sistema, por tanto el fusible es el adecuado.

#### Cálculo del dispositivo de sobrecorriente.

Para el dimensionamiento del dispositivo de sobrecorriente que se empleará entre la fuente de suministro y el controlador aprobado de la BCI's, se emplearán las mismas corrientes que se utilizaron en el paso anterior para el cálculo del fusible del transformador, pero esta vez no se sumará la corriente de consumo del resto de las cargas, así tenemos:

$$I_{SECUNDARIO} = I_{BCI} + I_{AUXILIAR} + I_{CONTROL}$$

$$I_{SECUNDARIO} = 42.58 + 8.51 + 2.6 = 53.69[A]$$

Se propone por tanto un interruptor de disparo magnético de 30 [A], con el ajuste del disparo magnético a 54 [A].

Cálculo del alimentador por corriente del sistema de bombeo de protección contra incendios.

Se hará el cálculo para el dimensionamiento del alimentador al 125% de la corriente a plena carga de la(s) BCI's y la bomba jockey mas el 100% de la carga del equipo de control. Esta corriente seria entonces de:

$$I_{CONDUCTOR} = I_{MOTORES} \times 1.25 + I_{CONTROL}$$

$$I_{CONDUCTOR} = 17.4 \times 1.25 + 2.6 = 24.35[A]$$

Por capacidad de conducción de corriente de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005 se selecciona un conductor calibre 8 [AWG] con capacidad de conducción de corriente de 40 [A].

NOTA: No se aplican factor de corrección por temperatura porque el diseño es para la Ciudad de México por lo cual no habrá temperaturas superiores a las 30 [°C]; tampoco se aplica factor de agrupamiento debido a que la canalización albergara tres conductores activos.

Cálculo del alimentador por caída de tensión del sistema de bombeo de protección contra incendios.

Se establecerá una caída de tensión máxima del 5%, para el conductor de calibre 8 [AWG] propuesto, la formula que se empleará es:

$$e\% = \frac{2 \times L \times I_n}{V_{FF} \times S}$$

$I_n$  = Corriente nominal del sistema de bombeo contra incendios

$L$  = Longitud del alimentador

$V_{FF}$  = Tensión entre fases

$S$  = Sección transversal de los conductores en mm<sup>2</sup>

$e\%$  = Porcentaje de caída de tensión

Se debe considerar la corriente nominal de 20 [A] en la que se considera la corriente nominal de los motores y del equipo de control. La distancia al punto de conexión, la cual se puede observar en el Plano 1, es de 20 [m] aproximadamente. Se tomará un factor de potencia de 0.85, debido a que la carga se trata de motores y la sección transversal del conductor se tomará de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005, así se tiene:

$$e\% = \frac{2 \times 20 \times 20}{480 \times 8.37} = 0.2\%$$

Como se puede observar, la caída de tensión es inferior al 5.0% propuesto, por lo tanto el conductor cumple por caída de tensión.

#### Selección del conductor de puesta a tierra.

Se selecciona el conductor de puesta a tierra de acuerdo al artículo 250-95 y de la Tabla 250-95 de la NOM-001-SEDE-2005, de acuerdo a la cual, para una protección contra sobrecorriente de 60 [A], corresponde un conductor de cobre desnudo calibre 10 [AWG].

#### Cálculo para el dimensionamiento de la canalización de los conductores.

Para la canalización se utilizará tubo conduit metálico de pared gruesa galvanizada, la cual irá por piso y en el interior del inmueble deberá ir embebida con una capa de concreto mayor a 50 [mm]. Para el cálculo del calibre de la tubería partimos de las dimensiones de los conductores, así, de la Tabla 10-5 de la NOM-001-SEDE-2005 para un conductor calibre 8 [AWG] con aislamiento THW-LS a 60 [°C] tenemos:

$$8[\text{AWG}] \longrightarrow 28.2 [\text{mm}]$$

Para las dimensiones del conductor de puesta a tierra, debemos tomar el dato de la dimensión del conductor de la Tabla 10-8 de la NOM-001-SEDE-2005, así:

$$10[\text{AWG}] \longrightarrow 6.82 [\text{mm}]$$

Para el dimensionamiento de la canalización se suman las áreas de los conductores que estarán en la misma canalización, por lo tanto se sumará el área de los 4 conductores de calibre y el área del conductor de puesta a tierra:

$$28.2 \times 3 + 6.82 = 91.42[\text{mm}]$$

De la Tabla 10-4 de la NOM-001-SEDE-2005, se observa en la columna correspondiente para mas de dos conductores el área disponible en cada tubo conduit, y se puede observar que una tubería de 21 [mm] cuenta con un área de 137 [mm<sup>2</sup>] la cual es suficiente para albergar a los conductores de las bombas.

Al tratarse de 3 conductores en una canalización, existe el riesgo de atasco de los cables en la tubería si la relación entre el diámetro interior de la canalización y el diámetro exterior del cable esta entre 2.8 y 3.2 de acuerdo al punto 10 de las instrucciones para el uso de la Tabla 10 de la NOM-001-SEDE-2005, así:

$$\frac{20.9}{5.99} = 3.48$$

Como puede observarse la relación de los diámetros de la tubería no entra en el intervalo citado anteriormente, por tanto, el diámetro de la tubería es el correcto.

#### Dimensionamiento de la planta de emergencia y de su dispositivo de sobrecorriente.

Se propondrá una planta que pueda suministrar los amperes necesarios para alimentar a la BCI en el caso más crítico que pudiera darse, así se asegura que el suministro siempre será continuo. De acuerdo a las corrientes de rotor bloqueado, calculadas anteriormente, se observo que la demanda del equipo de bombeo no será mayor a 60 [A], por tanto se tomara esta corriente para dimensionar una planta de emergencia a base de diesel como fuente de alimentación alterna, se tiene:

$$P = VI \cos \theta \sqrt{3}$$

$$P = 480 \times 60 \times 0.8 \times \sqrt{3}$$

$$P = 39,907 [W]$$

$$VA = \frac{W}{\cos \theta}$$

$$VA = \frac{39907}{0.8} = 49,884 [VA]$$

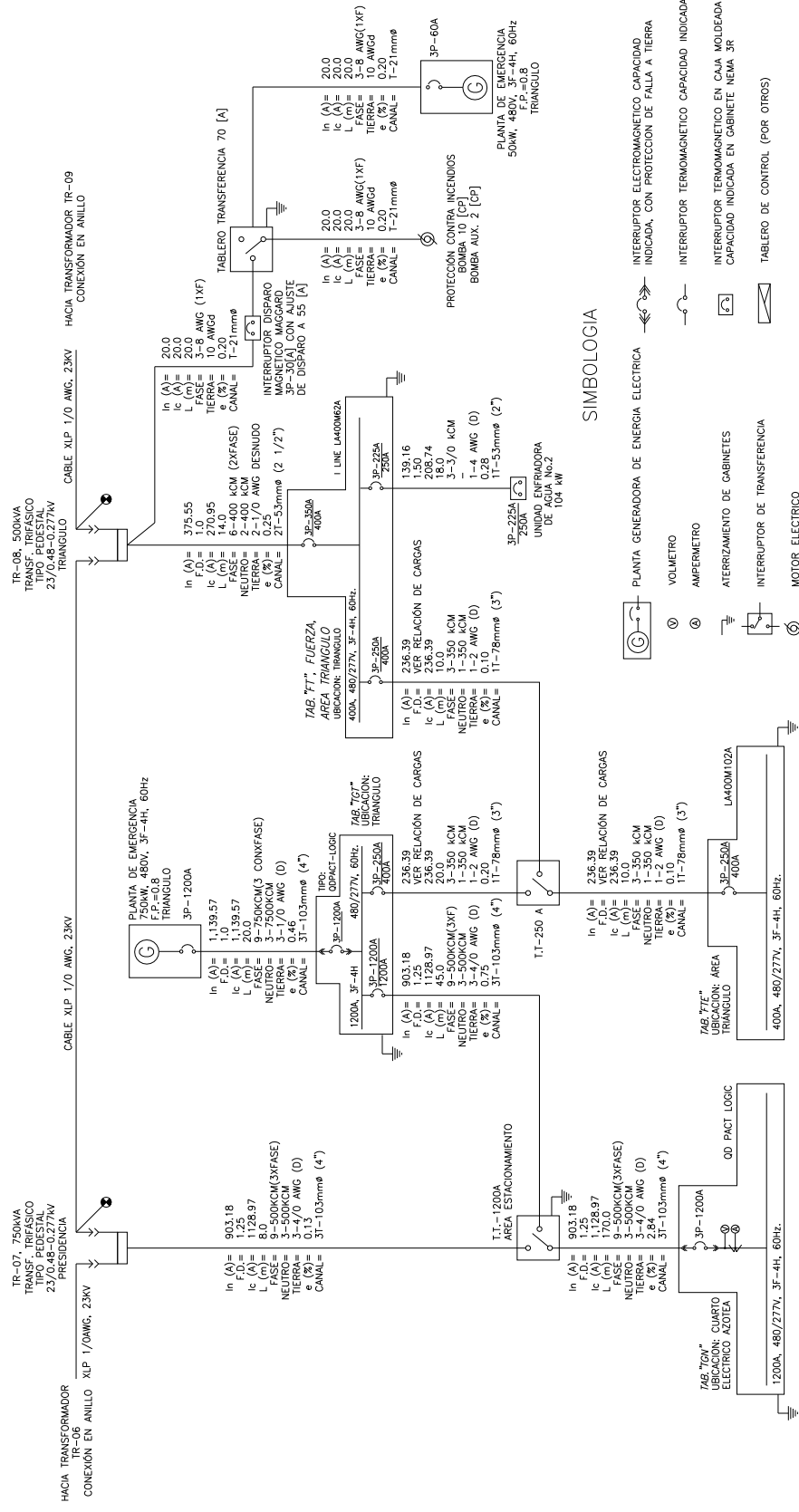
Se seleccionará una planta de 50 [kVA] la cual cubre las necesidades de alimentación del sistema, con una protección contra sobrecorriente de 60 [A] o superior. El cable que saldrá de la planta hacia el tablero de transferencia será de calibre 8 [AWG], puesto que la distancia y el criterio de consumo del equipo es igual que para el caso de los conductores del suministro normal.





