



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Proyecto de una Instalación
Eléctrica Subterránea en
Baja Tensión para una
Granja Piscícola**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniera Mecánica Electricista

P R E S E N T A

Jeanett Araceli Castro González

ASESOR DE INFORME

Ing. David Vázquez Ortiz



Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2017

INDICE:

1) INTRODUCCIÓN.....	1
2) OBJETIVO.....	1
3) DESCRIPCION DE LA EMPRESA O MEDIO EN QUE LABORA	2
4) ANTECEDENTES.....	3
5) DEFINICION DEL PROBLEMA O CONTEXTO DE PARTICIPACION PROFESIONAL.....	4
6) METODOLOGIA UTILIZADA	5
7) RESULTADOS	5
7.1) UBICACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MÁQUINAS (CCM) Y DE LOS CENTROS DE CARGA PARA CADA ÁREA	5
7.2) ESTUDIO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA	7
7.3) CALCULO DEL CONDUCTOR PORTADOR DE CORRIENTE	9
7.4) CALCULO DEL CONDUCTOR A TIERRA	14
7.5) CALCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	14
7.6) DISEÑO DE LA INSTALACIÓN SUBTERRÁNEA PARA LOS CONDUCTORES	15
7.7) SELECCIÓN DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE Y CALENTAMIENTO DE LOS CONDUCTORES	19
8) CONCLUSIONES	20
9) BIBLIOGRAFIA	21
TABLA 310-13. CONDUCTORES – AISLAMIENTOS Y USOS	22
TABLA 310-13. CONDUCTORES – AISLAMIENTOS Y USOS (CONTINUACIÓN)	23
TABLA 310-15 FACTORES DE AJUSTE PARA MÁS DE TRES CONDUCTORES PORTADORES DE CORRIENTE EN UNA CANALIZACION O CABLE	24

TABLA 310-17 CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMISIBLE DE CONDUCTORES SENCILLOS AISLADOS PARA 0 A 2,000 V NOMINALES AL AIRE LIBRE Y TEMPERATURA AMBIENTE DE 30°C **25**

TABLA 310-18 FACTORES DE AJUSTE PARA MÁS DE TRES CONDUCTORES PERMISIBLE DE TRES CONDUCTORES AISLADOS INDIVIDUALES DE 0 A 2,000 V DE 150°C A 250°C, EN CANALIZACIONES O CABLE, PARA UNA TEMPERATURA DE 40°C. **26**

TABLA 10-8 PROPIEDADES DE LOS CONDUCTORES **27**

TABLA 10-4 DIMENSIONES DE TUBO (CONDUIT) METÁLICO TIPO PESADO SEMIPESADO Y LIGERO Y AREA DISPONIBLE PARA LOS CONDUCTORES **28**

1) INTRODUCCIÓN .

La tecnificación de las granjas piscícolas permite a productores convertir el sistema tradicional en un sistema intensivo permitiendo incrementar su producción. Esta tecnificación, en el caso de la granja piscícola donde laboré, consistió en la instalación de una red para la distribución de energía eléctrica e instalación de equipos de aireación para aumentar su producción.

La granja piscícola se encuentra ubicada al sur del estado de Morelos. Inicio sus operaciones con la producción de peces en 5 estanques, pero fue creciendo hasta llegar a 15 en la primer etapa, utilizando un sistema de bombeo de agua para relleno y oxigenación con bombas de gasolina.

Con el proyecto de la red eléctrica se cubrirán las necesidades de iluminación, servicios y bombeo de la granja piscícola en la primera etapa de crecimiento así como para su futuro crecimiento.

El proyecto de red eléctrica se realizó con base en la norma oficial mexicanas NOM-001-SEDE-2005, lo cual garantiza el uso de la energía eléctrica en forma segura. Esta norma establece las especificaciones y lineamientos de carácter técnico, así como procedimientos y metodología que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades.

2) OBJETIVO:

Realizar el proyecto de una red eléctrica que distribuya la energía eléctrica de baja tensión de una granja piscícola.

3) DESCRIPCION DE LA EMPRESA O MEDIO EN QUE LABORA.

En el año 2011 trabajé en una empresa dedicada al desarrollo de proyectos eléctricos, en la cual, como parte importante y crucial de la experiencia profesional obtenida fue mi participación en el “Programa de Ahorro de Energía Eléctrica de la Planta Baxter 2000-2015 en Jiutepec, Morelos”. Este programa ganó un premio en 2010, el cual es promovido y administrado por el Fideicomiso de Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) y concedido por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), este premio se implementó desde 1990 como estímulo a los usuarios por su compromiso para alcanzar una mejor eficiencia energética en sus instalaciones.

Durante el periodo del 2011 al 2012 mi participación en la empresa contratista consistió en la certificación de las instalaciones eléctricas bajo la NOM-001 SEDE 2005 y en proyectos de sustitución de equipo por otros de mayor eficiencia.

Para lograr la certificación eléctrica, una empresa necesita, primero, revisar sus instalaciones eléctricas y equipo y hacer las adecuaciones necesarias, de acuerdo con la norma, posteriormente tiene que solicitar la certificación a través de una UVIE (Unidad de Verificación en Instalaciones Eléctricas). Estas unidades desempeñan un papel fundamental ya que verifican el cumplimiento de las normas de las instalaciones eléctricas.

La parte de certificación de las instalaciones eléctricas, me permitió conocer a fondo las normas oficiales mexicanas, que establecen las especificaciones y lineamientos para su uso en cualquier aplicación.

En los conocimientos adquiridos en la vida académica se encuentran las bases para poder hacer cálculos e interpretar planos eléctricos y normas eléctricas. Pero, en la vida profesional, se adquieren, con la práctica, conocimientos adicionales y, ya con las herramientas básicas, nos permiten tener criterios y obtener metodologías que muchas veces no están escritas en ningún documento o libro. Es parte de la experiencia profesional del día a día en el campo laboral.

Las normas oficiales mexicanas en la rama eléctrica forman parte de las bases para el diseño e implementación de instalaciones eléctricas. Son regulaciones técnicas con especificaciones, procedimientos y metodología a los que deben ajustarse tales instalaciones.

