

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

USO DE CABLES ELÉCTRICOS EN ÁREAS INDUSTRIALES DE ALTO RIESGO

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

XIMENA DE LOURDES SUQUILLO GUIJARRO

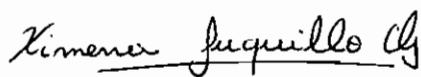
DIRECTOR: ING. GERMÁN CASTRO MACANCELA

Quito, febrero 2002

DECLARACION

Yo, Ximena de Lourdes Suquillo Guijarro, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Ximena Suquillo Guijarro

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ximena de Lourdes Suquillo Guijarro, bajo mi supervisión.



Ing. Germán Castro Macancela
Director de Proyecto

DEDICATORIA

A mis padres Rosa y Segundo por su cariño, ejemplo y permanente apoyo. A mis hijos, a mi esposo y a mis hermanos.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y a todos quienes de una u otra forma colaboraron en la elaboración del presente trabajo.

Al Ing. Germán Castro por su acertada dirección.

INTRODUCCION

Las instalaciones eléctricas del campo industrial buscan siempre seguridad, para lo cual existen normas que regulan o indican el tipo de materiales y equipos que se deben utilizar en cada área. Son consideradas áreas de riesgo, aquellos lugares en los cuales se usan o existen materiales altamente explosivos e inflamables. En este tipo de áreas es donde más cuidado se debe tener al seleccionar los cables eléctricos, pues en caso de ocurrir un incendio, se corre el riesgo de que queden fuera de servicio los equipos que son alimentados, y si no son desconectados a tiempo se pueden dañar definitivamente, o su costo de reparación puede ser muy costoso.

Los fabricantes de cables para la industria y sobre todo para la petrolera, tratan de producir cables que sean resistentes al fuego, es decir que continúen funcionando normalmente durante y después del fuego; esta característica deben cumplir los cables que se instalan en las áreas de alto riesgo; adicionalmente hay que tener muy en cuenta aspectos como: condiciones eléctricas de instalación, colocación y ubicación de los cables, el entorno e influencias externas.

El presente trabajo consta de 5 capítulos. En el capítulo 1, se dan conceptos teóricos generales sobre los cables eléctricos y sus materiales. En el capítulo 2 se analizan los principales factores para la selección de cables. En el capítulo 3 se describen las áreas de riesgo, el tipo de cables y equipos que se deben usar en cada clase de área, así como también consideraciones eléctricas para la instalación de los mismos. En el capítulo 4 se indica como fue elaborado, el uso y operación del CD "SECAR", que es una guía para la selección de cables en áreas de riesgo. Finalmente en el capítulo 5, se analiza un caso práctico de selección e instalación de cable realizado en la Refinería Estatal de Esmeraldas.

INDICE

USO DE CABLES ELÉCTRICOS EN AREAS INDUSTRIALES DE ALTO RIESGO

DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INTRODUCCIÓN	v

CAPITULO 1

1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE CABLES ELÉCTRICOS PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES	
1.1 CONCEPTOS GENERALES	1
1.2 ESTRUCTURA DE LOS CABLES ELÉCTRICOS	3
1.3 CARACTERISTICAS TÉCNICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LOS CABLES ELÉCTRICOS	5
1.3.1 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LOS CONDUCTORES: Peso específico y densidad, resistividad o resistencia específica, conductividad o conductancia específica, resistencia del conductor, coeficiente de temperatura de la resistencia, esfuerzo y deformación	5
1.3.2 FORMACIÓN DE CABLES	9
1.3.3 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LOS AISLANTES: Resistividad o resistencia específica, constante dieléctrica, rigidez dieléctrica, tensión de perforación, pérdidas en el dieléctrico, descargas parciales; espesor del aislante	11
1.3.4 MATERIALES AISLANTES EMPLEADOS EN CABLES	24
1.3.4.1 Aislantes estratificados	24
1.3.4.2 Aislantes sólidos o secos: Materiales plásticos, Elastómeros.....	25
1.3.4.3 Aislantes Especiales	32
1.3.4.4 Resumen de materiales aislantes	34
1.3.5 CUBIERTAS PROTECTORAS	34
1.3.5.1 Protecciones eléctricas	35
1.3.5.2 Pantallas o blindajes	35
1.3.5.3 Protecciones mecánicas	35
1.3.5.4 Vainas exteriores o cubiertas propiamente dichas	35
1.4 DESIGNACIÓN DE LOS CABLES	36