# DIAGRAMA UNIFILAR

## SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA EN ANILLO DE MEDIA TENSIÓN DE 23kV



### SIMBOLOGIA

	PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA
	VOLMETRO
	AMPERMETRO
	ATERRAMIENTO DE GABINETES
	INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA
	MOTOR ELECTRICO
	INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO CAPACIDAD INDICADA, CON PROTECCION DE FALLA A TIERRA
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO CAPACIDAD INDICADA
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO EN CAJA MOLDEADA CAPACIDAD INDICADA EN GABINETE NEMA 3R
	TABLERO DE CONTROL (POR OTROS)

**Plano 4. Diagrama unifilar.**

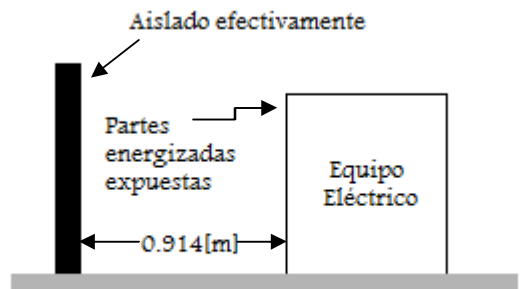
## Espacios de trabajo.

Se debe proporcionar y mantener suficiente espacio de acceso y de trabajo alrededor de todo el equipo eléctrico, para permitir el funcionamiento y mantenimiento fácil y seguro de dicho equipo.

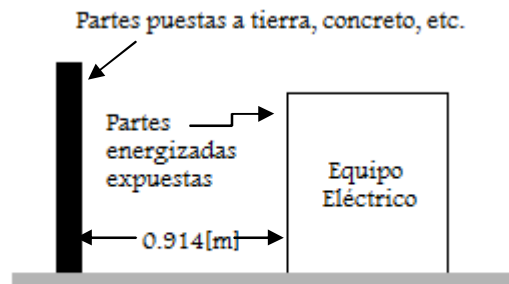
Se requieren espacios de trabajo específicos alrededor de los equipos que necesitan “examen, ajustes, reparaciones o mantenimiento mientras están energizados”. Muchos de los disyuntores, pueden necesitar abrirse mientras están energizados por lo cual se requiere considerar cada caso individualmente.

Los espacios específicos exigidos se determinan por las condiciones al otro lado del espacio y la tensión a la cual opera el equipo.

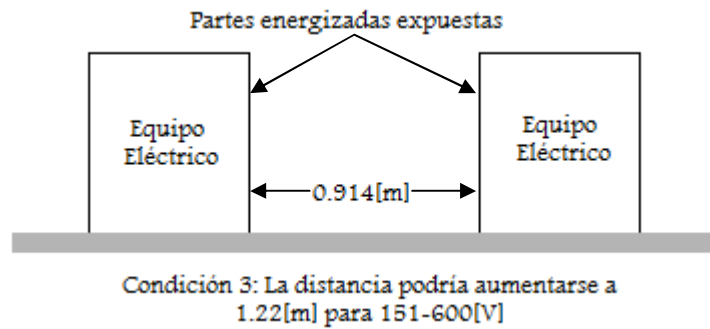
Las condiciones para la profundidad del espacio de trabajo general se muestran en los siguientes casos, en donde las distancias se miden desde las partes energizadas si están expuestas, o desde el encerramiento, si las partes están encerradas. Si cualquier ensamble es accesible desde la parte posterior y deja expuestas partes energizadas, se requerirán las dimensiones del espacio de trabajo en la parte posterior del equipo.



Condición 1: Mínimo 0.914 [m] para 151-600[V]



Condición 2: La distancia podría aumentar a 1.07[m] para 151-600[V]



Para equipos eléctricos que no requieren reparaciones ni mantenimiento mientras están energizados, se debe proporcionar suficiente espacio de trabajo y acceso.

### **Verificación del espacio de trabajo y el espacio dedicado no se usan para almacenamiento.**

La mayoría de violaciones a esta regla ocurren después de terminar las inspecciones y de que las edificaciones son ocupadas. Sin embargo se debe observar cualquier uso inapropiado del espacio de trabajo o el espacio dedicado.

Esta advertencia alertará a los usuarios en cuanto a los peligros de incendio y contra la seguridad involucrados al bloquear el acceso a los dispositivos contra sobrecorriente y equipo de control, o al permitir la acumulación de materiales combustibles en la cercanía de estos equipos.

Como medida complementaria es importante mantener una iluminación adecuada del área de trabajo con el fin de brindar un servicio de supervisión y mantenimiento óptimo a los equipos eléctricos.

## **CAPÍTULO 5**

### **SUPERVISIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE BOMBEO CONTRA INCENDIOS PARA EDIFICIOS**

#### ***5.1 PLANIFICACIÓN DE LA INSPECCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE BOMBEO CONTRA INCENDIOS PARA EDIFICIOS.***

Este capítulo trata sobre la inspección del sistema de bombeo contra incendios, de los requisitos de instalación y alambrado eléctrico, así como de las fuentes de alimentación.

Las bombas contra incendio son una carga de emergencia ya que únicamente operan cuando se está alimentando agua para la extinción de un incendio en una edificación. Sin embargo, las bombas contra incendios pueden estar clasificadas o no como una carga del sistema de emergencia, como se define en la NOM-001-SEDE-2005, dependiendo de la naturaleza de la edificación y de los requisitos o interpretaciones locales. Es importante observar que al menos que la autoridad con jurisdicción (ACJ) clasifique específicamente el sistema eléctrico que alimenta a una bomba contra incendios como *de emergencia*, los requisitos del artículo 700 no modifican los requisitos del artículo 695.

#### **Inspecciones de las bombas contra incendios.**

#### **Factores específicos de las bombas contra incendios.**

La NOM-001-SEDE-2005 proporciona los requisitos para los sistemas de alambrado y alimentación de las bombas contra incendios accionadas eléctricamente.

Las bombas contra incendios son un tipo especial de carga. Quizás la diferencia más notable entre la bomba contra incendios y la mayoría de los otros motores es la protección ilimitada contra sobrecorriente suministrada para las bombas contra incendios. Específicamente, no se permite protección contra sobrecarga para las bombas contra incendios, sólo se exige protección contra cortocircuito. La protección contra cortocircuito también brindará algún grado de protección contra falla a tierra, pero incluso en donde se exija protección contra falla a tierra para los equipos, para los alimentadores o acometidas con base en la tensión y en las capacidades nominales de corriente de los equipos, no se exige para las bombas contra incendios. Las bombas contra incendios están previstas para funcionar hasta fallar en los casos en que se requiere que operen. Además, al igual que con los sistemas de emergencia, se exige que el alambrado para estas bombas contra incendios este separado y aislado físicamente del alambrado de otros sistemas. Los métodos de alambrado que se pueden usar con bombas contra incendios también están restringidos a los métodos que tienen una gran resistencia a los daños.

## **Preguntas clave acerca de las bombas contra incendios.**

### **a) ¿Qué fuente de alimentación se usa para una bomba contra incendios?.**

Esta pregunta está dirigida principalmente a la persona que revisa los planos o a la que debe determinar si una fuente de alimentación propuesta cumple los requisitos de una fuente confiable. No obstante, la respuesta a esta pregunta establece el punto de partida para la inspección de la(s) fuente(s) de alimentación de una bomba contra incendios.

### **b) ¿En donde está ubicada la bomba contra incendios, y como está encaminada la alimentación a la bomba contra incendios?**

La confiabilidad de la fuente de alimentación exigida para una bomba contra incendios depende en parte de la independencia de todos los aspectos de la alimentación a dicha bomba, incluido el alambrado de alimentación. La alimentación de fuerza a la bomba contra incendios y el alambrado deben ser altamente inmunes a las perturbaciones o fallas en otras partes del alambrado de la edificación y en la alimentación de fuerza.

## **Planificación de la inspección de las bombas contra incendios.**

Los sistemas de bombas contra incendios no existen independientemente, siempre son parte de otras instalaciones y pueden tener muchas de las características de otras instalaciones, y puede contener partes subterráneas o embebidas, métodos de alambrado que pueden estar ocultos, requisitos de puesta a tierra y elementos que no pueden revisarse sino hasta la inspección final. Algunas instalaciones, especialmente en proyectos de gran altura, incluirán sistemas de bombas contra incendios, sistemas de emergencia y sistemas de reserva, por lo tanto, las inspecciones de las bombas contra incendios, sistemas de emergencia y de reserva deberán estar integradas entre sí y con las otras fases de la inspección en una obra en particular.

Las inspecciones tempranas, incluidas las inspecciones preliminar e intermedia, incluirán la verificación de la selección y uso apropiado de los métodos de alambrado, la revisión de la separación del alambrado para los sistemas de emergencia y las bombas contra incendios y la revisión de las partes subterráneas y embebidas de la obra.

La mayoría de los detalles incluidos en las listas de comprobación que se proporcionan, se inspeccionarán al finalizar la obra, o cerca de su culminación. Se exigen ensayos de aceptación. La certificación e identificación de los equipos también son importantes. Los avisos o señales exigidos en las fuentes de alimentación, la puesta a tierra y la presencia de más de una acometida también se deben revisar en las últimas etapas de un proyecto. Todos estos aspectos dependen del equipo puesto en su sitio y listo para operar. Mientras que muchos de los equipos de la lista de comprobación se pueden cubrir antes de aplicar potencia a los equipos, todos los ensayos de aceptación exigen que los equipos estén energizados y las instalaciones terminadas. Por lo tanto, es probable que la

fase de ensayo sea parte de la inspección final antes de permitir que los usuarios ocupen una edificación.

Debido a que los requisitos para alimentar una bomba contra incendios no los determina el NEC, el inspector eléctrico debe coordinar el uso de las listas de comprobación con las inspecciones hechas de acuerdo con los códigos y normas que requiere este sistema. El inspector eléctrico debe verificar la conformidad con el NEC en relación con la instalación de las bombas contra incendios, los equipos que se deben instalar, la ubicación de estos y la naturaleza de las cargas, determinadas por otros códigos.

