

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.

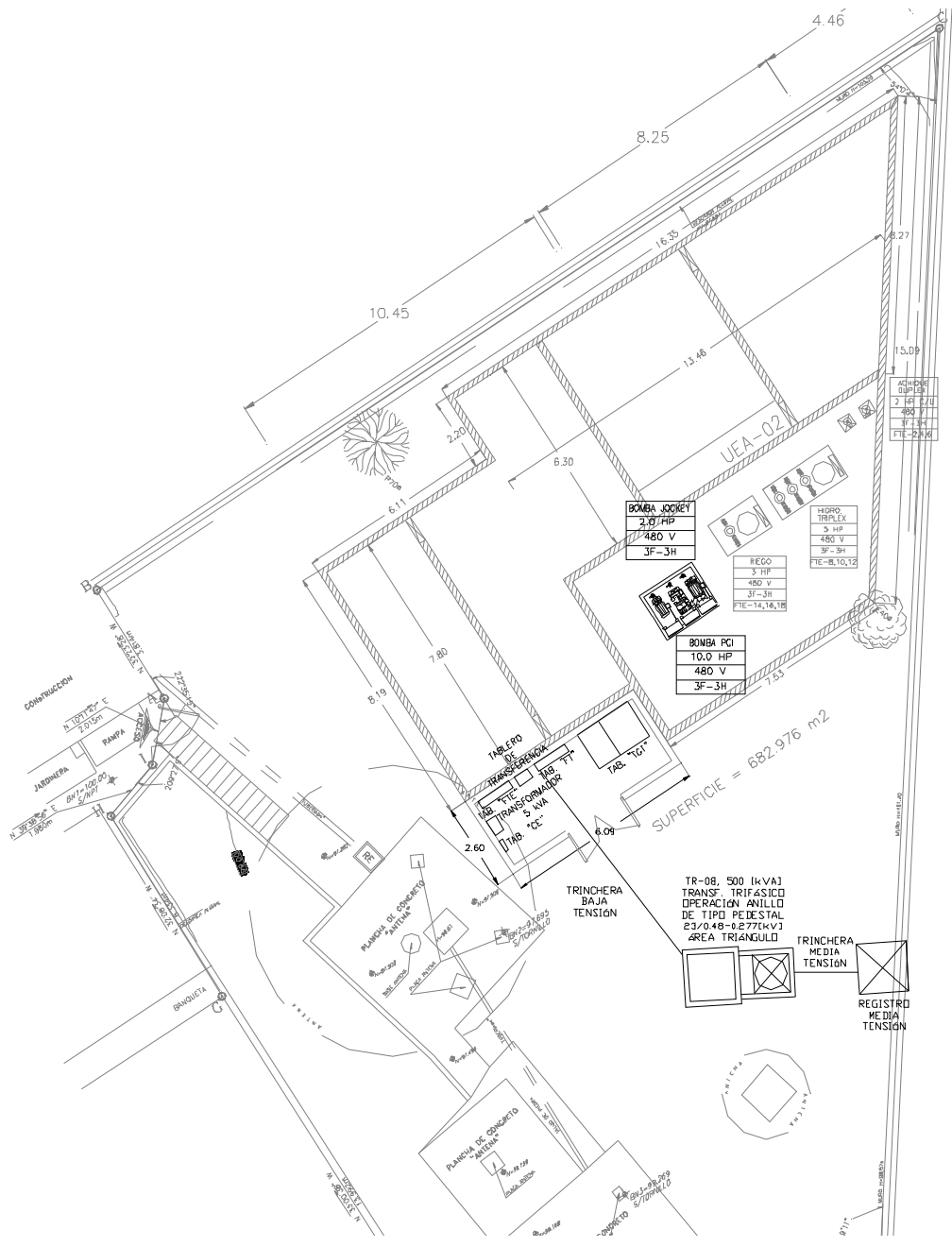
La memoria técnico descriptiva y de cálculo es la base y la sustentación de un proyecto eléctrico, y es en base a ella que se harán los planos eléctricos, la obra e incluso, la supervisión de la misma. En el caso de las bombas contra incendios, la memoria debe contener:

- **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.