CAPITULO 2

2. PARÁMETROS TÉCNICOS PARA SELECCIONAR EL TIPO DE CABLE EN INSTALACIONES ELECTRICAS

2.1	FACTORES PARA LA SELECCIÓN	43
2.1.1	TIPO DE INSTALACIÓN	43
2.1.2	VOLTAJE NOMINAL	43
2.1.2.1	Regulación de voltaje	45
2.1.3	FACTORES TERMICOS	46
2.1.4	CONDICIONES ESPECIALES	46
2.1.5	REQUERIMIENTOS DE CORRIENTE	47
2.1.5.1	Capacidad de carga de un cable	47
2.2	DETERMINACION DE LA SECCION	52
2.2.1	CORRIENTE MÁXIMA PERMANENTE Y CORRIENTE MÁXIMA ADMISIBLE POR CALENTAMIENTO	52
2.2.2	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO Y TIEMPO DE CORTOCIRCUITO	53
2.2.2.1	Corriente máxima de cortocircuito	54
2.2.2.2	Corriente mínima de cortocircuito	55
2.2.3	VERIFICACIÓN DE LA SECCIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN	57
2.3	CRITERIOS ADICIONALES PARA LA SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS	57
2.3.1	PRESENCIA DE ARMONICOS EN LA INSTALACIÓN	57
2.3.1.1	Efectos de los armónicos sobre las cargas	59

CAPITULO 3

3. SELECCIÓN DEL TIPO DE CABLE SEGÚN LAS AREAS DE RIESGO IDENTIFICADAS POR NORMAS INTERNACIONALES

3.1	RECONOCIMIENTO DE AREAS DE RIESGO SEGÚN NORMAS INTERNACIONALES NEC-IEC	64
3.1.1	CLASIFICACION DE AREAS DE RIESGO SEGÚN NORMA NEC	65
3.1.1.1	Clase I, División 1	68
3.1.1.2	Clase I, División 2	69
3.1.1.3	Clase II, División 1	70
3.1.1.4	Clase II, División 2	71
3.1.1.5	Clase III, División 1	72
3.1.1.6	Clase III, División 2	73
3.1.2	METODO ALTERNATIVO PARA CLASIFICAR AREAS DE RIESGO CLASE I, SEGÚN EL IEC	73
3.1.2.1	Clase I, Zona 0	73
3.1.2.2	Clase I, Zona 1	73
3.1.2.3	Clase I, Zona 2	74

3.2	CONDICIONES PARA QUE EXISTA FUEGO O EXPLOSIÓN	75
3.3	INSTALACIONES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS EN AREAS DE RIESGO	76
3.3.1	EQUIPO ELECTRICO COMO FUENTE DE IGNICIÓN	76
3.3.2	TIPO DE PROTECCIÓN PARA EQUIPOS ELÉCTRICOS EN AREAS DE RIESGO	78
3.3.2.1	Equipo eléctrico en áreas Clase I División 1 y 2	80
3.3.2.2	Equipo eléctrico en áreas Clase II División 1 y 2	82
3.3.2.3	Equipo eléctrico en áreas Clase III División 1 y 2	82
3.3.2.4	Equipo eléctrico para diferentes áreas peligrosas	83
3.3.3	OTRO TIPO DE PROTECCIÓN: EXTINGUIDORES	84
3.4	CABLES ELÉCTRICOS EN AREAS DE RIESGO	87
3.4.1	TIPOS DE CABLES SEGÚN SU COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO	87
3.4.1.1	Cables no propagadores de la llama	88
3.4.1.2	Cables no propagadores del incendio	88
3.4.1.3	Cables Resistentes al Fuego	88
3.5	TIPOS DE CABLES ELÉCTRICOS UTILIZADOS EN AREAS DE RIESGO	89
3.5.1	CABLES DE MEDIA TENSIÓN. TIPO MV (MEDIUM VOLTAGE)	89
3.5.2	CABLES CON AISLAMIENTO MINERAL Y RECUBRIMIENTO METÁLICO. TIPO MI(MINERAL INSULATED)	90
3.5.3	CABLES BLINDADOS, TIPO AC (ARMORED CABLE)	91
3.5.4	CABLES CON CUBIERTA METÁLICA, TIPO MC (METAL CLAD)	92
3.5.5	CABLE CON CUBIERTA NO METÁLICA. TIPOS NM (NON METALLIC), NMC (NON METALLIC CABLE) Y NMS (NON METALLIC SHEATHED)	93
3.5.6	PARA INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS	94
3.5.7	CABLES DE POTENCIA Y CONTROL PARA BANDEJAS, TIPO TC (TRAY CABLE)	95
3.5.8	CABLE TECK	95
3.5.9	RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE CABLE	95
3.6	SELECCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS EN AREAS PELIGROSAS	96
3.6.1	MÉTODOS DE INSTALACIÓN EN LAS DIFERENTES AREAS	96
3.6.1.1	Clase I División 1	96
3.6.1.2	Clase I División 2	97
3.6.1.3	Cables flexibles en áreas de Clase I División 1 y 2	97
3.6.1.4	Clase II División I	98
3.6.1.5	Clase II División II	98
3.6.1.6	Cables flexibles en áreas de Clase II División 1 y 2	99
3.6.1.7	Clase III División 1 y 2	99
3.6.1.8	Cables flexibles en áreas de Clase III División 1 y 2	100
3.6.1.9	Métodos de instalación en zonas	100