## **Trabajo con las listas de comprobación de bombas contra incendios.**

### **1. Determine la aplicabilidad del Artículo 695 de la NOM-001-SEDE-2005.**

El Artículo 695 se aplica a bombas contra incendios accionadas eléctricamente, sus fuentes de alimentación, circuitos de interconexión, y equipos de control y conmutación. El Artículo 695 no incluye el desempeño, mantenimiento o ensayos de aceptación de las bombas contra incendios y tampoco incluye las bombas de mantenimiento de presión, conocidas también como bombas auxiliares o de compensación. El documento NFPA 20, *Standard for the Installation of Centrifugal Fire Pumps*, cubre los aspectos del desempeño y del ensayo y proporciona información adicional. La NOM-001-SEDE-2005 incluye el desempeño del sistema de alambrado y la fuente de alimentación.

### **2. Revise que los equipos estén certificados.**

Los controladores de bombas contra incendios, motores e interruptores de transferencia deben de estar certificados para su uso con las bombas contra incendios. Se exige que la bomba contra incendios y el motor eléctrico de accionamiento, estén certificados para su uso como bomba contra incendios. Sólo se pueden usar motores eléctricos con características especificadas a rotor bloqueado.

### **3. Verifique que haya una fuente de alimentación confiable.**

La alimentación para las bombas contra incendios debe ser confiable. Puede ser suministrada por una empresa de servicio público confiable, una instalación de generación de energía eléctrica en el sitio o una combinación de dos o más fuentes de empresas de servicio público, instalaciones de generación de potencia en el sitio o alimentadores. La fuente de alimentación confiable también puede ser proporcionada por una empresa de servicio público, una instalación de energía eléctrica en el sitio, o un alimentador combinado con un generador de emergencia o de reserva. Debido a que cualquier fuente está expuesta a una falla ocasional, especialmente las fuentes de las empresas de servicios públicos, con frecuencia la ACJ exige más de una fuente. En algunas áreas, como por ejemplo las áreas propensas a terremotos, la operación de la bomba contra incendios bien

puede coincidir con fallas en el servicio de agua, combustible o fluido eléctrico en la misma área, de manera que para asegurar confiabilidad se exige servicio de combustible, agua y generación de energía en el sitio. Obsérvese que la NOM-001-SEDE-2005 no exige una fuente alternativa, pero puede ser necesaria más de una fuente para brindar la confiabilidad requerida.

#### **4. Verifique que la continuidad de la alimentación esté asegurada y supervisada.**

La continuidad de la alimentación a las bombas contra incendios es crítica. Por lo tanto, las conexiones de potencia se deben hacer directamente a un controlador de la bomba contra incendios o a una combinación de controlador e interruptor de transferencia, o se debe hacer a través de máximo un medio de desconexión que esté supervisado. Esta supervisión se puede realizar mediante dispositivos de señalización, mediante disyuntores que se puedan bloquear en la posición de encendido (cerrado), o mediante la ubicación en encerramientos o edificaciones controlados, en combinación con el sellado del disyuntor e inspecciones semanales registradas.

La combinación certificada de controladores de bombas contra incendios con interruptores de transferencia de la alimentación, permite que todas las fuentes de alimentación estén conectadas directamente. La combinación del controlador también se puede usar como equipo de acometida. Debido que el controlador debe estar ubicado cerca y al alcance de la vista desde el motor de la bomba, este montaje requiere solo una pieza de equipo para suministrar potencia y controlar la operación de la bomba contra incendios. Aunque el código permite otros montajes, por lo general el más sencillo es el más confiable, y por lo tanto es el que se prefiere con más frecuencia.

#### **5. Verifique que los transformadores diferentes de los de la acometida o de la empresa de servicios públicos, estén dimensionados y protegidos apropiadamente.**

Generalmente las bombas contra incendios son alimentadas por acometidas separadas, a la tensión de aplicación de la bomba contra incendios. Cuando la tensión de la empresa de energía eléctrica es diferente de la tensión aplicada al motor de la bomba contra incendios, se pueden instalar transformadores (y disyuntores) entre la fuente de alimentación y el controlador de la bomba contra incendios. Estos transformadores deben estar dedicados para la bomba contra incendios, a menos que la fuente de alimentación sea un alimentador. Los transformadores deben estar clasificados como mínimo al 125% de la suma de las corrientes de la(s) bomba(s) contra incendios y la(s) bomba(s) de mantenimiento de presión, más el 100% de cualquier equipo accesorio de la bomba contra incendios. La protección contra sobrecorriente del primario del transformador debe estar en capacidad de portar la suma de las corrientes de rotor bloqueado de los motores de la bomba contra incendios y de mantenimiento de presión, más la corriente a plena carga de cualquier equipo accesorio relacionado. No se permite protección contra sobrecorriente en el secundario del transformador. La protección del transformador debe cumplir con el

Artículo 450. En algunos casos, los transformadores tienen que calcularse un poco sobredimensionados para cumplir los requisitos de los artículos 450 y 695.

**6. Verifique que el alambrado de alimentación esté encaminado por fuera de las edificaciones o que esté protegido de otra forma contra daño, y que sea independiente de otros alambrados.**

El alambrado de alimentación debe estar instalado como los conductores de entrada de la acometida y mantenerse por fuera de la edificación. Los conductores encajonados en al menos 2 [in] (50.88 mm) de concreto o mampostería o localizados al menos 2 [in] (50.88 mm) bajo concreto, se consideran fuera de la edificación. Se permite que los conductores de alimentación conectados en el lado de carga del medio de desconexión permitido estén instalados dentro de una edificación o estructura, mediante uno de los siguientes métodos:

- a) Encaminados a través de la edificación con un encajonamiento de concreto de 2 [in] (50.88 mm) como mínimo.
- b) En caminos dentro de una edificación que posee una capacidad de resistencia mínima al fuego de 1 hora.
- c) Instalados dentro de sistemas certificados de protección del circuito eléctrico que poseen una capacidad mínima de resistencia al fuego de 1 hora.

Otros circuitos de bombas contra incendios conectados al lado de carga del medio de desconexión final pueden alimentar otras cargas directamente relacionadas con la bomba contra incendios y se deben mantener completamente separados de los otros alambrados.

**7. Verifique que se usen los métodos de alambrado apropiados para el alambrado de fuerza y control.**

El alambrado de control y fuerza para las bombas contra incendios se debe instalar en conduit metálico rígido, conduit metálico intermedio, conduit metálico flexible hermético a los líquidos, o cable Tipo MI. El alambrado de fuerza se puede instalar en conduit no metálico flexible hermético a los líquidos, Tipo LFNC-B. Estas restricciones tienen como fin brindar una protección razonable al alambrado de la bomba contra incendios, contra daños mecánicos.

**8. Revise el montaje y ubicación apropiados de los equipos.**

Los controladores e interruptores de transferencia para las bombas contra incendios deben estar lo más cerca que sea posible y al alcance de vista desde los motores. Los encerramientos del controlador y del interruptor de transferencia deben estar protegidos



contra el agua que pueda escapar de las bombas o de las conexiones de éstas. Los equipos energizados deben estar al menos a 12 [in] (305 mm) sobre el nivel del suelo. Todos los equipos de control deben estar montados en forma segura sobre estructuras de soporte incombustibles. No se requieren estructuras separadas si se usan paredes esencialmente incombustibles. Se aplican requisitos similares a los controladores y baterías para bombas contra incendios con motores diesel.

### **Resumen del capítulo.**

- Las reglas para las bombas contra incendios se basan principalmente en la necesidad de una fuente de alimentación independiente, segura y confiable que permita el funcionamiento de la bomba contra incendios durante un período prolongado de tiempo, incluso durante un incendio.
- No se exige necesariamente que las bombas contra incendios tengan una fuente de alimentación alternativa. Sin embargo, se puede necesitar más de una fuente de alimentación para brindar el nivel de confiabilidad deseado.
- Los sistemas de bombas contra incendios se deben ensayar para ver si están conformes respecto a la NOM-001-SEDE-2005, pero los procedimientos de los ensayos reales de aceptación y los intervalos de ensayo recomendados se encuentran en otros códigos y normas.

### **5.2 USO DE TABLAS PARA LA INSPECCIÓN.**

#### **Lista de comprobación para bombas contra incendios.**

<b>Bombas contra incendios</b>				
	<b>Ítem</b>	<b>Actividad de inspección</b>	<b>Referencia NEC</b>	<b>Comentarios</b>
	1.	Determinar la aplicabilidad del Artículo 695.	695-1	
	2.	Revisar que los equipos estén certificados.	695-10	
	3.	Verificar que haya una fuente de alimentación confiable.	695-3	
	4.	Verificar que la continuidad de la alimentación esté	695-4	

		asegurada y supervisada.		
	5.	Verificar que los transformadores diferentes de los de la acometida o de la empresa de servicios públicos, estén dimensionados y protegidos apropiadamente.	695-5	
	6.	Verificar que el alambrado de alimentación este encaminado por fuera de las edificaciones o que este protegido de otra forma contra daño, y que sea independiente de otros alambrados.	695-6	
	7.	Verificar que se usen los métodos de alambrado apropiados para el alambrado de fuerza y de control.	695-6, 695-14	
	8.	Revisar el montaje y ubicación apropiados de los equipos.	695-12	

## **CONCLUSIONES**

En la actualidad las instalaciones eléctricas de protección contra incendios no tienen la importancia necesaria para brindar óptimas condiciones de seguridad en las edificaciones y la reglamentación del país es insuficiente y ambigua en comparación con otros países.

Las nuevas técnicas de construcción se han encaminado al uso de materiales más versátiles pero que a su vez permiten la propagación del fuego de manera más rápida a diferencia de los materiales tradicionales como el concreto.

Es importante que se brinden las condiciones necesarias de espacio y diseño en la construcción de los inmuebles para las áreas destinadas a las instalaciones de protección contra incendios logrando así un servicio confiable e ininterrumpible en caso de presentarse un siniestro.