La experiencia obtenida en la empresa contratista me impulsó a realizar trabajos eléctricos de manera independiente, como empresaria. Así, en Agosto del 2012, inicié operaciones como persona física con actividad empresarial en la realización de proyectos y construcción de redes eléctricas.

Uno de los primeros proyectos realizados fue el diseño de una red de electrificación para un rancho en la población de Jojutla Morelos. Este rancho utilizaba generadores a gasolina para el alumbrado, servicios y bombeo. Una parte importante de su consumo es su sistema de bombeo para la oxigenación de estanques de la granja piscícola.

Mi puesto de trabajo contempla la negociación con los clientes, participación en el desarrollo del proyecto así como la supervisión de la construcción; adquisición y logística del material, herramientas; contratación de personal, programación de actividades, tramites en CFE.

4) ANTECEDENTES

La granja piscícola se encuentra ubicada al sur de Jojutla, Morelos, en terrenos de siembra de caña. La línea de media tensión, a 13.5KV, se encuentra a 488 metros. Por ser un proyecto de electrificación rural, el costo de la línea para la interconexión con CFE y el transformador sería costeados y propiedad del cliente. Así, la red se dividirá en dos partes: la red de media tensión y la red de baja tensión. Este proyecto abarcará sólo la parte de la red de baja tensión. El alcance del diseño de la red de baja tensión va desde el transformador hasta un centro de control de máquinas (CCM) y la red de distribución a los diferentes servicios.



Fig. 1. Interconexión con red de media tensión de CFE.

5) DEFINICION DEL PROBLEMA O CONTEXTO DE PARTICIPACION PROFESIONAL.

Con este proyecto se pretende dar solución a las necesidades de energía eléctrica a cada uno de los servicios requeridos por la granja piscícola de manera confiable, eficiente y continua que permita la tecnificación de la misma.

El proyecto considera las siguientes actividades con sus alcances respectivos:

- 1) *Ubicación del centro de control de máquinas (CCM) y de los centros de carga para cada área.*
- 2) *Estudio de la demanda de energía.*
- 3) *Cálculo del conductor del transformador al CCM.*

Para ello se planteará un proyecto de red eléctrica de baja tensión basado en las normas técnicas mexicanas, como la NOM-001 SEDE 2005, asegurando, de esta forma, proporcionar un diseño de las redes eléctricas con los altos niveles de seguridad.

Por encontrarse cerca de las líneas de alta tensión y a solicitud del cliente, se requiere que la instalación eléctrica del sitio sea del tipo subterránea. De esta manera se tendrá la seguridad, calidad y estética necesaria solicitada por el cliente.



Figura 2. Ubicación del sitio.

6) METODOLOGIA UTILIZADA

El cálculo y diseño eléctrico de la red eléctrica de baja tensión se realizó de acuerdo con lo establecido en la norma de instalaciones eléctricas y por el método de la caída de tensión.

7) RESULTADOS

7.1 Ubicación del centro de control de máquinas (CCM) y de los centros de carga para cada área.

A solicitud del cliente, la red de baja tensión se dividió en cuatro áreas principales: Restaurante, Caballerizas, Granja Piscícola o CCM y Casa de Vigilancia, ya que de esta manera se puede administrar mejor, como diferentes unidades de negocio. Como se observa en la figura 3, se tienen divididas las áreas con colores a saber: color rojo granja piscícola, color verde restaurante, color cian caballeriza y color rosa la casa de vigilancia.

Las distancias que tenemos del transformador a cada área son:

- *De la acometida al CCM: 105 metros.*
- *De la acometida al restaurante: 87 metros.*
- *De la acometida a las caballerizas: 61 metros.*
- *De la acometida a la caseta de vigilancia: 20 metros.*

En el diseño de la red se considera, para el cálculo del conductor, la distancia desde la acometida al CCM, punto desde el cual se distribuirá al resto de diferentes áreas.

En el área de la granja piscícola se considera la ubicación del CCM, que concentrará el sistema de bombeo de la granja piscícola. En este punto se colocará un tablero desde el que se controlará el encendido de las bombas.

La ubicación de centros de carga de cada área nos permitirá conocer las distancias de los conductores y así obtener la caída de tensión.