3.6.2	SELLADO Y DRENAJE EN LAS DIFERENTES AREAS.....	101
3.6.2.1	Sellantes de tubos en áreas de CLASE I DIVISIÓN 1	101
3.6.2.2	Sellantes de tubos en áreas de CLASE I DIVISIÓN 2	103
3.6.2.3	Sellantes en áreas CLASE II DIVISIÓN 1 Y 2	103
3.6.2.4	Juntas sellantes en áreas de CLASE I DIVISIÓN 1 Y 2	103
3.6.2.5	Juntas sellantes en cables en áreas CLASE I DIVISIÓN 1	104
3.6.2.6	Juntas sellantes en cables en áreas CLASE I DIVISIÓN 2	105
3.6.3	DRENAJE	106
3.6.3.1	Equipo de control	106
3.6.3.2	Motores y generadores	106
3.6.3.3	Bombas herméticas, conexiones para equipos de procesos o servicio, etc.....	107
3.6.4	EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRONICOS PARA CLASE I	107
3.6.4.1	Lámparas fijas de alumbrado	107
3.6.4.2	Extensiones de alumbrado	108
3.6.4.3	Partes vivas	108
3.6.4.4	Motores y generadores	108
3.6.4.5	Interruptores, tableros de alumbrado, arrancadores de motores, fusibles y equipos de control, medición y protección	108
3.6.4.6	Transformadores y condensadores	109
3.6.4.7	Resistencias	109
3.6.4.8	Equipo portátil	109
3.6.4.9	Sistemas de señales, alarma, control remoto y comunicaciones ..	109
3.6.4.10	Otros.....	110
3.6.5	REQUISITOS DE MANTENIMIENTO	110

CAPITULO 4

4. DESARROLLO DEL CD PARA LA SELECCIÓN DE CABLES EN AREAS DE RIESGO “SECAR”

4.1	DREAMWEAVER: HERRAMIENTA PARA DESARROLLO DE SITIOS WEB	112
4.2	DIRECTOR Y FLASH: HERRAMIENTAS PARA DESARROLLO DE MULTIMEDIA	113
4.3	USO Y OPERACIÓN DEL CD “SECAR”.....	115
4.3.1	REQUERIMIENTOS MINIMOS DEL SISTEMA	115
4.3.2	DESCRIPCION	115
4.3.3	PANTALLA PRINCIPAL	117
4.3.3.1	Página Selección de Cables Eléctricos	118
4.3.3.2	Página Areas de Riesgo	136
4.3.3.3	Página Cables Eléctricos	137
4.3.4	PAGINA AYUDA	138
4.3.5	SALIR	141

CAPITULO 5

5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS, APLICACIÓN DEL CD “SECAR”, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	EVALUACION DE RESULTADOS	142
5.1.1	ANTECEDENTES	142
5.1.2	ALCANCE	142
5.2	SOLUCION AL PROYECTO	148
5.2.1	DESCRIPCION GEOGRAFICA	148
5.2.2	DETERMINACION DEL TIPO DE CABLE	151
5.2.3	INSTALACION DEL CABLE	159
5.3	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	165
5.3.1	CONCLUSIONES	165
5.3.2	RECOMENDACIONES	166
	BIBLIOGRAFÍA	168
	ANEXOS	170

CAPITULO I

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS CABLES ELÉCTRICOS PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES

Para el uso y selección de cables que se emplean en instalaciones industriales, y dentro de la industria en áreas consideradas de alto riesgo, es importante tener claro conceptos referentes a cables eléctricos.