La normatividad actual en México no cubre los casos especiales que puedan presentarse y permite que exista diversidad en el entendimiento de sus artículos, con lo cual no se tiene un criterio uniforme a seguir y poder caer en errores de interpretación.

Otro aspecto importante es que los equipos utilizados en México no se encuentran diseñados en base a la normatividad del país, y muchas veces deben ser modificados y acoplados acorde a los proyectos con el fin de obtener un funcionamiento adecuado pero que ya no brinda las condiciones de seguridad y eficacia óptimas que brinda el fabricante.

Cabe mencionar que en México no existe un organismo especializado encargado de revisar, vigilar y certificar instalaciones eléctricas contra incendios ya que nuestro país actualmente se auxilia en otras asociaciones internacionales tratando de encontrar una similitud en las normas propuestas y las condiciones particulares de construcción del país.

## APÉNDICE

### A) TABLAS

**TABLA 250-95.- Tamaño nominal mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos**

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño nominal mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
	(A)	Cable de cobre
15	2,08 (14)	---
20	3,31 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,37 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,2 (4)
300	21,2 (4)	33,6 (2)
400	33,6 (2)	42,4 (1)
500	33,6 (2)	53,5 (1/0)
600	42,4 (1)	67,4 (2/0)
800	53,5 (1/0)	85,0 (3/0)
1 000	67,4 (2/0)	107 (4/0)
1 200	85,0 (3/0)	127 (250)
1 600	107 (4/0)	177 (350)
2 000	127 (250)	203 (400)
2 500	177 (350)	304 (600)
3 000	203 (400)	304 (600)
4 000	253 (500)	405 (800)
5 000	354,7 (700)	608 (1 200)
6 000	405 (800)	608 (1 200)

Véase limitaciones a la instalación en 250-92(a)  
**Nota:** Para cumplir lo establecido en 250-51, los conductores de puesta a tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

**TABLA 310-16.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C**

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)					
mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW*, CCE, TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHW-2, XHHW*, XHHW-2, DRS
		Cobre			Aluminio		
0,824	18	---	---	14	---	---	---
1,31	16	---	---	18	---	---	---
2,08	14	20*	20*	25*	---	---	---
3,31	12	25*	25*	30*	---	---	---
5,26	10	30	35*	40*	---	---	---
8,37	8	40	50	55	---	---	---
13,3	6	55	65	75	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,5	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	190	230	255
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	355	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	310	375	420
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	450
458	900	435	520	585	355	425	480
507	1 000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	520	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1010	2000	560	665	750	470	560	630
FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	

61-70	****	0,33	0,58	****	0,33	0,58
71-80	****	****	0,41	****	****	0,41

\* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (\*), no debe superar 15 A para 2,08 mm<sup>2</sup> (14 AWG); 20 A para 3,31 mm<sup>2</sup> (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm<sup>2</sup> (10 AWG), todos de cobre.

**TABLA 430-7(b).- Letras de código para rotor bloqueado**

Letra de código	kVA por kW a rotor bloqueado	KVA por CP a rotor bloqueado
A	0,00 -- 2,34	0,00 -- 3,14
B	2,35 -- 2,64	3,15 -- 3,54
C	2,65 -- 2,98	3,55 -- 3,99
D	2,99 -- 3,35	4,00 -- 4,49
E	3,36 -- 3,72	4,50 -- 4,99
F	3,73 -- 4,17	5,00 -- 5,59
G	4,18 -- 4,69	5,60 -- 6,29
H	4,70 -- 5,29	6,30 -- 7,09
J	5,30 -- 5,96	7,10 -- 7,99
K	5,97 -- 6,70	8,00 -- 8,99
L	6,71 -- 7,45	9,00 -- 9,99
M	7,46 -- 8,35	10,00 -- 11,19
N	8,35 -- 9,31	11,20 -- 12,49
P	9,32 -- 10,43	12,50 -- 13,99
R	10,44 -- 11,93	14,00 -- 15,99
S	11,94 -- 13,42	16,00 -- 17,99
T	13,43 -- 14,91	18,00 -- 19,99
U	14,92 -- 16,70	20,00 -- 22,39
V	16,71 -- y más	22,40 -- y más

**Tabla 430-150.- Corriente eléctrica a plena carga de motores trifásicos de c.a.**

Los siguientes valores de corriente eléctrica a plena carga son típicos para motores que funcionen a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par pueden requerir corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples deben tener una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos. Las tensiones eléctricas listadas son nominales de motores. Las corrientes listadas deben usarse para sistemas de tensiones eléctricas nominales de 110 V hasta 120 V, 220 V hasta 240 V, 440 V hasta 480 V y 550 V hasta 600 V.

kW	CP	Motor de inducción Jaula de ardilla y rotor devanado, en amperes (A)						Motor síncrono, con factor de potencia unitario, en amperes (A)				
		V										
		115	200	208	230	460	575	2 300	230	460	575	2 300
0,37	1/2	4,4	2,5	2,4	2,2	1,1	0,9					
0,56	3/4	6,4	3,7	3,5	3,2	1,6	1,3					
0,75	1	8,4	4,8	4,6	4,2	2,1	1,7					
1,12	1-1/2	12,0	6,9	6,6	6,0	3,0	2,4					

1,50	2	13,6	7,8	7,5	6,8	3,4	2,7					
2,25	3		11,0	10,6	9,6	4,8	3,9					
3,75	5		17,5	16,7	15,2	7,6	6,1					
5,60	7-½		25,3	24,2	22	11	9					
7,46	10		32,2	30,8	28	14	11					
11,2	15		48,3	46,2	42	21	17					
14,9	20		62,1	59,4	54	27	22		53	26	21	
18,7	25		78,2	74,8	68	34	27					
22,4	30		92	88	80	40	32		63	32	26	
29,8	40		120	114	104	52	41		83	41	33	
37,3	50		150	143	130	65	52		104	52	42	
44,8	60		177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
56,0	75		221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
75,0	100		285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
93,0	125		359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
111,9	150		414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
149	200		552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
187	250					302	242	60				
224	300					361	289	72				
261	350					414	336	83				
298	400					477	382	95				
336	450					515	412	103				
373	500					590	472	118				

Para factor de potencia de 90% y 80%, las cantidades anteriores deben multiplicarse por 1,1 y 1,25, respectivamente.

**Tabla 430-151 A.- Conversión de corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado para motores monofásicos para la selección de controladores y medios de desconexión de acuerdo con la tensión eléctrica nominal y potencia nominal en kW**

(Para ser utilizada solamente con las Secciones 430-110, 440-12, 440-41 y 455-8(c))

kW	CP	Corriente máxima a rotor bloqueado (1 fase)		
		A		
		115 V	208 V	230 V
0,37	1/2	58,8	32,5	29,4
0,56	3/4	82,8	45,8	41,4
0,75	1	96	53	48
1,12	1-½	120	66	60
1,50	2	144	80	72
2,25	3	204	113	102
3,75	5	336	186	168
5,60	7-½	480	265	240
7,50	10	600	332	300

**Tabla 430-151 B. Conversión de corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado para motores polifásicos, diseños B, C, D y E para la selección de controladores y medios de desconexión de acuerdo con la tensión eléctrica nominal y potencia nominal en kW. (Para ser utilizada solamente con las secciones 430-110, 440-12, 440-41, y 455-8(c))**

kW	CP	Corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado (2 y 3 fases y diseños B, C, D y E)											
		115 V		200 V		208 V		230 V		460 V		575 V	
		B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E	B, C, D	E
0,37	1/2	40	40	23	23	22,1	22,1	20	20	10	10	8	8
0,56	3/4	50	50	28,8	28,8	27,6	27,6	25	25	12,5	12,5	10	10
0,75	1	60	60	34,5	34,5	33	33	30	30	15	15	12	12
1,12	1-½	80	80	46	46	44	44	40	40	20	20	16	16
1,50	2	100	100	57,5	57,5	55	55	50	50	25	25	20	20
2,25	3			73,6	84	71	81	64	73	32	36,6	25,6	29,2
3,75	5			105,8	140	102	135	92	122	46	61	36,8	48,8
5,60	7-½			146	210	140	202	127	183	63,5	91,5	50,8	73,2
7,50	10			186,3	259	179	249	162	225	81	113	64,8	90
11,2	15			267	388	257	373	232	337	116	169	93	135
14,92	20			334	516	321	497	290	449	145	225	116	180
18,65	25			420	646	404	621	365	562	183	281	146	225
22,4	30			500	775	481	745	435	674	218	337	174	270
29,84	40			667	948	641	911	580	824	290	412	232	330
37,3	50			834	1 185	802	1 139	725	1 030	363	515	290	412
44,8	60			1 001	1 421	962	1 367	870	1 236	435	618	348	494
55,95	75			1 248	1 777	1 200	1 708	1 085	1 545	543	773	434	618
74,60	100			1 668	2 154	1 603	2 071	1 450	1 873	725	937	580	749
93,0	120			2 087	2 692	2 007	2 589	1 815	2 341	908	1 171	726	936
119,9	150			2 496	3 230	2 400	3 106	2 170	2 809	1 085	1 405	868	1 124
150	200			3 335	4 307	3 207	4 141	2 900	3 745	1 450	1 873	1 160	1 498
187	250									1 825	2 344	1 460	1 875
224	300									2 200	2 809	1 760	2 247
261	350									2 550	3 277	2 040	2 622
298	400									2 900	3 745	2 320	2 996
336	450									3 250	4 214	2 600	3 371
373	500									3 625	4 682	2 900	3 746

**TABLA 10-4. Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (basado en la Tabla 10-1, Capítulo 10)**

Designación	Diámetro interior mm	Área interior total mm <sup>2</sup>	Área disponible para conductores mm <sup>2</sup>		
			Uno conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de dos conductores fr = 40%
16 (1/2)	15,8	196	103	60	78
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222



35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1313	697	407	526
53 (2)	52,5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102,3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128,2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154,1	18639	9879	5778	7456

\*Para tubo (conduit) t flexible metálico o no metálico y para tubo (conduit) de PVC y de polietileno, los cálculos deberán basarse en las dimensiones interiores reales proporcionadas por el fabricante o indicadas en la norma de producto.