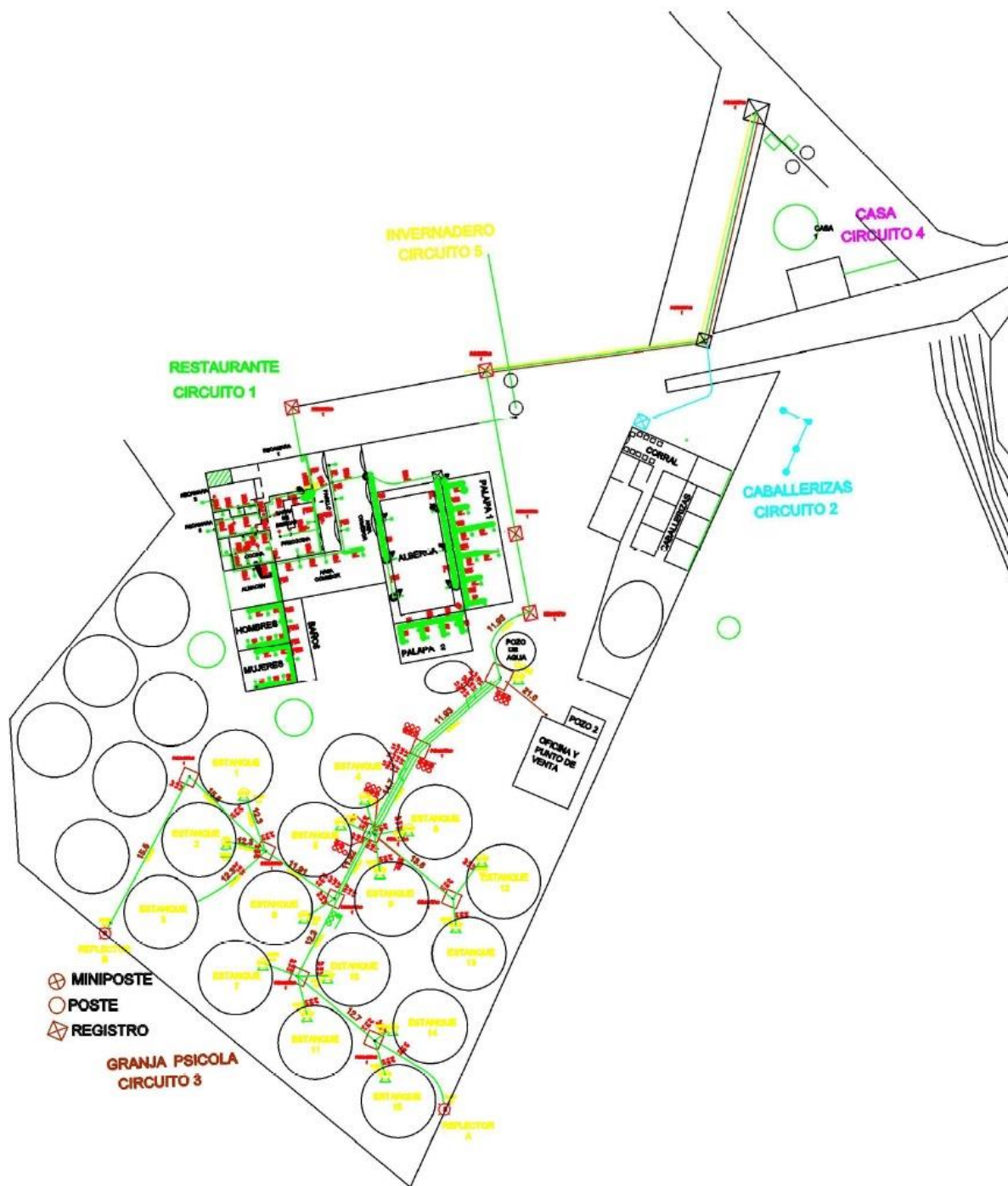


Figura 3 Ubicación de las cuatro áreas principales de la granja piscícola:

Restaurante, Caballerizas, Granja Piscícola y Casa de Vigilancia.

7.2 Estudio de la demanda de energía.

Para el diseño de la red principal, se realizó primero un estudio de la demanda de energía, se consideraron las demandas actuales y las demandas futuras, de cada área. Esta información se concentró en un Cuadro de Cargas y se dividió la carga en 3 fases. Se indica la carga total, el factor de demanda, la carga demandada y un valor de desbalance que para las redes trifásicas es un parámetro que se debe cuidar ya que CFE penaliza cuando la red presenta desbalance de cargas en los sistemas trifásicos.

Las cargas se distribuyeron entre las fases del sistema trifásico, lo más balanceado que fue posible, como lo muestra el cuadro de cargas de la Tabla 1.

CUADRO DE CARGAS				
DESCRIPCION DEL CIRCUITO	WATTS/FASE			CARGA
	A	B	C	
GRANJA PSICOLA				
BOMBA 1 CENTRIFUGA 5.5 HPs	1368	1368	1368	
BOMBA CENTRIFUGA 10HPs	2486	2486	2486	
BOMBA 2 CENTRIFUGA 5.5 HPs	1368	1368	1368	
12 BOMBAS CENTRIFUGAS DE 0.5 HPs	1492	1492	1492	
LINEA 1 CENTRO DE MAQUINAS	1865			5 BOMBAS CENTRIFUGAS DE 0.5HPs
	50			1 REFLECTOR DE LED
	900			5 CONTACTOS 180W
LINEA 2 CENTRO DE MAQUINAS		1865		5 BOMBAS CENTRIFUGAS DE 0.5HPs
		50		1 REFLECTOR DE LED
		900		5 CONTACTOS 180W
LINEA 3 CENTRO DE MAQUINAS			1865	5 BOMBAS CENTRIFUGAS DE 0.5HPs
			50	1 REFLECTOR DE LED
			900	5 CONTACTOS 180W
CASA VIGILANCIA	150			3 REFLECTORES DE LED
	55			5 FOCOS AHORRADORES 11 Ws
	540			3 CONTACTOS 180W
RESTAURANTE				
COCINA		750	1500	3 REFRIGERADORES DE 750w
AREA CLIENTE		180	245	1 CONTACTO DE 180W, 3 FOCOS DE 23W Y 16 DE 11W
OFICINAS Y BODEGA		502		1 CONTACTOS DE 180W, 14 FOCOS DE 23W
PALAPAS Y ALBERCA		207		9 FOCOS DE 23W
CASA VIGILANCIA	408			1 CONTACTO DE 180W, 8 FOCOS DE 23W Y 4 FOCOS DE 11W
CABALLERIZAS	379			16 FOCOS DE 23W, 1 FOCO DE 11W
	11060	11167	11273	
FASE A	11060 WATTS			
FASE B	11167 WATTS			
FASE C	11273 WATTS			
CARGA TOTAL	33500 WATTS			
FACTOR DE DEMANDA	80%			
CARGA DEMANDADA	26800			
DESBALANCE	0.96%			

Tabla1 Cuadro de cargas para la granja piscícola.

La carga total del sistema es de 33.50 KW. Tomando en cuenta el crecimiento futuro de la granja piscícola, donde se consideran 6 estanques más y el sistema de riego para 3 invernaderos. Otra de las consideraciones es que de ahí se conectarán, en un futuro, algunos otros usuarios que se encuentran cerca del sitio.

Considerando la carga actual y futura tenemos:

CUADRO DE CARGAS FUTURAS		
DESCRIPCION DEL CIRCUITO	WATTS/FASE	CARGA
	A	
INVERNADEROS		
ILUMINACION	100	5 REFLECTORES DE 20W
5 ESTANQUES FUTUROS		
BOMBEO	3728	10 BOMBAS CENTRIFUGAS DE 0.5 HPs
ILUMINACION	20	1 REFLECTOR DE 20W
	3848	
CARGA TOTAL	3848	
FACTOR DE DEMANDA	80%	
CARGA DEMANDADA	3078.4	

Tabla 2 Cuadro de cargas futuras para la granja piscícola.