1.1 CONCEPTOS GENERALES

En general se define un **cable eléctrico** como el "conjunto formado por uno o varios conductores cableados, adecuadamente aislados, casi siempre provistos de uno o más recubrimientos protectores".¹ Los conductores se presentan en forma de hilos o de cables. En el área industrial, el cable eléctrico, es un elemento fundamental para los diferentes circuitos eléctricos.

Un **hilo o alambre** es una varilla metálica cuya longitud es muy grande en comparación con su diámetro. Se llama hilo desnudo si está desprovisto de aislamiento e hilo aislado si está cubierto con una sustancia aislante.

Un **cable o conductor cableado** es un conductor constituido por un grupo de hilos o por una combinación de grupos de hilos. Los hilos constituyentes de los cables casi siempre son trenzados o retorcidos juntos. Al igual que los hilos, hay cables desnudos y cables aislados.

¹ RAMIREZ VAZQUEZ JOSE (1973), "Instalaciones Eléctricas Generales", Enciclopedia CEAC DE ELECTRICIDAD, Ediciones CEAC, S.A., Barcelona-España. Pg. 504

Los hilos y cables desnudos se usan generalmente en instalaciones aéreas, en cambio los cables e hilos aislados son usados tanto en instalaciones interiores como subterráneas.

Por su función se define un cable como:

“Un elemento destinado al transporte de energía eléctrica en las condiciones más favorables. Esto es, con las menores pérdidas de potencia posibles en el caso de los cables de energía, o con las menores alteraciones en las condiciones de la señal enviada en los cables de transmisión de datos o comunicaciones”.²

Por su función los cables eléctricos pueden ser clasificados en: cables para control, cables de potencia, y cables para comunicaciones.

Cables para control: Para el control, telecomando y tele medición de aparatos, e instalaciones de generación, transmisión, distribución y poco consumo de energía eléctrica.

Cables de potencia: Estos cables tienen como función primordial la de transportar energía eléctrica desde las fuentes de generación hasta los puntos de consumo, donde la energía puede ser transformada para su utilización en luz, calor, movimiento, etc.

Cables para comunicación: Su función primordial es la de transmisión de señales inteligentes, tales como voz, audio, video y datos. La energía eléctrica en este tipo de cables se modula y trasmite para la comunicación de señales; el enlace entre computadores y los PLC's en los sistemas HMI (interfaz hombre-máquina) es una de sus aplicaciones.

² CATALOGO DE CABLES PIRELLI S.A.I.C, Buenos Aires, Argentina. Pg. 116

1.2 ESTRUCTURA DE LOS CABLES ELÉCTRICOS

Los cables se componen de tres partes básicas: conductor, aislamiento y cubierta protectora. Varias combinaciones de estos componentes, forman diversos tipos de cables para diferentes aplicaciones.

En la figura 1.1 se observa la sección transversal de un cable subterráneo multipolar (trifásico).

1. Conductor
2. Aislamiento individual
3. Espesor aislante
4. Pantalla conjunta
5. Envoltura metálica
6. Protección anticorrosión
7. Asiento de armadura
8. Armadura
9. Cubierta exterior

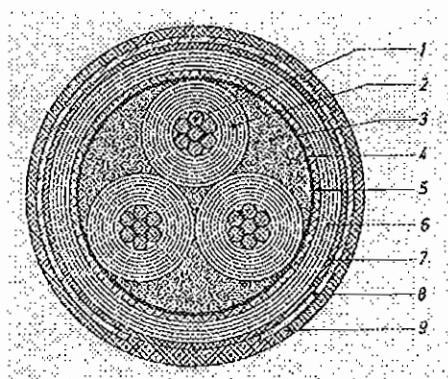


Figura 1.1 Sección transversal de un cable subterráneo trifásico, tripolar, multifilar³.

En la parte central están los **conductores**, que son los elementos destinados a conducir la corriente; casi siempre son de cobre, de aluminio ó aluminio recubierto de cobre. Se denomina **cuerda** a cada uno de los grupos de conductores que constituyen el cable. Cuando el hilo o el cable consta de un solo conductor (unifilar) o un grupo de conductores (multifilar) se denomina **monoconductor** y si incluye dos o más conductores o grupos de conductores, aislados entre sí, se denomina **policonductor** o **multiconductor**.