**Nota:** El tamaño nominal del tubo es el correspondiente a la normativa internacional IEC. De forma que el lector se familiarice con la designación internacional en la Tabla anterior se indica entre paréntesis la designación correspondiente en pulgadas.

**TABLA 10-5. Dimensiones de los conductores aislados y cables de artefactos**

**Tipos: AFF, FFH-2, RFH-1, RFH-2, RH, RHH\*, RHW\*, RHW-2\*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFF, XF, XFF**

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm <sup>2</sup>
	mm <sup>2</sup>	AWG		
RFH-2 FFH-2	0,824	18	3,45	9,44
	1,31	16	3,76	11,1
RH	2,08	14	4,14	13,5
	3,31	12	4,62	16,8
RHW-2, RHH RHW RH, RHH RHW RHW-2	2,08	14	4,90	18,9
	3,31	12	5,38	22,8
	5,26	10	5,99	28,2
	8,37	8	8,28	53,9
	13,3	6	9,25	67,2
	21,2	4	10,5	86,0
	26,7	3	11,2	98,1
	33,6	2	12,0	113
	42,4	1	14,8	172
	53,5	1/0	15,8	196
	67,4	2/0	16,97	226,13
	85,0	3/0	18	263
	107	4/0	19,8	307
	127	250	22,7	406
152	300	24,1	457	
177	350	25,4	508	
	203	400	26,6	557
	253	500	28,8	650
	304	600	31,6	783
	355	700	33,4	875
	380	750	34,2	921
	405	800	35,1	965
	456	900	36,7	1057
	507	1 000	38,2	1143

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm <sup>2</sup>
	mm <sup>2</sup>	AWG		
	633	1250	43,9	1515
	760	1500	47,0	1738
	887	1750	49,9	1959
	1 010	2 000	52,6	2175
SF-2, SFF-2	0,824	18	3,07	7,42
	1,31	16	3,38	8,97
	2,08	14	3,76	11,1
SF-1, SFF-1	0,824	18	2,31	4,19
RFH-1, AF, XF, XFF	0,824	18	2,69	5,16
AF, TF, TFF, XF, XFF	1,31	16	3,00	7,03
AF, XF, XFF	2,08	14	3,38	8,97
<b>Tipos: AF, RHH*, RHW*, RHW-2*, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF</b>				
RHH*, RHW*, RHW-2* AF, XF, XFF RHH*, RHW*, RHW-2*	2,08	14	4,14	13,5
	3,31	12	4,62	16,8
	5,26	10	5,23	21,5
	8,37	8	6,76	35,9
TW, THHW, THHW-LS THW, THW-LS THW-2	2,08	14	3,38	8,97
	3,31	12	3,86	11,7
	5,6	10	4,47	15,7
	8,37	8	5,99	28,2
TW THW THW-LS THHW THHW-LS THW-2 RHH* RHW* RHW-2*	13,3	6	7,72	46,8
	21,2	4	8,94	62,8
	26,7	3	9,65	73,2
	33,6	2	10,5	86,0
	42,4	1	12,5	123
	53,5	1/0	13,5	143
	67,4	2/0	14,7	169
	85,0	3/0	16,0	201
	107	4/0	17,5	240
	127	250	19,4	297
	152	300	20,8	341
	177	350	22,1	384
	203	400	23,3	427
	253	500	25,5	510
	304	600	28,3	628
	355	700	30,1	710
	380	750	30,9	752
405	800	31,8	792	
456	900	33,4	875	
507	1 000	34,8	954	
	633	1250	39,1	1 200
	760	1500	42,2	1400
	887	1750	45,1	1598
	1 010	2 000	47,8	1795
TFN TFFN	0,824	18	2,13	3,55
	1,31	16	2,44	8,58

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm <sup>2</sup>
	mm <sup>2</sup>	AWG		
THHN THWN THWN-2	2,08	14	2,82	6,26
	3,31	12	3,30	8,58
	5,26	10	4,17	13,6
	8,37	8	5,49	23,6
	13,3	6	6,45	32,7
	21,2	4	8,23	53,2
	26,7	3	8,94	62,8
	33,6	2	9,75	74,7
	42,4	1	11,3	100
	53,5	1/0	12,3	120
	67,4	2/0	13,5	143
	85,0	3/0	14,8	173
	107	4/0	16,3	209
	127	250	18	256
152	300	19,5	297	
<b>Tipos: FEP, FEPB, PAF, PAFF, PF, PFA, PFAH, PFF, PGF, PGFF, PTF, PTFE, TFE, THHN, THWN, THWN-2, ZF, ZFF</b>				
THHN THWN THWN-2	177	350	20,8	338
	203	400	21,9	378
	253	500	24,1	456
	304	600	26,7	560
	355	700	28,	638
	380	750	29,4	677
	405	800	30,2	715
	456	900	31,8	794
	507	1 000	33,3	870
PF, PGFF, PGF, PFF PTF, PAF, PTFE, PAFF	0,824	18	2,18	3,74
	1,31	16	2,49	4,84
PF, PGFF, PGF, PFF, PTF PAF, PTFE, PAFF, TFEFEP, PFA, FEPB, PFAH	2,08	14	2,87	6,45
TFE, FEP PFA, FEPB PFAHI	3,31	12	3,35	8,84
	5,26	10	3,96	12,3
	8,37	8	5,23	21,5
	13,3	6	6,20	30,2
	21,2	4	7,42	43,3
	26,7	3	8,13	51,9
	33,6	2	8,94	62,8
<b>Tipos: PAF, PFAH, TFE, Z, ZF, ZFF</b>				
TFE PFA PFAH, Z	42,4	1	10,7	90,3
	53,5	1/0	11,7	108
	67,4	2/0	12,9	131
	85,0	3/0	14,2	159

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm <sup>2</sup>
	mm <sup>2</sup>	AWG		
	107	4/0	15,7	194
ZF, ZFF	0,824	18	1,93	2,90
	1,31	16	2,24	3,94
Z, ZF, ZFF	2,08	14	2,62	5,35
	3,31	12	3,10	7,55
	5,26	10	3,96	12,3
	8,37	8	4,98	19,50
	13,3	6	5,94	27,7
	21,2	4	7,16	40,3
	26,7	3	8,38	55,2
	33,6	2	9,19	66,4
	42,4	1	10,21	81,9
<b>Tipos: XHH, XHHW, XHHW-2, ZW</b>				
XHH, ZW XHHW-2 XHH	2,08	14	3,38	8,97
	3,31	12	3,86	11,68
	5,26	10	4,47	15,68
	8,37	8	5,99	28,19
	13,3	6	6,96	38,06
	21,2	4	8,18	52,52
	26,7	3	8,89	62,06
	33,6	2	9,70	73,94
XHHW XHHW-2 XHH	42,4	1	11,23	98,97
	53,5	1/0	12,24	117,74
	67,4	2/0	13,41	141,29
	85,0	3/0	14,73	170,45
	107	4/0	16,21	206,26
	127	250	17,91	251,87
	152	300	19,30	292,64
	177	350	20,60	333,29
	203	400	21,79	373,03
	253	500	23,95	450,58
	304	600	26,75	561,87
	355	700	28,55	640,19
	380	750	29,41	679,48
405	800	30,23	1362,71	
456	900	31,85	796,84	
<b>Tipos: KF-1, KF-2, KFF-1, KFF-2, XHH, XHHW-2, ZW</b>				
XHHW XHHW-2 XHH	507	1 000	33,3	872,19
	633	1250	37,6	1108
	760	1500	40,7	1300
	887	1750	43,6	1492
	1 010	2 000	46,3	1682
KF-2 KFF-2	0,824	18	1,60	2,00
	1,31	16	1,91	2,84
	2,08	14	2,29	4,13
	3,31	12	2,77	6,00

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm <sup>2</sup>
	mm <sup>2</sup>	AWG		
		5,26	10	3,38
KF-1 KFF-1	0,824	18	1,45	1,68
	1,31	16	1,75	2,39
	2,08	14	2,13	3,55
	3,31	12	2,62	5,35
	5,26	10	3,23	8,19

**TABLA 10-8.- Propiedades de los conductores**

Tamaño o designación		Conductores				Resistencia a la c.c. a 75°C		
		Alambres componentes		Dimensiones totales		Cobre		Aluminio
mm <sup>2</sup>	AWG kcmil	Cantidad	Diámetro mm	Diámetro Mm	Area mm <sup>2</sup>	Sin estañar Ω/km	Estañado Ω/km	Ω/km
0,824	18	1	1,02	1,02	0,82	25,5	26,5	
0,824	18	7	0,381	1,17	1,07	26,1	27,7	
1,31	16	1	1,29	1,29	1,31	16,0	16,7	
1,31	16	7	0,483	1,47	1,70	16,4	17,4	
2,08	14	1	1,63	1,63	2,08	10,1	10,5	
2,08	14	7	0,61	1,85	2,70	10,3	10,7	
3,31	12	1	2,05	2,05	3,32	6,33	6,59	
3,31	12	7	0,762	2,34	4,29	6,50	6,73	
5,26	10	1	2,59	2,59	5,26	3,97	4,13	
5,26	10	7	0,965	2,95	6,82	4,07	4,23	
8,37	8	1	3,26	3,26	8,37	2,51	2,58	
8,37	8	7	1,24	3,71	10,8	2,55	2,65	
13,3	6	7	1,55	4,67	17,2	1,61	1,67	2,65
21,2	4	7	1,96	5,89	27,3	1,01	1,05	1,67
26,7	3	7	2,21	6,60	34,3	0,804	0,833	1,32
33,6	2	7	2,46	7,42	43,2	0,636	0,659	1,05
42,4	1	19	1,68	8,43	55,9	0,505	0,525	0,830
53,5	1/0	19	1,88	9,45	70,1	0,400	0,417	0,659
67,4	2/0	19	2,13	10,6	88,5	0,317	0,331	0,522
85,0	3/0	19	2,39	11,9	112	0,252	0,261	0,413
107	4/0	19	2,69	13,4	141	0,199	0,205	0,328
127	250	37	2,08	14,6	168	0,169	0,176	0,278
152	300	37	2,29	16,0	201	0,141	0,146	0,232
177	350	37	2,46	17,3	235	0,120	0,125	0,198
203	400	37	2,64	18,5	269	0,105	0,109	0,174
253	500	37	2,95	20,7	335	0,0846	0,0869	0,139
304	600	61	2,51	22,7	404	0,0702	0,0731	0,116
355	700	61	2,72	24,5	471	0,0604	0,0620	0,0994
380	750	61	2,82	25,3	505	0,0561	0,0577	0,0925
405	800	61	2,90	26,2	538	0,0528	0,0544	0,0869
456	900	61	3,10	27,8	606	0,0469	0,0482	0,0771
507	1 000	61	3,25	29,3	672	0,0423	0,0433	0,0695
633	1250	91	2,97	32,7	842	0,0338	0,0348	0,0544
760	1500	91	3,25	35,9	1010	0,0281	0,0289	0,0462
887	1750	127	2,97	38,8	1180	0,0241	0,0248	0,0397
1 010	2 000	127	3,20	41,4	1350	0,021	0,0217	0,0348