Carga total= 33.50KW + 3.85 KW = 37.35 KW

Por lo tanto el total de carga a considerar es de 37.35 KW

Para el cálculo de los transformadores es necesario conocer la carga a conectar. Además se debe tomar en cuenta que el transformado no deberá rebasar el 90% de su capacidad a plena carga.

La carga total del sistema es de 37.35KW y el transformador propuesto es de 45 KVA, a 220V. Considerando un factor de potencia de 0.9 tenemos que la capacidad nominal del transformador es:

$$\text{Capacidad nominal del transformador (KW)} = \text{Capacidad del transformador} * \text{Factor de potencia}$$

$$\text{Capacidad nominal del transformador} = 45\text{KVA} * 0.9 = 40.5 \text{ KW}$$

La capacidad nominal del transformador es de 40.5 KW.

El porcentaje de carga del transformador se calcula:

$$\% \text{Carga del Transformador} = \text{Potencia Total} / \text{Potencia Nominal} * (100)$$

Así tenemos:

$$\% = \frac{37.35KW}{40.5KW} (100) = 92.22\%$$

por lo que quedaría el transformador a un 92.22% de su capacidad como un valor final. Este porcentaje es a plena carga, considerando que todos los equipos están encendidos. Y a pesar de esta posibilidad el transformador tiene un margen de capacidad del 8%.

7.3 Cálculo del conductor portador de corriente.

Para el cálculo del conductor del transformador al CCM, se considera la potencia total del transformador, ya que en el CCM será el punto de distribución a los diferentes centros de carga.

Para la selección del calibre del conductor se considerara que el tipo de ducto será canalización ya que la instalación es subterránea.

Datos de placa del transformador.

Configuración Delta-Estrella

Potencia aparente trifásica = Potencia trifásica / F.P. = 45 KVA

Potencia Real Trifásica = 40.5 KW equivalente a 54.29 HP

Eficiencia = 98.37%

Tensión entre fases = 220V

Fases = 3

Frecuencia = 60Hz

Factor de potencia = 0.9

Datos de la ubicación del Equipo

Distancia: 105 mts

Temperatura ambiente: 30°C

Número de conductores = 3 Fases + 1 Neutro

Tipo de ducto = Canalización (Tubería de PVC cedula 40 inmerso en concreto)

Memoria de Calculo

Potencia aparente trifásica = Potencia trifásica / F.P. = 45 KVA

Potencia de fase = Potencia real / 3 = 13.5 KW

Tensión entre fases= 220V

Tensión de fase a neutro = Tensión entre fases / $\sqrt{3}$ = $220/\sqrt{3}$ = 127 V

Corriente por fase = Potencia de fase / (Tensión de fase a neutro * F.P.) = 118.09 A

Corriente nominal de trabajo = Corriente por fase * 1.25 = 147.62 A

Selección del Conductor

La selección del conductor es parte importante en el diseño de instalaciones eléctricas y de ello depende la transmisión de la energía en forma eficiente y segura. En el cálculo de deben considerar aspectos como el tipo de instalación (tubo conduit, charola, ducto subterráneo, etc.), la temperatura de operación y ambiental, número de conductores, longitud del circuito, etc.

En la NOM-001-SEDE-2005 se establecen las especificaciones y lineamientos técnicos que deben cumplir las instalaciones eléctricas en México. En esta norma se encuentran tablas de datos de conductores que nos permiten la selección del conductor. Las tablas utilizadas se encuentran en el Anexo 1 de este documento.

La tabla 310-13 nos indica el uso de los conductores y aislamiento. Para esta aplicación, considerando que el conductor se colocará en un ducto de PVC, seleccionamos el tipo de cable THW con aislamiento termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio, asimismo puede utilizarse a temperaturas de operación de 90°C en lugares secos y mojados.

En las tablas 310-16 y 310-17 se encuentra capacidad de conducción de corriente de los conductores, una para canalización, cable o directamente enterrados y otra para cables al aire libre. Su aplicación depende si el cable va por tubería o en charola

El material del conductor seleccionado es el cobre ya que es más eficiente, tiene menos pérdidas y proporciona mayor conductividad. En la tabla 310-16 se selecciona la columna correspondiente al conductor de cobre a una temperatura de 90°C tipo THW. En esta columna seleccionamos el calibre correspondiente a corriente nominal de trabajo de 147.62 A el cual es el No.1 AWG, con capacidad de conducción de 150 A.

En la selección del calibre del conductor se deben considerar ~~para este caso~~ dos factores de ajuste que son: factor de agrupamiento y factor de temperatura antes de seleccionar el calibre del conductor.

a) Factor de agrupamiento.

De la tabla 310-15 obtenemos los factores de ajuste para más de 3 conductores portadores de corriente. Para este caso es de 1.00 ya que solo se instalarán en la tubería los 3 conductores portadores de cada una de las fases.

Factor de agrupamiento = 1.

b) Factor de temperatura.

De la tabla 310-17, segunda sección, factores de corrección, se tiene que el factor de temperatura de operación, para este conductor es de 30 °C, es: ~~de 1.~~

Factor de temperatura = 1.

Por lo tanto considerando los ajustes de agrupamiento y temperatura tenemos que:

Corriente nominal ajustada = Corriente nominal x Factor de agrupamiento x Factor de temperatura

Corriente nominal ajustada = 147.62 / 1 / 1 = 147.62 A

Después de realizar los ajustes por los factores de agrupamiento y temperatura en este caso se mantiene la misma corriente por lo que conservamos el mismo calibre del conductor de No. 1 AWG. En caso de que ~~se~~ el valor de la corriente nominal ajustada cambiara entonces regresaríamos a la tabla 310-16 o 310-17 según corresponda y cambiaríamos el calibre del conductor.

De acuerdo a la corriente nominal del conductor seleccionado se propone una protección termo magnética de 150 A de corriente máxima = 3x150A. Para protección del sistema (transformador y conductor).