Los **cables multiconductores** están constituidos por 2 o más conductores independientes, incluyendo los eventuales conductores de neutro y protección.

Los principales cables multiconductores se observan en la figura 1.2.

³ ENCICLOPEDIA CEAC DE LA ELECTRICIDAD, PG. 550

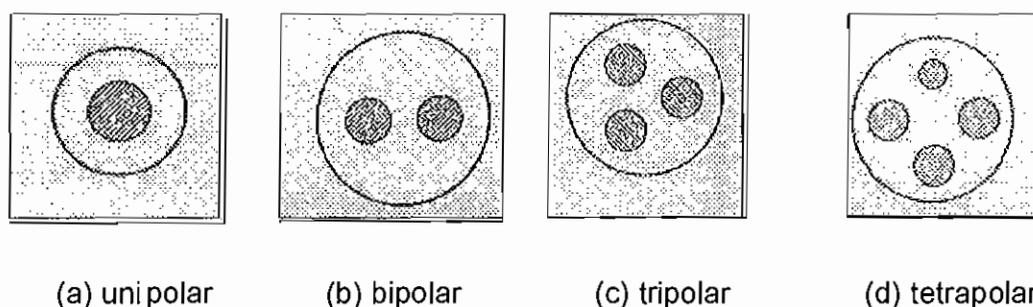


Figura 1.2 Configuración general de un cable

El conjunto de conductores de un hilo o cable policonductor lleva muchas veces un aislamiento común, denominado **cintura**, que se aplica sobre las almas reunidas y que, generalmente, es de la misma naturaleza que la del aislante de estas almas. Los huecos entre la cintura y las almas se rellenan con un **espesor aislante o material de relleno**.

Además de estos recubrimientos aislantes, los hilos y cables llevan distintos **recubrimientos protectores**, que no tienen función esencialmente eléctrica pero que están destinados a proteger al cable contra los esfuerzos mecánicos, los efectos químicos, etc. Entre estos recubrimientos protectores tenemos:

- a) Las **envolturas metálicas** se usan sobre los hilos o cables aislados con sustancias higroscópicas (Propiedad de absorber y de exhalar la humedad según las circunstancias del medio ambiente que tienen algunos cuerpos).⁴ y están destinadas a evitar el paso de la humedad hasta estas sustancias, y así evitar que pierdan sus propiedades aislantes. Generalmente estas envolturas son de metal blando (plomo, aluminio, etc.)
- b) Las **armaduras** o envolturas metálicas de metal duro (hierro, acero, etc.), están destinadas a proteger el cable contra las acciones mecánicas exteriores. Los hilos o cables provistos de armaduras se denominan **armados**.

⁴ TAPIA CALVOPIÑA LUIS (1973), "Capacidad técnica de cables en ductos y bandejas. Método Digital. Pg. 29

- c) Las **cubiertas**, que recubren exteriormente el hilo o cable, están constituidas por materiales textiles, derivados del caucho, materiales termoplásticos, etc. y que están destinadas a evitar los peligros de la corrosión y otros agentes químicos, tanto a los materiales conductores que constituyen el hilo o cable, como a sus recubrimientos aislantes (armaduras y envolturas metálicas).

1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LOS CABLES ELÉCTRICOS

1.3.1 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LOS CONDUCTORES

Para estudiar las características eléctricas y mecánicas de los diferentes materiales empleados como conductores se analizan los siguientes parámetros característicos:

Peso específico y densidad

El peso específico, es el peso de un cuerpo por unidad de volumen; y, la densidad es la masa del cuerpo por unidad de volumen medidos a temperatura ambiente.

Entre el peso específico p y la densidad δ , existe la relación:

$$p = g \cdot \delta \qquad \text{F.1.1}$$

Donde: p = peso específico

g = aceleración de la gravedad = 9.8 m/s^2

δ = densidad

El peso específico y la densidad, están expresados por el mismo número pero en caso del peso específico se refiere a unidades de peso y en el caso de densidad a unidad de masa. Por ejemplo: el cobre tiene un peso específico de 8.89 gramos-peso/cm³ y también una densidad de 8.89 gramos-masa/cm³.