Notas a la tabla 10-8: Estos valores de resistencia son válidos sólo para los parámetros indicados. Los valores varían para conductores de distinto cableado y sobre todo para otras temperaturas. La fórmula para otras temperaturas es:  $R_2 = R_1 [1 + \alpha (T_2 - 75)]$ , donde  $\alpha = 0,00323$  para el cobre y  $\alpha = 0,00330$  para el aluminio. Los conductores con cableado compacto y comprimido tienen aproximadamente un 9 y 3% menos de diámetro respectivamente de los conductores desnudos que aparecen en la Tabla.

## **B) LEYES Y NORMAS**

La NOM-001-SEDE-2005, en el artículo 695, trata todo lo relacionado con la alimentación eléctrica de las bombas contra incendios. A continuación se explica a detalle todos los puntos de dicho artículo.

#### **695-1. Alcance**

**a) Alcance.** *Este artículo cubre la instalación de:*

- 1) Las fuentes de energía de suministro y circuitos de conexión para las bombas, y*
- 2) Equipo de interrupción y control de los motores de las bombas.*

**b) Exclusiones.** *Este Artículo no cubre:*

- 1) El funcionamiento, mantenimiento y pruebas de aceptación de las instalaciones de las bombas contra incendios, ni de las conexiones internas de los componentes de dichas instalaciones.*
- 2) Bombas de mantenimiento de presión (auxiliares o de cebado).*

En esta parte, se indica cual es el alcance de la norma con respecto a las bombas contra incendios. Se observa que no se cubre el funcionamiento, mantenimiento, pruebas, etc., así como tampoco se cubre la bomba de cebado. Ciertas normas tratan lo relacionado a las exclusiones del artículo 695, como la NFPA-20, que cubre el funcionamiento de las bombas contra incendio.

**695-2. Otros artículos.** *La instalación de los cables y equipos para bombas contra incendios debe cumplir lo establecido en los capítulos 1 a 4 de esta norma.*

**NOTA:** *Véase 240-3 a)*

**Excepción:** *Las que se permitan en este artículo.*

Existen puntos que el artículo 695 no cubre, como lo es la puesta a tierra de los equipos. En tal caso, se aplica lo establecido en el artículo 250.

También se establece que los conductores de las BCI no deben protegerse contra sobrecarga pero si deben llevar protección contra cortocircuitos.

#### **695-3. Fuentes de suministro de los motores de bombas contra incendios.**

**a)** *La corriente eléctrica debe llegar a los motores eléctricos de bombas contra incendios a través de uno o más de los siguientes medios:*

- 1) **Acometida.** Cuando el motor reciba energía desde una acometida, debe estar situado e instalado de modo que se reduzcan al mínimo los riesgos de daño por los incendios producidos en el interior del edificio o por otros riesgos.
  - 2) **Generadores internos.** Cuando el motor reciba energía de generadores instalados en el edificio, estos deben estar protegidos de modo que se reduzcan al mínimo los riesgos de daños por los incendios producidos.
- b) Si el motor recibe la energía de otra acometida o de una conexión situada en un punto anterior al medio de desconexión de la acometida, la instalación debe cumplir lo siguiente:
- 1) Excepción 1 de 230-2.
  - 2) 230-72(b).
  - 3) Excepción 5 de 230-82.

Cuando el motor reciba corriente eléctrica de una conexión situada en un punto anterior al medio de desconexión de la acometida, dicha conexión no debe estar situada en el mismo compartimento en el que esté instalado el medio de desconexión.

- c) Los conductores de conexión deben conectar directamente la fuente de suministro a un controlador aprobado para bombas contra incendios.

**Excepción 1:** Se permite instalar un medio de desconexión y uno o más dispositivos de protección contra sobrecorriente entre la fuente de suministro y el controlador aprobado. Dicho medio de desconexión y dispositivo o dispositivos de sobrecorriente deben cumplir los siguientes requisitos:

- a. Los dispositivos de sobrecorriente se deben elegir o programar de modo que soporten indefinidamente la suma de las corrientes eléctricas a rotor bloqueado, de todos los motores de las bombas contra incendios y de las bombas auxiliares, mas la capacidad de corriente eléctrica a plena carga de todos los accesorios eléctricos de las bombas que estén conectados a dicha fuente de suministro.
- b. Los medios de desconexión deben estar aprobados como adecuados para su uso como equipo de la acometida y se deben poder bloquear en posición cerrada.
- c. En la parte exterior del medio de desconexión se debe instalar una placa con el mensaje “Medio de desconexión de la bomba contra incendios”, en letras de 2,5 cm de alto como mínimo.
- d. Al lado del controlador de la bomba contra incendios se debe instalar otra placa que indique la posición del medio de desconexión y lugar de la llave, si el medio la requiere.
- e. El medio de desconexión se debe poder supervisar en posición cerrada por uno de los medios siguientes:

- a. *Por medio de un dispositivo de señales conectado a un puesto central, un puesto remoto o de otro tipo especial.*
- b. *Por medio de un sistema de señales que avise a través de una señal sonora producida en un lugar con vigilancia constante.*
- c. *Bloqueándolo en su posición cerrada.*
- d. *Cuando el medio de desconexión esté situado en locales cerrados o en edificios supervisados por el propietario, instalando una forma de sellado en el medio de desconexión e inspeccionándolo semanalmente.*

**Excepción 2:** *Cuando la tensión eléctrica de suministro sea distinta a la del motor de la bomba, se debe instalar un transformador que cumpla los requisitos indicados en 695-5 y un medio de desconexión y uno o varios dispositivos de protección contra sobrecorriente que cumplan los requisitos de la Excepción 1 anterior.*

Lo primero que hay que decir, es que la fuente de alimentación de la bomba contra incendios debe ser confiable, puesto que así será posible, en caso de incendio, que la bomba funcione hasta que el incendio sea extinguido, la bomba sea apagada deliberadamente o bien, se destruya.

El artículo dice que un edificio puede tener dos acometidas en el caso que una sea para la bomba contra incendios (Excepción 1 de 230-2).

Los medios de desconexión de la bomba contra incendios y del suministro normal de energía deben estar lo suficientemente separados para reducir al mínimo la posibilidad de corte simultáneo de energía (230-72(b)).

En el caso de las bombas contra incendios, se puede hacer una derivación en el lado suministro de los medios de desconexión de la acometida (Excepción 5 de 230-82). En este caso, la conexión de la derivación no debe ser hecha en el compartimiento del medio de desconexión.

El artículo indica que la alimentación debe ser directa desde el suministro hasta el controlador de la(s) bomba(s) contra incendios. En la práctica normalmente se requiere que haya dispositivos de desconexión y de protección contra sobrecorriente, lo cual es permitido gracias a las excepciones del artículo. No se permite proteger los conductores contra sobrecarga puesto que la apertura del circuito podría crear un riesgo (240-3(a)).

El método para hacer el cálculo de los dispositivos de sobrecorriente, se ilustra con el siguiente ejemplo:

❖ Cálculo de la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente instalado entre la fuente del suministro y su controlador, para una bomba contra incendios de 100 [HP] y una bomba auxiliar de 1.5 [HP], ambas de 3Ø, 460[V], diseño B; considerando despreciable la corriente de los accesorios del sistema.



Los valores de las corrientes a rotor bloqueado se obtienen de la Tabla 430-151 B, y son:

Motor de 100 [HP]	725 [A]
Motor de 1.5 [HP]	20 [A]

Sumando las corrientes tenemos la corriente para la selección del interruptor:

$$I_{int} = 725 [A] + 20 [A]$$

$$I_{int} = 745 [A]$$

Por lo tanto se tiene que la capacidad del dispositivo de protección contra sobrecorriente es de 800 [A], o bien, un interruptor automático de disparo ajustable calibrado 750 [A].