Calculo de caída de tensión de la instalación.

De acuerdo a la tabla 10-8 Propiedades de los conductores, en la columna de resistencia por km del cobre sin estañar, para un conductor del calibre seleccionado.

Resistencia = 0.505 Ω / km

Este valor es válido para una temperatura de 75°C y el valor de temperatura para la selección del conductor es a 90°C, por lo que se tiene que corregir la resistencia de acuerdo con la siguiente expresión:

Resistencia a 90°C = Resistencia a 75°C (1+0.00323 (90°C – 75°C))

Resistencia a 90°C = 0.505 (1 + 0.00323(90-75)) = 0.529 Ω / km

Resistencia del tramo = (0.529 Ω / km) (0.105 km) = 0.056 Ω

*Perdidas de potencia = (Corriente fase)² * Resistencia del tramo = (118.09)² * 0.056 = 775.3W*

Caída de tensión

*P = V * I * F.P.*

*V (caída de tensión) = P (perdidas de potencia) / Corriente de fase * F.P. = 775.3 W / (118.09 A * 0.9)*

Caída de tensión = 7.3 V

*% Perdidas = V (caída de tensión) * 100 / Tensión de fase a neutro = 7.3 V * 100 / 127 V = 5.74%*

La norma indica que la caída de tensión máxima permitida en la instalación, considerando los cables del circuito que alimenta y el circuito que se deriva, no debe ser mayor de 5%. Para el caso de un circuito derivado, la caída de tensión no deberá ser mayor de 3% y debe considerarse una caída de tensión máxima de 2% para el circuito alimentador. Por lo tanto para esta instalación debe considerarse no excederse de un 2%.

Como el porcentaje de caída de tensión es de 5.74% que es mayor del 3% se tiene que seleccionar otro calibre. Como la caída de tensión es muy grande debido a la distancia se selecciona como conductor de cobre tipo THW calibre 2/0.

Selección del Conductor 2/0 AWG

Factor de agrupamiento = 1.

Factor de temperatura = 1.

Por lo tanto considerando los ajustes de agrupamiento y temperatura tenemos que:

*Corriente del conductor seleccionado = Corriente del conductor seleccionado * Factor temperatura * Factor de agrupamiento*

*Corriente del conductor seleccionado = 195 A * 1.00 * 1.00 = 195 A*

Calculo de caída de tensión de la instalación.

De acuerdo a la tabla 10-8 Propiedades de los conductores, en la columna de resistencia por km del cobre sin estañar, para un conductor del calibre seleccionado.

$$\text{Resistencia} = 0.317 \Omega / \text{km}$$

Este valor es válido para una temperatura de 75°C y el valor de temperatura para la selección del conductor es a 90°C, por lo que se tiene que corregir la resistencia de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{Resistencia a } 90^{\circ}\text{C} = \text{Resistencia a } 75^{\circ}\text{C} (1+0.00323 (90^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C})) = 0.317 (1 + 0.00323(90-75))$$

$$\text{Resistencia a } 90^{\circ}\text{C} = 0.332 \Omega / \text{km}$$

$$\text{Resistencia del tramo} = (0.332 \Omega / \text{km}) (0.105 \text{ km}) = 0.035 \Omega$$

$$\text{Perdidas de potencia} = (\text{Corriente fase})^2 * \text{Resistencia del tramo} = (118.09)^2 * 0.032 = 486.7 \text{ Watts}$$

Caída de tensión

$$P = V * I * F.P.$$

$$V (\text{caída de tensión}) = P (\text{potencia}) / \text{Corriente de fase} * F.P. = 486.7 \text{ W} / (118.09 \text{ A} * 0.9)$$

$$\text{Caída de tensión} = 4.6 \text{ V}$$

$$\% \text{ Perdidas} = V (\text{caída de tensión}) * 100 / \text{Voltaje de fase} = 4.6 \text{ V} * 100 / 127 \text{ V} = 3.61\%$$

Como el porcentaje de caída de tensión es de 3.61% que es ligeramente mayor del 3% y debido al incremento económico importante en el costo del conductor se considera que para el diseño final es conveniente tomar el calibre 2/0. Este calibre ofrecerá un buen desempeño y que cumple considerando que el transformador trabajará a un 90%.

Requerimiento del conductor 2/0 AWG Cobre.

De la norma tenemos que los conductores en paralelo de este sistema balanceado de 3 fases y 1 neutro en cada circuito deben ser de la misma longitud, del mismo material conductor, del mismo tamaño y área transversal, con el mismo tipo de aislamiento y con terminales de las mismas características. Y aun cuando se instalen en canalizaciones distintas, los cables y canalizaciones deben tener las mismas características físicas.

Así tenemos las características de los 4 conductores para su adquisición:

Número de conductores portadores de corriente = 4 (3 Fases y 1Neutro).

Tipo de conductor = Cobre.

Calibre = Cobre 2/0 AWG tipo TWH.

Cantidad de conductor=420metros + 10% para mantenimiento y empalmes= 462 mts.

Se considera el 10% extra para la realización de empalmes y se deja también un tramo para mantenimiento.

7.4 Calculo del conductor a tierra.

Para el cálculo del calibre del conductor a tierra la norma indica que el tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo de cobre no debe ser inferior a lo especificado en la tabla 250-95. Cuando se tenga un conductor de puesta a tierra con varios circuitos en la misma tubería, su calibre nominal debe seleccionarse de acuerdo con el circuito de mayor corriente eléctrica nominal.

De este circuito la corriente nominal es la misma de las 3 fases con un corriente nominal de 147.17 A, por lo tanto de la tabla 250-95 seleccionamos de la columna de capacidad de la protección contra sobrecorriente que no excede 200 A. Para esta corriente seleccionando cable de cobre tenemos un calibre 6 con un tamaño nominal de 13.3 mm².

7.5 Calculo del diámetro de la tubería.

Se debe obtener el área que ocupa cada conductor utilizando la tabla 10-5 de las dimensiones de los conductores en función a su calibre para obtener el espacio que ocuparán.