Resistividad o resistencia específica

Se define como la resistencia eléctrica de un alambre de conductor de 1 mm de sección y 1 m de longitud. Se expresa por:

$$\rho = R \frac{s}{l} \quad \text{F.1.2}$$

Donde: ρ = resistencia específica en $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$

R = resistencia eléctrica en Ω

s = sección en mm^2

l = longitud en m

Por ejemplo, un alambre de cobre a 20° C, de un km de longitud y un mm^2 de sección, disipa en forma de calor, al ser atravesado por una corriente de un amperio, una potencia de 17,241 watt, se dice que este material presenta una resistividad de 17,241 $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km}$.

La resistividad del cobre se toma como referencia para los demás conductores.

La resistividad es una característica intrínseca del material que depende de su pureza, estructura molecular y cristalina, así como de la temperatura.

Conductividad o conductancia específica

Se define como la facilidad que presenta un material al paso de la corriente eléctrica. La conductividad es el valor recíproco de la resistividad y está expresado por:

$$x = G \frac{l}{s} \quad \text{F.1.3}$$

Donde: x = conductancia específica en $\Omega^{-1} \text{m} / \text{mm}^2$

G = conductancia en Ω^{-1}

l = longitud en m

s = sección en mm^2

Resistencia del conductor

Lo mismo que ocurre con el agua que atraviesa una tubería, al aumentar la longitud aumenta el rozamiento y se pierde presión, y al aumentar su sección pasa el líquido con mayor facilidad, las pérdidas que se producen cuando un conductor es atravesado por una corriente eléctrica son directamente proporcionales a su longitud e inversamente proporcionales a la sección, por lo que se calcula multiplicando la resistividad nominal, ρ , por la longitud en km y se divide el producto por la sección en mm². El resultado se expresa en ohms (Ω) y como antes, sería la potencia disipada en forma de calor en el cable de que se trata al ser recorrido por una corriente de un amperio.

Generalmente se especifican a la temperatura en 20° C y en corriente continua. Por consiguiente, a 20° C y a la longitud de un km, se tiene las fórmulas:

$$\text{Cobre: } R_{20} = R \times \frac{254.5}{234.5 + t^{\circ}} \times \frac{1000 \text{ m}}{L \text{ (metros)}} \quad \text{F.1.4}$$

$$\text{Aluminio: } R_{20} = R \times \frac{248}{228 + t^{\circ}} \times \frac{1000 \text{ m}}{L \text{ (metros)}} \quad \text{F.1.5}^5$$

Coefficiente de temperatura de la resistencia

El coeficiente de temperatura de la resistencia, es un parámetro que mide el aumento de la resistencia eléctrica de un conductor, al elevarse la temperatura de un grado centígrado. Con cambios de temperatura hasta unos 100°C, la variación de la resistencia es prácticamente proporcional a la variación de temperatura y, por lo tanto, podemos considerar constante el coeficiente de temperatura γ .

Si R_{t_1} es la resistencia a una temperatura t_1 , la resistencia R_{t_2} a otra temperatura t_2 está expresada por:

⁵ CATALOGO DE CABLES PIRELLI Pg. 121

$$R_{t_2} = R_{t_1} [1 + \gamma (t_2 - t_1)] \quad \text{F.1.6}$$

Donde : γ = coeficiente de temperatura en $^{\circ}\text{C}^{-1}$

Esfuerzo y deformación

Los materiales que constituyen los conductores están sometidos a esfuerzos de tracción y a esfuerzos de compresión. El parámetro que mide este fenómeno se llama **coeficiente de trabajo a la compresión**, y se representa por:

$$\sigma_c = \frac{F_c}{s} \quad (\text{kg/mm}^2) \quad \text{F.1.7}$$

Donde: F_c = esfuerzo o carga de compresión que el material puede resistir con seguridad, en Kg.

s = sección normal del conductor en mm^2 .

El **coeficiente de trabajo a la tracción**, se representa por:

$$\sigma_t = \frac{F_t}{s} \quad (\text{kg/mm}^2) \quad \text{F.1.8}$$

Donde: F_t = esfuerzo o carga de tracción que el material puede resistir con seguridad, en Kg.

s = sección normal del conductor en mm^2

Todos los materiales se deforman en mayor o menor grado cuando se someten a esfuerzos mecánicos. Estas deformaciones pueden ser **elásticas** y **permanentes**. La deformación se llama elástica cuando el material vuelve a su forma y dimensiones originales una vez suprimido el esfuerzo; y se llama permanente, en caso contrario.

El esfuerzo que produce la aparición de una deformación permanente, se denomina **límite elástico de trabajo**; por debajo de este valor, el material es

elástico y, en general, la deformación es proporcional al esfuerzo. El límite elástico se expresa en kg/mm^2 .