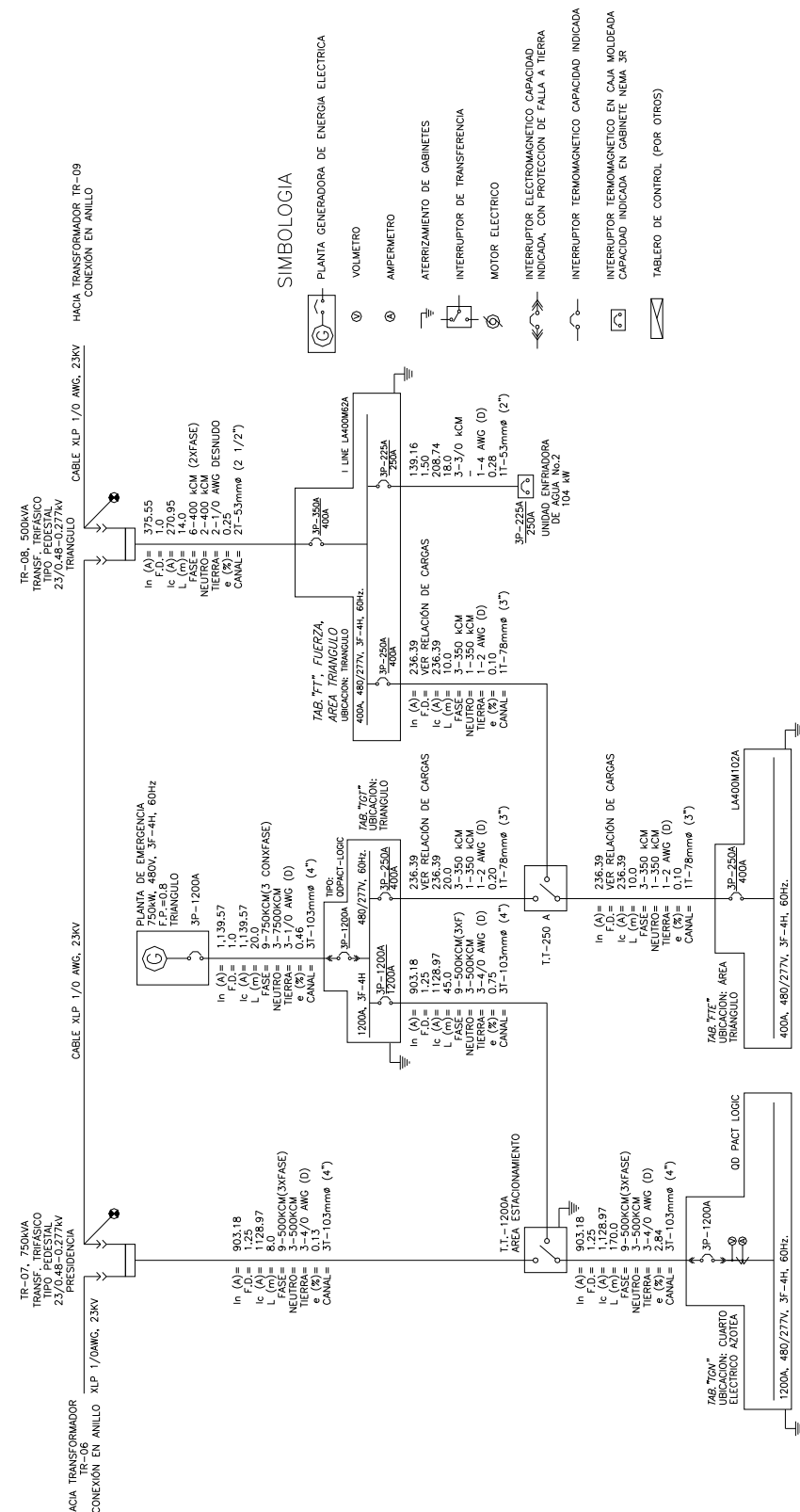
También se incluye el diagrama unifilar, en este caso denominado “Plano 2”. El diagrama unifilar nos proporciona una amplia visión del sistema eléctrico, ya que si solo se tuviera la información del Plano 1, no se podría determinar el funcionamiento de cada tablero en el sistema eléctrico general.



Plano 1. Cuarto eléctrico y sembrado de equipo.

DIAGRAMA UNIFILAR

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



Plano 2. Diagrama unifilar.

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:

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

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 fórmula 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 mm²

$e\%$ = 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 [mm²] 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:

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

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

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

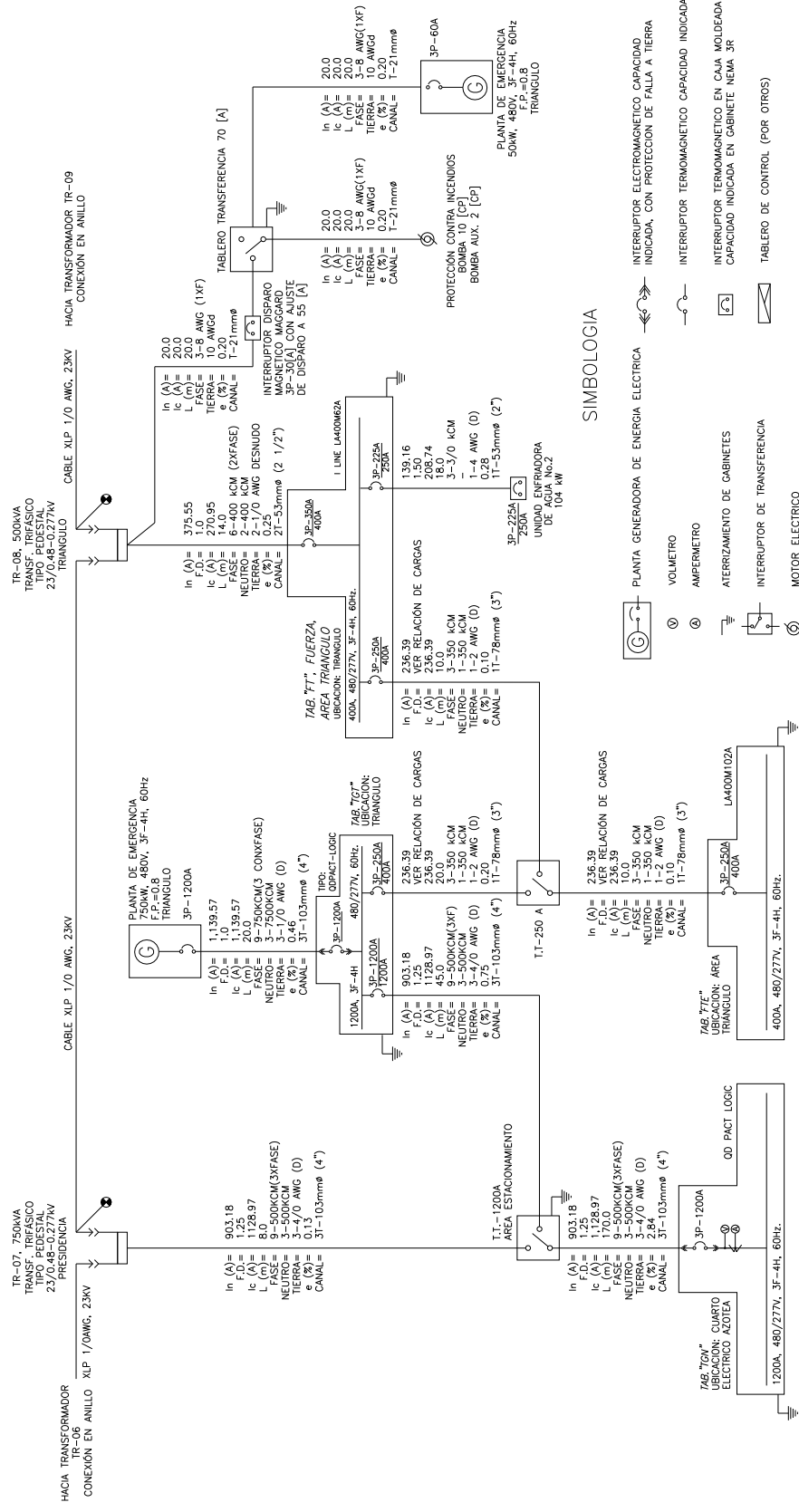
$$VA = \frac{W}{\cos \theta}$$

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

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



Plano 4. Diagrama unifilar.

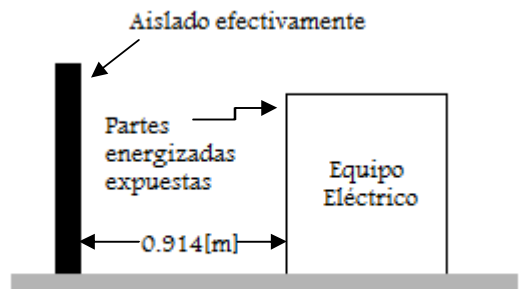
Espacios de trabajo.

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.

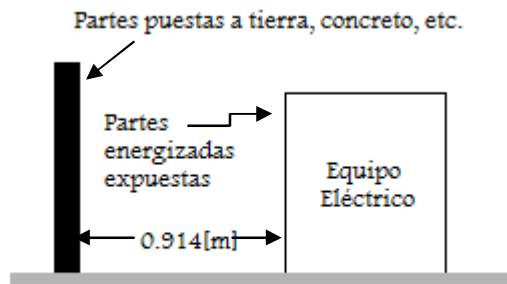
Se requieren espacios de trabajo específicos alrededor de los equipos que necesitan “examen, ajustes, reparaciones o mantenimiento mientras están energizados”. Muchos de los disyuntores, pueden necesitar abrirse mientras están energizados por lo cual se requiere considerar cada caso individualmente.

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

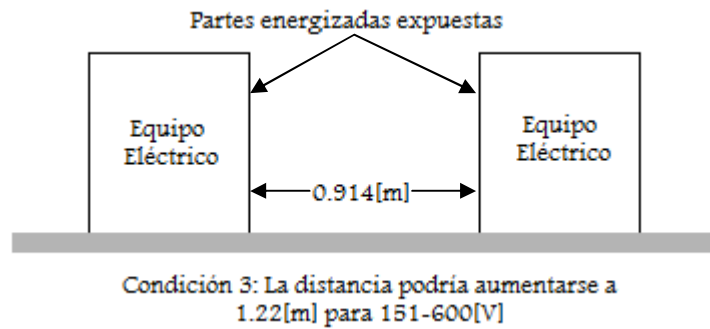
Las condiciones para la profundidad del espacio de trabajo general se muestran en los siguientes casos, en donde las distancias se miden desde las partes energizadas si están expuestas, o desde el encerramiento, si las partes están encerradas. Si cualquier ensamble es accesible desde la parte posterior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