Así tenemos cinco conductores: tres conductores portadores de energía de calibre 2/0 AWG THW Cobre, un conductor neutro de calibre 2/0 AWG THW Cobre y un conductor de puesta a tierra de calibre 6 desnudo de Cobre.

4 Conductores calibre 2/0 AWG THW Cobre cuya área del conductor es de 169mm²

$$4 \times 169 \text{ mm}^2 = 676 \text{ mm}^2$$

1 Conductor calibre 6 AWG Desnudo Cobre cuya área del conductor es de 13.3 mm²

$$1 \times 13.3 \text{ mm}^2 = 13.3 \text{ mm}^2$$

Área total de conductores = 689.3 mm^2

Para el cálculo del diámetro de la tubería con combinaciones de varios calibres de conductores, deben realizarse cálculos utilizando las tablas 10-1 y 10-4.

Debido a que son más de dos conductores los que se alojarán en la tubería, utilizamos la tabla 10-1, donde obtenemos que el factor de relleno para 5 conductores es del 40%.

De la tabla 10-4 en la columna correspondiente a $fr=40\%$ se obtiene 867 mm^2 para la tubería de 2" con lo que se deduce que esta tubería es la correcta para alojar a los cinco conductores mencionados.

Por lo tanto la tubería seleccionada para colocar los conductores es tubo conduit (no metálico) de 2" de polietileno de alta densidad lisa con sección circular circular para la instalación subterránea. El polietileno de alta densidad es un material resistente a la humedad y a los agentes corrosivos.

7.6 Diseño de la instalación subterránea para los conductores.

La instalación subterránea nos permitirá proteger a los conductores de la humedad y de daños mecánicos por el tránsito de vehículos. Este sitio cuenta con una alberca, canales de agua cercanos, pozo de agua, terrenos de siembra, por lo que se tiene mucha humedad. Por otro lado, en un tramo de la canalización se tiene tránsito de vehículos. Adicionalmente se solicitó, de manera explícita, que el cableado sea subterráneo para no afectar la estética del lugar.

La instalación subterránea es una obra civil compuesta de una canalización de 105 metros, por lo que se abrió una cepa de 50 centímetros en los tramos sin tránsito, Fig. 4, y de 1 mt de profundidad, en la parte donde se tiene tránsito de vehículos, Fig. 5.

La norma indica que la profundidad mínima para la cepa, en lugares no transitados por vehículos, es de 0.3 metros, en lugares transitados por vehículos es de 0.5 metros y bajo carretera es de 1.0 metro.

Por lo tanto se cumplió el mínimo requerido por la norma.



Fig. 4 Ceba en tramo sin tránsito vehicular.



Fig. 5 Ceba en tramo con tránsito vehicular

El perfil de la canalización está compuesto por:

- 1 tubo de poliducto de 2 pulgadas
- 3 tubos de poliducto para los servicios del restaurant telefonía, televisión por cable y sistema de circuito cerrado, Fig. 6.

A los costados de los tubos se colocaron tablas de madera y se cubrió con cemento la tubería, Fig. 7. De esta manera protegemos los conductores de la humedad y de daños mecánicos.



Fig. 6. Perfil de la tubería de poliducto.

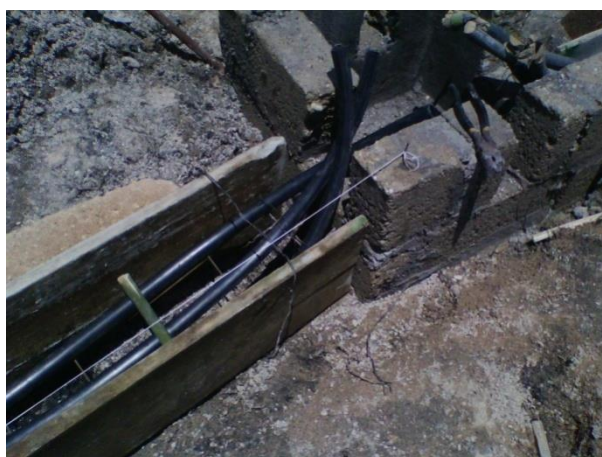


Fig. 7 Colocación de tablas para cubrir los tubos de poliducto.

Los tramos de canalización no son mayores de 30 metros. Los segmentos son rectos, excepto un tramo donde se rodeó un pozo de agua de 5 metros donde se realizó una trayectoria curva con un perímetro de 17 metros, que no rebasó la máxima curvatura para el conductor de cobre de calibre 2/0. La norma específica que no deber rebasarse 12 veces el diámetro del conductor. El diámetro del conductor de 67.4 mm y 12 veces del diámetro son 808 mm equivalente a 80 cm, por lo que no afecta la curvatura realizada

Se colocaron 5 pozos distribuidos a lo largo del tramo. Los pozos se construyeron de tabicón y se recubrieron de cemento por dentro y fuera para aislarlos de la humedad, Fig. 8. Los pozos se cubrieron con tapas de cemento, Fig. 9.



Fig. 8. Ejemplo de pozo.



Fig. 9. Tapa para registro de ejemplo.

También se construyó una trinchera para el Centro de Control de Motores CCM, se cubrió con una rejilla de metal para poder observar si tiene agua, está limpia y para mantenimiento, Fig. 10.



Fig. 10 Trinchera del Centro de Control de Maquinas.

7.7 Selección de protecciones de sobrecorriente y calentamiento de los conductores.

En el tablero de fuerza, en la acometida, se colocó un interruptor de cuchillas con fusible o protecciones de sobrecorriente 3x150A.

En el tablero del Centro de Control de Motores se colocó un interruptor de cuchillas con protecciones de sobrecorriente de 3x100A, Fig. 11.



Fig. 11. Protecciones para el Centro de Control de Motores

8) CONCLUSIONES

La realización de una instalación eléctrica, desde el proyecto hasta su construcción, es un proceso que se va modificando conforme se va avanzando. Estas modificaciones tienen que ver, muchas veces, con el cliente y otras con los detalles que se van encontrando durante su construcción. Las mismas normas nos van llevando por el camino correcto, ya que son lineamientos mínimos que se deben ir cumpliendo.