Si se aplica a un material esfuerzos cada vez mayores, por encima del límite elástico, llega un momento en que el material se rompe; el esfuerzo mínimo que produce la rotura se denomina **límite de rotura o carga de rotura**, se expresa en kg/mm^2 .

1.3.2 FORMACIÓN DE CABLES

Alrededor de un hilo central o de un grupo de hilos centrales, que se denomina **alma ó núcleo**, se trenzan helicoidalmente una o varias capas de hilos de la misma sección, constituyendo el cable.

“Cuando el núcleo está constituido por un solo hilo, la primera capa trenzada helicoidalmente está constituida por 6 hilos; la segunda capa se trenza en sentido inverso a la primera y está constituida por 12 hilos; las siguientes capas se trenzan alternativamente, con hélice de paso hacia la derecha y hacia la izquierda y cada una de las capas está constituida por 6 hilos más que la capa precedente”⁶

En la figura 1.3 se observa la formación de cables con núcleo de un hilo.

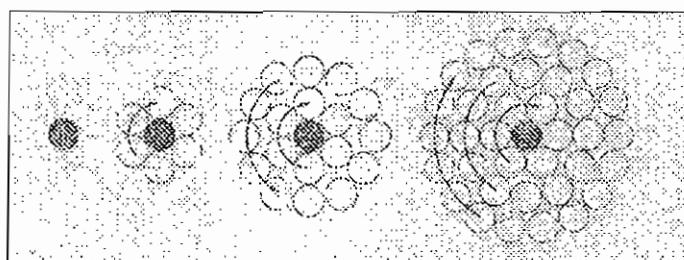


Figura 1.3 Formación de cables con núcleo de 1 hilo

Si el núcleo central está constituida por 3 hilos, la primera capa tendrá 9 hilos, la segunda capa, 15 hilos, la tercera capa 21 hilos y así sucesivamente. Como se muestra en la figura 1.4.

⁶ RAMIREZ VAZQUEZ JOSE (1973), "Instalaciones Eléctricas Generales", Enciclopedia CEAC DE ELECTRICIDAD, Ediciones CEAC, S.A., Barcelona-España. Pg. 180

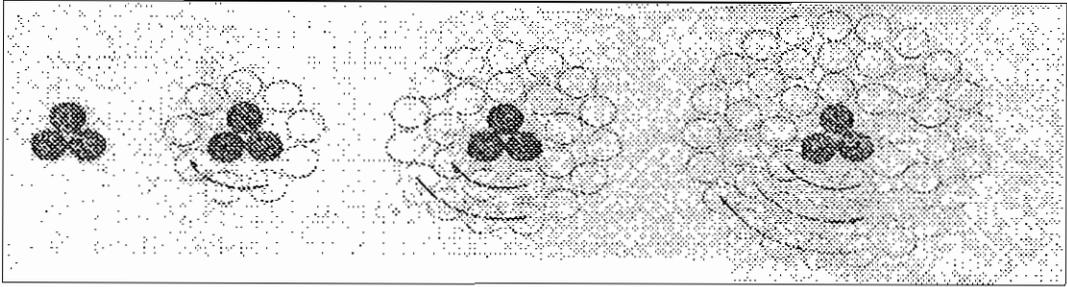


Figura 1.4 Formación de cables con núcleo de 3 hilos.

En general, el número total de hilos se determina por:

Para cables de alma unifilar (1,7, 19, etc): $N = 3n(n+1) + 1$ F.1.9

Para cables de alma trifilar (3,12,27, etc.): $N = 3n(n+2) + 3$ F.1.10

Donde, **n es el número de capas sobre el núcleo**, que no es contada como capa.

La flexibilidad de los cables es la ventaja sobre los hilos de la misma sección. Cuanto menor sea el diámetro de los hilos que constituyen el cable, más flexible será éste; pero existe un límite para dicho diámetro, ya que la resistencia eléctrica del cable crece con el número de hilos que lo constituyen. Actualmente, para secciones grandes (mayores a 10 mm² (10 AWG)) generalmente los fabricantes de cables usan cuerdas compactas o sectoriales⁷ que permiten obtener cables de inferiores dimensiones. Un ejemplo se observa en la figura 1.5.

⁷ Se denomina **cuerda convencional** a la que está constituida por varios alambres cableados que se distribuyen por coronas concéntricas sin presentar deformación alguna; **cuerda compacta** es la que por deformación de los alambres constituyentes, tiene reducidos los espacios entre ellos y **cuerda sectorial** es la que tiene una sección recta cuya forma aproximada es la de un sector circular.