**Tabla 430-151 B.** Conversión de corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado  
Para motores polifásicos, diseños B, C, D y E para la selección de controladores y medios de desconexión de acuerdo con la tensión eléctrica nominal y potencia nominal en kW.  
(Para ser utilizada solamente con las secciones 430-110, 440-12, 440-41, y 455-8(c)).

kW	C P	Corriente eléctrica máxima a rotor bloqueado (2 y 3 fases y diseños B, C, D y E)											
		115 V		200 V		208 V		230 V		460 V		575 V	
		B,C, D	E	B,C, D	E	B,C, D	E	B,C, D	E	B,C, D	E	B,C, D	E
0,37	½	40	40	23	23	22,1	22,	20	20	10	10	8	8
0,56	¾	50	50	28,8	28,	27,6	1	25	25	12,5	12,	10	10
0,75	1	60	60	34,5	8	33	27,	30	30	15	5	12	12
1,12	1	80	80	46	34,	44	6	40	40	20	15	16	16
1,50	½	100	10	57,5	5	55	33	50	50	25	20	20	20
2,25	2		0	73,6	46	71	44	64	73	32	25	25,6	29,
3,75	3			105,	57,	102	55	92	122	46	36,	36,8	2
5,60	5			8	5	140	81	127	183	63,5	6	50,8	48,
7,50	7			146	84	179	135	162	225	81	61	64,8	8
11,2	½			186,	140	257	202	232	337	116	91,	93	73,
14,9	10			3	210	321	249	290	449	145	5	116	2
2	15			267	259	404	373	365	562	183	113	146	90
18,6	20			334	388	481	497	435	674	218	169	174	135
5	25			420	516	641	621	580	824	290	225	232	180
22,4	30			500	646	802	745	725	103	363	281	290	225
29,8	40			667	775	962	911	870	0	435	337	348	270

4	50			834	948	1200	113	1085	123	543	412	434	330
37,3	60			1001	118	1603	9	1450	6	725	515	580	412
44,8	75			1248	5	2007	136	1815	154	908	618	726	494
55,9	10			1668	142	2400	7	2170	5	1085	773	868	618
5	0			2087	1	3207	170	2900	187	1450	937	1160	749
74,6	12			2496	177		8		3	1825	117	1460	936
0	0			3335	7		207		234	2200	1	1760	112
93,0	15				215		1		1	2550	140	2040	4
119,	0				4		258		280	2900	5	2320	149
9	20				269		9		9	3250	187	2600	8
150	0				2		310		374	3625	3	2900	187
187	25				323		6		5		234		5
224	0				0		414				4		224
261	30				430		1				280		7
298	0				7						9		262
336	35										327		2
373	0										7		299
	40										374		6
	0										5		337
	45										421		1
	0										4		374
	50										468		6
	0										2		

**695-4. Bombas contra incendios con varias fuentes de suministro.**

**a) Varias fuentes de suministro.** Cuando no sea posible disponer de una fuente de suministro eléctrico confiable según se establece en 695-3(a), esto se debe conseguir por medio de:

- 1) la combinación de dos o más de los medios anteriormente descritos, o
- 2) con uno o más de esos medios y un grupo generador en el sitio. Las fuentes de suministro se deben conectar de modo que un incendio en una de ellas no impida que funcionen las demás.

**b) Conexión directa.** Los conductores de suministro deben conectar directamente las fuentes de suministro a una combinación aprobada de controlador de bomba y desconector de transferencia o a un medio de desconexión y a uno o más dispositivos de protección contra sobrecorriente que cumplan los requisitos indicados en la Excepción 1 de 695-3(c).

**Excepción:** Cuando una de las fuentes alternativas de suministro sea un grupo generador instalado en el edificio, el medio de desconexión y los dispositivos de sobrecorriente de

*dichos conductores se deben elegir o programar para que permitan la transferencia instantánea y el funcionamiento de todos los motores de las bombas.*

#### **695-5.Transformadores.**

**a) Capacidad admisible.** *Cuando se utilice un transformador exclusivamente para una instalación de bombas contra incendios, su capacidad nominal debe ser como mínimo 125% de la siguiente cantidad:*

- 1) La corriente eléctrica a plena carga de todos los motores de las bombas, más*
- 2) La corriente eléctrica a plena carga de todos los motores de las bombas auxiliares que estén conectados al mismo circuito, más*
- 3) La corriente eléctrica a plena carga de todos los demás accesorios de las bombas que estén conectados al mismo circuito.*

**Nota:** *Para la selección de las corrientes a plena carga de los motores, véase lo establecido en la Sección 430-6.*

#### **b) Protección contra sobrecorriente**

- 1) No se permite instalar protección contra sobrecorriente en el secundario.*
- 2) Se permite seleccionar o programar el dispositivo de protección contra sobrecorriente del primario a 600% de la corriente eléctrica nominal a plena carga del transformador. Ese valor debe bastar para transportar indefinidamente una corriente eléctrica equivalente a la del secundario del transformador, es decir, la suma de:
  - a. La corriente eléctrica a rotor bloqueado de todos los motores de las bombas.*
  - b. La corriente eléctrica a rotor bloqueado de todos los motores de las bombas auxiliares que estén conectados al mismo circuito.*
  - c. La corriente eléctrica a plena carga de todos los demás accesorios de las bombas que estén conectados al mismo circuito.**

**NOTA:** *Los motores deben ser de diseño B y para las corrientes a rotor bloqueado de los motores de 3,75 kW (5 CP) tomar la letra de código J, para 5,60 kW y 7,50 kW (7,5 CP y 10 CP) la letra de código H y para 11,2 kW (15CP) y mayores, la letra de código G, ver las tablas 430-7 b) y 430-151 b), para referencias.*

#### 695-7. Ubicación del equipo.

- a) **Ubicación de los controladores y del desconector de transferencia.** Los controladores de los motores eléctricos de las bombas y de los desconectores de transferencia, deben estar situados lo más cerca posible de los motores que controlan y a la vista de ellos.
- b) **Ubicación de los controladores de otros motores.** Los controladores de los demás motores eléctricos deben estar situados lo más cerca posible de los motores que controlan y a la vista de ellos.
- c) **Almacenamiento de baterías.** Las baterías de los motores diesel deben estar en un estante sobre el suelo, o bien sujetas y situadas donde no estén expuestas a temperatura excesiva, vibraciones, daño mecánico o al agua.
- d) **Partes energizadas de equipo.** Todas las partes de equipo que puedan estar energizadas deben estar situadas a 30 cm como mínimo sobre el nivel del suelo.
- e) **Controladores y desconectores de transferencia.** Los controladores de motores y los desconectores de transferencia deben estar situados o protegidos para que no les llegue el agua procedente de las bombas o de sus conexiones.
- f) **Equipo de mando.** Todos los equipos de control de las bombas contra incendios deben estar sujetos a estructuras de material no combustible.

#### 695-8. Alambrado.

- a. **Conductores de suministro.** Los conductores de suministro deben instalarse por la parte exterior de las construcciones y tratarse como conductores de la acometida, de acuerdo con las disposiciones del Artículo 230 de esta norma. Cuando no puedan instalarse por fuera del edificio, se permite instalarlos por dentro, siempre que estén enterrados o encerrados bajo concreto de un espesor mínimo de 50 mm, como lo establece el Artículo 230.

**Excepción 1:** Se permite que los conductores de suministro de las bombas contra incendios a los que se refiere la Excepción 1 de 695-3(c), pasen a través del edificio si están conectados a sistemas de protección aprobados con clasificación a prueba de flama de una hora como mínimo. Estas instalaciones deben cumplir las limitaciones establecidas para la aprobación de dichos sistemas.

**Excepción 2:** Los conductores de suministro que haya en el cuarto de distribución del que se deriven y el cuarto de máquinas de las bombas.

- b. **Métodos de alambrado.** Todos los cables que vayan desde los controladores de los motores de las bombas hasta dichos motores, deben instalarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, metálico flexible a prueba de líquidos o ser cables de Tipo MI.

**c. Conductores.** Los conductores deben estar protegidos solamente contra cortocircuito según se permita o exija en lo siguiente:

- 1) Excepción 4 de 230-90(a)
- 2) Excepción de 230-94
- 3) Excepción 2 de 230-95
- 4) Sección 230-208.
- 5) Sección 240-3(a).
- 6) Excepción 2 de 240-13
- 7) Sección 430-31.
- 8) Excepción 4 de 430-72(b)
- 9) Excepción 5 de 430-72(c).

**Excepción:** Los conductores entre las baterías y el motor.

**d. Controladores de las bombas contra incendios.** Los controladores de las bombas contra incendios no se deben usar como cajas de empalmes para conectar a otro equipo. Tampoco se deben conectar a los controladores de las bombas contra incendios, los conductores de suministro de las bombas auxiliares.

**e. Tensión eléctrica en las terminales de la red.** Cuando se pongan en marcha los motores, la tensión eléctrica de las terminales de la red en el control no debe caer más de 15% por debajo de su valor normal (tensión eléctrica nominal del controlador). Cuando el motor funcione al 115% de su corriente eléctrica a plena carga, la tensión eléctrica en las terminales del motor no debe caer más de 5% de la tensión eléctrica nominal del motor.

**Excepción:** Esta limitación no se aplica a la puesta en marcha de emergencia por medios mecánicos.

**f. Requisitos de alambrado.** Todos los cables entre los controladores de los motores y las baterías, se deben instalar siguiendo las instrucciones del fabricante del motor y del controlador. Estos cables deben protegerse contra daño físico.

## 695-9. Cables de control.

- a) **Circuitos conectados exteriormente a los controladores.** Los circuitos externos de control deben instalarse de manera que la falla de uno de ellos (circuito abierto o cortocircuito) no impida el funcionamiento de la bomba por otros medios internos o externos. La apertura, desconexión, cortocircuito o corte de corriente eléctrica en estos circuitos, pueden hacer que la bomba siga funcionando continuamente, pero no deben impedir que el controlador o controladores pongan en marcha la bomba por causas distintas a estos circuitos externos de control.
- b) **Instalación de sensores.** No se deben instalar sensores de de baja tensión eléctrica, de pérdida de fase, de cambios de frecuencia u otros que impidan automática o manualmente el funcionamiento del circuito del motor.
- c) **Dispositivos remotos.** No se deben instalar dispositivos remotos que impidan el funcionamiento automático del desconectador de transferencia.
- d) **Alambrado en el sitio.** Todos los conductores entre el controlador y el motor no eléctrico, deben ser cableados y tener una capacidad de conducción de corriente que les permita transportar continuamente toda la carga o corriente eléctrica de control necesaria, según las instrucciones del fabricante del controlador. Los cables deben estar protegidos contra daño físico. En cuanto a la separación y tamaño nominal de los cables, se deben seguir las instrucciones del fabricante del control.
- e) **Métodos de alambrado.** Todos los cables de control de los motores eléctricos de bombas contra incendios deben ir instalados en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, metálico flexible prueba de líquidos, o ser cables de tipo MI.