Por otro lado, el conocer y aplicar las normas es una responsabilidad de quien diseña y construye instalaciones eléctricas, de tal manera que, los usuarios de las mismas puedan hacerlo con la seguridad de que funcionarán, de acuerdo con sus requerimientos.

Una vez concluido el trabajo, el punto medular es la aprobación de una Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas (UVIE), ya que es parte de la documentación requerida para hacer el contrato con CFE. Es una parte de la obra en la que he tenido oportunidad de participar y considero es muy importante, ya que es la interconexión con CFE.

Una vez concluida la electrificación de la granja piscícola y operando las bombas para ~~su~~ la oxigenación y circulación de agua adecuadas de los estanques, Fig. 12, la producción de peces se incrementó notablemente.

El trabajo rindió los frutos y se cumplió con el objetivo del proyecto de instalación eléctrica subterránea en la granja piscícola. El proyecto fue aprobado finalmente por la UVIE y se realizó el contrato con CFE.



Fig. 12. Tecnificación de una granja piscícola: sistema de bombeo.

9) BIBLIOGRAFIA

- [1] Secretaría de Energía "NOM-001 SEDE 2005 Instalaciones eléctricas (utilización)" México, Marzo 2006
- [2] VIACON "Manual del Electricista" Septiembre 2013.
- [3] Charles K. Alexander "Fundamentos de Circuitos Eléctricos" Mc Graw Hill 2004.

Tabla 310-13. Conductores – Aislamientos y usos

TABLA 310-13.- Conductores-Aislamientos y usos

Nombre genérico	Tipo	Temp. máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño o Designación		Espesor nominal de aislamiento mm		Cubierta exterior ⁽¹⁾
					mm ²	AWG o kcmil			
Etileno Propileno Fluorado	FEP o	90	Lugares secos o húmedos	Etileno Propileno Fluorado	2,08 -5,26	14 – 10	0,51		Ninguna
					8,37-33,6	8 - 2	0,76		Ninguna
	FEPB	200	Lugares secos aplicaciones especiales ⁽²⁾	Etileno Propileno Fluorado	2,08-8,37	14 – 8	0,36		Malla de fibra de vidrio
					13,3-33,6	6 – 2	0,36		Malla de material adecuado
Aislamiento Mineral (con cubierta metálica)	MI	90 200	Lugares secos o húmedos Lugares secos Aplicaciones especiales ⁽²⁾	Oxido de magnesio	0,824-1,31 ⁽³⁾	18 –16 ⁽³⁾	0,58		Cobre o aleación de acero
					1,31 - 5,26	16 – 10	0,91		
					6,63 - 21,2	9 – 4	1,27		
					26,7 - 253	3 – 500	1,40		
Termoplástico o resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama	MTW	60	Alambrado de máquinas herramienta en lugares mojados (véase Art. 670)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama	0,325 - 3,31	22 -12	(A) 0,76	(B) 0,38	(A) Ninguna (B) Cubierta de nylon o equivalente
					5,26	10	0,76	0,51	
					8,37	8	1,14	0,76	
					13,3	6	1,52	0,76	
		90	Alambrado de máquinas herramienta en lugares secos (véase el Artículo 670)	21,2 -33,6	4-2	1,52	1,02		
				42,4 -107	1-4/0	2,03	1,27		
				127 -253	250 -500	2,41	1,52		
				304 -507	600 -1 000	2,79	1,78		
Perfluoroaloxi	PFAH	250	Sólo para lugares secos. Sólo para cables dentro de artefactos o de canalizaciones conectadas a artefactos (sólo de níquel o de cobre recubierto de níquel)	Perfluoroaloxi	2,08 – 5,26	14 – 10	0,51		Ninguno
					8,37 – 33,6	8 – 2	0,76		
					42,4 - 107	1 – 4/0	1,14		
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor	RHH	90	Lugares secos o húmedos	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y a la flama	2,08 -5,26	14 -10	1,14		Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama. (1)
					8,37 -33,6	8 -2	1,52		
					42,4 -107	1 - 4/0	2,03		
					127 -253	250 -500	2,41		
					304 -507	600 -1 000	2,79		
					557 -1010	1100 -2000	3,18		
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor	RHW (5)	75	Lugares secos o mojados	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor, a la humedad y a la flama	2,08 -5,26	14 -10	1,14		Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama. (1)
					8,37 -33,6	8 -2	1,52		
					42,4 -107	1-4/0	2,03		
					127 -253	250 -500	2,41		
					304 -507	600 -1 000	2,79		
					557 -1010	1100 -2000	3,18		
Silicón-FV	SF	150	Lugares secos y húmedos	Hule Silicón	2,08 –5,26	14-10	0,76		Malla de fibra de vidrio o material equivalente
		200	En aplicaciones donde existan condiciones de alta temperatura ⁽²⁾		8,37 –33,6	8 – 2	1,52		
Polímero sintético resistente al calor	SIS	90	Alambrado de tableros de distribución	Polímero sintético de cadena cruzada resistente al calor	2,08 –5,26	14 –10	0,76		Ninguna
					8,37	8	1,14		
Termoplástico para tableros	TT	75	Alambrado de tableros de distribución	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio y de emisión reducida de humos y gas	0,519 –3,31	20 -12	0,76		Ninguna

Tabla 310-13. Conductores – Aislamientos y usos (continuación)

TABLA 310-13.- Conductores-Aislamientos y usos

Nombre genérico	Tipo	Temp. máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño o Designación		Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior ⁽¹⁾
					mm ²	AWG o kcmil		
Politetra-fluoroetileno extendido	TFE	250	Solo lugares secos. Sólo para cables dentro de artefactos o dentro de canalizaciones conectadas a artefactos, o como alambrado a la vista (sólo de níquel o cobre recubierto de níquel)	Politetra-fluoroetileno extruido	2,08 -5,26	14-10	0,51	Ninguno
					8,37 -33,6	8 -2	0,76	
					42,4 -107	1- 4/0	1,14	
Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio	TW	60	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio	2,08-5,26 8,37 13,3 -33,6	14 -10 8 6 -2	0,76 1,14 1,52	Ninguna
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio	THW (5)	75 90	Lugares secos y mojados Para la alimentación de equipos de iluminación por descarga eléctrica véase Artículo 410-31	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio	2,08 -5,26	14 -10	0,76	Ninguna
8,37					8	1,14		
13,3 -33,6					6 -2	1,52		
42,4 -107					1 - 4/0	2,03		
127 -253					250-500	2,41		
304 -507	600 -1 000	2,79						
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	THW-LS (4)	75	Lugares secos y mojados. Para la alimentación de equipos de iluminación por descarga eléctrica véase Artículo 410-31	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	2,08-5,26	14 -10	0,76	Ninguna
8,37		8	1,14					
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios	THHW	75	Lugares secos y mojados.	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios.	2,08-5,26	14 -10	0,76	Ninguna
		8,37	8		1,14			
		90	Lugares secos		13,3 -33,6	6 -2	1,52	
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	THHW-LS (4)	75 90	Lugares secos y mojados. Lugares secos	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	2,08 -5,26	14 -10	0,76	Ninguna
					8,37	8	1,14	
					13,3 -33,6	6 -2	1,52	
					42,4 -107	1 - 4/0	2,03	
					127 -253	250 -500	2,41	
304 -507	600 -1 000	2,79						
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	THWN	75	Lugares secos y mojados	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	2,08 -3,31 5,26 8,37 -13,3 21,2 -33,6 42,4 -107 127 -253 304 -507	14 -12 10 8 - 6 4 -2 1 - 4/0 250 -500 600 -1 000	0,38 0,51 0,76 1,02 1,27 1,52 1,78	Cubierta de nylon o equivalente
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama	THHN	90	Lugares secos	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama	2,08 -3,31 5,26 8,37 -13,3 21,2 -33,6 42,4 -107 127 -253	14 -12 10 8 - 6 4 -2 1 - 4/0 250 -500	0,38 0,51 0,76 1,02 1,27 1,52	Cubierta de nylon o equivalente

Tabla 310-15 Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable.

TABLA 310-15(g).- Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable

Número de conductores portadores de corriente	Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Tabla 310-17 Capacidad de corriente permisible de conductores sencillos aislados para 0 a 2,000 V nominales al aire libre y temperatura ambiente de 30°C.

Tabla 310-17 Capacidad de corriente permisible de conductores sencillos aislados para 0 a 2.000 V nominales al aire libre y temperatura ambiente de 30°C							
Calibre	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre
mm ²	60°C TIPOS TW*, UF*	75°C TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, ZW*	90°C TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	60°C TIPOS TW*, UF*	75°C TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	90°C TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	AWG Kcmils
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temp. ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C, multiplicar las anteriores corrientes por el correspondiente factor de los siguientes						Temp. ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	---	0,58	0,71	---	0,58	0,71	56-60
61-70	---	0,33	0,58	---	0,33	0,58	61-70
71-80	---	---	0,41	---	---	0,41	71-80

Tipos y calibres de los conductores RH, RHH, RHW, THHW, THW, THWN, THHN, XHHW, USE				
Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre		Capacidad de corriente de la acometida o alimentador
mm ²	AWG	mm ²	AWG	(A)
21,14	4	33,62	2	100
26,66	3	42,20	1	110
33,62	2	53,50	1/0	125
42,20	1	67,44	2/0	150
53,50	1/0	85,02	3/0	175
67,44	2/0	107,21	4/0	200
85,02	3/0	126,67	250 kcmils	225
107,21	4/0	152,01	300 kcmils	250
126,67	250 kcmils	177,34	350 kcmils	300
177,34	350 kcmils	253,35	500 kcmils	350
202,68	400 kcmils	304,02	600 kcmils	400

Tabla 310-18 Factores de ajuste para más de tres conductores permisible de tres conductores aislados individuales de 0 a 2,000 V de 150°C a 250°C, en canalizaciones o cable, para una temperatura ambiente de 40°C.

TABLA 310-18.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de tres conductores aislados individuales de 0 a 2 000 V, de 150°C a 250°C, en canalizaciones o cable, para una temperatura ambiente de 40°C

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor. Véase tabla 310-13			
mm ²	AWG o kcmil	150 °C	200 °C	250 °C	150 °C
		TIPOS Z, SF	TIPOS FEP, FEPB, SF	TIPOS PFAH, TFE	TIPO Z
		Cobre		Níquel o níquel recubierto de cobre	Aluminio
2,08	14	34	36	39	---
3,31	12	43	45	54	---
5,26	10	55	60	73	---
8,37	8	76	83	93	---
13,3	6	96	110	117	75
21,2	4	120	125	148	94
26,7	3	143	152	166	109
33,6	2	160	171	191	124
42,4	1	186	197	215	145
53,5	1/0	215	229	244	169
67,4	2/0	251	260	273	198
85,0	3/0	288	297	308	227
107	4/0	332	346	361	260
FACTORES DE CORRECCION					
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambiente distintas de 40 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes.				
41-50	0,95	0,97	0,98	0,95	
51-60	0,90	0,94	0,95	0,90	
61-70	0,85	0,90	0,93	0,85	
71-80	0,80	0,87	0,90	0,80	
81-90	0,74	0,83	0,87	0,74	
91-100	0,67	0,79	0,85	0,67	
101-120	0,52	0,71	0,79	0,52	
121-140	0,30	0,61	0,72	0,30	
141-160	---	0,50	0,65	---	
161-180	---	0,35	0,58	---	
181-200	---	---	0,49	---	
201-225	---	---	0,35	---	

Tabla 10-8 Propiedades de los conductores.

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 ²	AWG kcmil	Cantidad	Diámetro mm	Diámetro Mm	Area mm ²	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.

Tabla 10-4 Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado semipesado y ligero y área disponible para los conductores.

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 ²	Área disponible para conductores mm ²		
			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