## ***NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DEL EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL DE 2004.***

### **Previsiones contra incendio.**

El Director Responsable de Obra y los Corresponsables de Instalaciones y de Diseño Urbano y Arquitectónico deben considerar lo establecido en esta Norma e incluir los criterios de diseño y las resistencias de los materiales en la Memoria Descriptiva, en su caso, lo dispuesto en las siguientes Normas Oficiales Mexicanas relativas a la seguridad, fabricación y selección de equipos para el combate de incendios:

NOM-002-STPS “Condiciones de seguridad – Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo”.

NOM-005-STPS “Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas”.

NOM-026-STPS “Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías”.

NOM-100-STPS “Seguridad - Extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida - Especificaciones”.

NOM-101-STPS “Seguridad - Extintores a base de espuma química”.

NOM-102-STPS “Seguridad - Extintores contra incendio a base de bióxido de carbono- Parte 1: recipientes”

NOM-103-STPS “Seguridad - Extintores contra incendio a base de agua con presión contenida”.

NOM-104-STPS “Seguridad- Extintores contra incendio a base de polvo químico seco tipo ABC, a base de fosfato mono amónico”.

NOM-106-STPS “Seguridad - Agentes extinguidores - Polvo químico seco tipo BC, a base de bicarbonato de sodio”.

### **Grado de riesgo de incendio en las edificaciones.**

Con base en el artículo 90 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, las edificaciones se clasifican en función al grado de riesgo de incendio, de acuerdo a sus dimensiones, uso y ocupación conforme lo que establecen las Tablas 3.5-A y 3.5-B.

**TABLA No. 3.5-A.**

CONCEPTO	GRADO DE RIESGO PARA EDIFICACIONES NO HABITACIONALES		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Altura de la edificación (en metros)	Hasta 25	No aplica	Mayor a 25
Número total de personas que ocupan el local incluyendo trabajadores y visitantes	Menor de 15	Entre 15 y 250	Mayor de 250
Superficie construida ( metros cuadrados)	Menor de 300	Entre 300 y 3000	Mayor de 3,000
Inventario de gases inflamables (en litros)	Menor de 500	Entre 500 y 3,000	Mayor de 3,000
Inventario de líquidos inflamables (en litros)	Menor de 250	Entre 250 y 1,000	Mayor de 1,000
Inventario de líquidos combustibles (en litros)	Menor de 500	Entre 500 y 2,000	Mayor de 2,000
Inventario de sólidos combustibles (en kilogramos)	Menor de 1,000	Entre 1,000 y 5,000	Mayor de 5,000
Inventario de materiales pirofóricos y explosivos	No existen	No existen	Cualquier cantidad

**TABLA No. 3.5-B.**

CONCEPTO	GRADO DE RIESGO PARA EDIFICACIONES CON VIVIENDA		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Edificaciones con uso exclusivo de vivienda	Hasta seis niveles	Más de seis y hasta diez niveles	Más de diez niveles
Usos mixtos	De acuerdo al riesgo del uso no habitacional		

**Resistencia al fuego.**

Los elementos constructivos, sus acabados y accesorios en las edificaciones, en función del grado de riesgo, deben resistir al fuego directo sin llegar al colapso y sin producir flama o gases tóxicos o explosivos, a una temperatura mínima de 1200° K (927° C) durante el lapso mínimo que establece la siguiente tabla y de conformidad a la NMX-C-307 “Industria de la construcción - edificaciones- componentes - resistencia al fuego - determinación”.

La resistencia mínima al fuego de los elementos constructivos, acabados y accesorios se establece en la siguiente tabla:



**TABLA 3.6.**

<b>GRUPO DE ELEMENTOS</b>	<b>RESISTENCIA MINIMA AL FUEGO (En minutos)</b>		
	Edificaciones de riesgo bajo	Edificaciones de riesgo medio	Edificaciones de riesgo alto
Elementos estructurales (Muros de carga, exteriores o de fachadas; columnas, vigas, travesaños, arcos, entrepisos, cubiertas)	60	120	180
Escaleras y rampas	60	120	180
Puertas cortafuegos de comunicación a escaleras, rampas y elevadores	60	120	180
Puertas de intercomunicación, muros divisorios y cancelas de piso a techo o plafón fijados a la estructura	60	60	120
Plafones y sus sistemas de sustentación	-	30	30
Recubrimientos a lo largo de rutas de evacuación o en locales donde se concentren más de 50 personas.	60	120	120
Elementos decorativos	-	30	30
Acabados ornamentales, tapicería, cortinajes y elementos textiles incorporados a la edificación	-	30	30
Campanas y hogares de fogones y chimeneas	180	180	180
Ductos de instalaciones de aire acondicionado y los elementos que los sustentan	120	120	120
Divisiones interiores y cancelas que no lleguen al techo	30	30	30
Pisos Falsos para alojar ductos y cableados	60	60	60

## **Equipos fijos.**

Los equipos fijos comprenden: Redes de Hidrantes, Redes de Rociadores y Redes de Inundación.

Las redes de hidrantes serán obligatorias para todas las edificaciones de grado de riesgo alto en las que se manejen almacenamientos de productos o materiales inflamables. Su uso es contraindicado en el caso de solventes, aceites y combustibles líquidos, así como en zonas de equipos eléctricos y electrónicos, por lo que se prohíbe su instalación en estaciones de servicio y en locales o áreas de equipos eléctricos.

Las redes de rociadores automáticos se permitirán con el objeto de incrementar la seguridad, que ofrecen las redes de hidrantes sin que puedan sustituir a estas últimas.

Las redes de inundación automática de gases o elementos inhibidores de la combustión, solo se permitirán para casos especiales en que se justifique plenamente su uso, en base al alto valor que representa el equipo o material a proteger y la imposibilidad de hacerlo por otros medios y cuando se garantice que se activarán las alarmas necesarias con el tiempo suficiente para el desalojo del personal en el recinto en que se apliquen.

## **Redes de hidrantes.**

Tendrán los siguientes componentes y características:

- I. Tanques o cisternas para almacenar agua en proporción a  $5 \text{ lt/m}^2$  construido, reservada exclusivamente a surtir a la red interna para combatir incendios. La capacidad mínima para este efecto será de 20,000 L;
- II. Dos bombas automáticas autocebantes cuando menos, una eléctrica y otra con motor de combustión interna, con succiones independientes para surtir a la red con una presión constante entre  $2.5$  y  $4.2 \text{ kg/cm}^2$  en el punto más desfavorable;
- III. Una red hidráulica para alimentar directa y exclusivamente las mangueras contra incendios, dotadas de tomas siamesas y equipadas con válvula de no retorno, de manera que el agua que se inyecte por la toma no penetre a la cisterna; la tubería de la red hidráulica contra incendio debe ser de acero soldable o fierro galvanizado C-40, y estar pintada con pintura de esmalte color rojo;
- IV. Tomas Siamesas de 64 mm de diámetro, 7.5 cuerdas por cada 25 mm, cople movable y tapón macho, equipadas con válvula de no retorno, de manera que el agua de la red no escape por las tomas siamesas. Se colocará por lo menos una toma de este tipo en cada fachada, y en su caso, una a cada 90 m lineales de fachada y se ubicará al paño del alineamiento a un metro de altura sobre el nivel de la banqueta;
- V. La red alimentará en cada piso, gabinetes o hidrantes con salidas dotadas con conexiones para mangueras contra incendios, las que deben ser en número tal que

cada manguera cubra una área de 30 m de radio y su separación no sea mayor de 60 m. Uno de los gabinetes estará lo más cercano posible a los cubos de las escaleras;

- VI. Las mangueras deben ser de 38 mm de diámetro, de material sintético, conectadas permanentemente y adecuadamente a la toma y colocarse plegadas o en dispositivos especiales para facilitar su uso. Estarán provistas de Pitones de paso variables de tal manera que se pueda usar como chiflones de neblina, cortina o en forma de chorro directo;
- VII. Deben instalarse los reductores de presión necesarios para evitar que en cualquier toma de salida para manguera de 38 mm se exceda la presión de 4.2 kg/cm<sup>2</sup>;
- VIII. La red de distribución debe ser calculada para permitir la operación simultánea de al menos 2 hidrantes por cada 3,000 m<sup>2</sup> en cada nivel o zona, y garantizar una presión que no podrá ser nunca menor 2.5 kg/cm<sup>2</sup> en el punto más desfavorable. En dicho cálculo se debe incluir además de la presión requerida en el sistema de bombeo, la de los esfuerzos mecánicos que resista la tubería, tales como golpe de ariete y carga estática; y el troncal principal no debe ser menor de 3" (75mm). Los ramales secundarios tendrán un diámetro mínimo de 2" (51 mm), excepto las derivaciones para salidas de hidrante que deben ser de 1½" (38 mm) de diámetro y rematar con una llave de globo en L, a 1.85 m s.n.p.t., cople para manguera de 1½" (38 mm) de diámetro y reductor de presiones, en su caso.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones Eléctricas.
- Zepeda, Sergio. “Manual de Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias, Aire, Gas y Vapor”. Editorial Limusa. Segunda Edición. México, D.F., 2004.
- NFPA 20. “Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios”. Edición 2007.
- Viejo Zubicaray, Manuel. Álvarez Fernández, Javier. “BOMBAS Teoría, Diseño y Aplicaciones”. Editorial Limusa. Tercera Edición. México, D.F., 2006.
- Protección Civil México, Tel: 316-0080 / \*335
- [www.lhcontrol.com/Control Sistema contra Incendios](http://www.lhcontrol.com/Control Sistema contra Incendios).
- Raúl Martín, José. “Diseño de subestaciones Eléctricas”. México, D.F. . UNAM Facultad de Ingeniería. Segunda Edición 2000. 545 pág.
- Enríquez Harper, Gilberto. “Protección de Instalaciones Eléctricas Industriales y Comerciales”. Editorial Limusa. México.
- <http://www.voltimum.es/index.jsp?universe=home>. Conductores resistentes al fuego.
- Sargent S., Jeffrey. Williams, Noel. “Manual de Inspección Eléctrica NFPA con listas de comprobación”. Basado en el Código Eléctrico Nacional 1999 NEC.