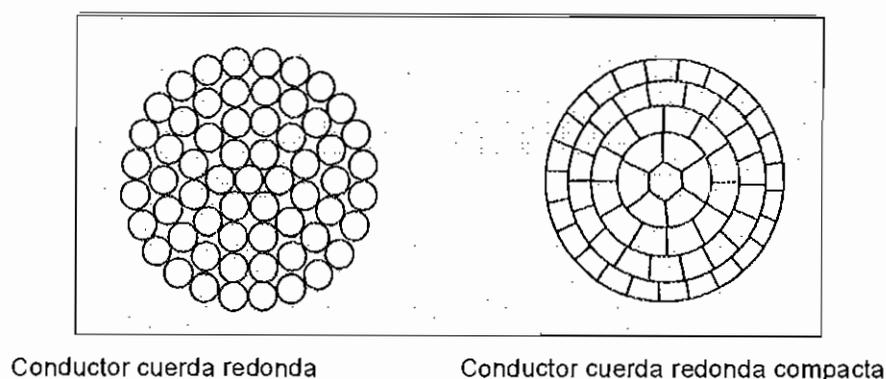


Figura 1.5: Formación de cables compactos⁸.

1.3.3 PARAMETROS CARACTERÍSTICOS DE LOS AISLANTES

Un material aislante (dieléctrico) es aquel que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite sus desplazamientos y, por ende, el paso de la corriente eléctrica cuando se aplica una diferencia de tensión entre dos puntos del mismo. En estos materiales para conseguir una determinada corriente sería necesario aplicar una tensión muchísimo más elevada que en el conductor; ello no ocurre dado que antes se produce la perforación del aislamiento que el paso de una corriente eléctrica detectable. Se dice entonces que su resistividad es prácticamente infinita.

Los aislantes son los que definen las características básicas de los cables en relación con sus prestaciones, el aislante es el componente más importante de un cable y es por eso que día a día se sigue investigando sobre estos.

Para seleccionar el tipo de aislamiento de un cable se deben tener en cuenta factores como:

⁸ CATALOGO DE CABLES PIRELLI S.A.I.C, Pg. 116.

- Voltaje y corriente a transmitirse por el cable
- Condiciones físicas del medio en el cual va a instalarse el cable (ambientes secos o húmedos, atmósferas corrosivas, esfuerzos mecánicos, temperatura del medio, atmósferas con gran concentración de ozono, etc.)
- Costos relativos de los diferentes tipos de cables (aquí deben incluirse los costos por instalación, uniones y terminales)
- Estabilidad y tiempo de vida
- Propiedades dieléctricas
- Resistencia a la ionización (efecto corona⁹)
- Resistencia a altas temperaturas
- Resistencia a la humedad
- Flexibilidad

No existe un aislante que cumpla con todas estas características, por lo cual al momento de seleccionar un aislante, se debe escoger el de mejores características.

Resistividad o resistencia específica

Es la resistencia que ofrece el aislante al paso de una corriente eléctrica, y se mide en $M\Omega \cdot Km$. La resistividad de los materiales aislantes es muy elevada, del orden de las potencias de 10. La resistividad de un material aislante disminuye con la temperatura.

En la práctica se determina multiplicando una constante característica de cada material aislante, denominada **Constante de Aislación**, K_i , por una función de los diámetros sobre la aislación (d_e) y sobre el conductor (d_j):

⁹ En líneas de transporte de energía de altas tensiones, se pueden presentar en puntos aislados fenómenos de luminiscencia, conocidos con el nombre de "Efecto Corona" y relacionado con el paso de electricidad desde los conductores a las capas de aire circundantes. Cuando el potencial de un conductor en el aire se eleva hasta valores que sobrepasan la rigidez dieléctrica del aire que rodea el conductor; el aire se ioniza y se vuelve conductor, con lo que el efecto es como si se aumentara el diámetro eficaz de dicho conductor. El Efecto Corona produce pérdidas de energía eléctrica, que son proporcionales a las tensiones e inversamente proporcionales a la sección transversal del conductor y a la distancia entre conductores.

$$\rho = K_i * \log (d_e / d_i) \quad [\text{en } M\Omega \cdot \text{km}] \quad \text{F.1.11}^{10}$$

Donde: K_i = constante de aislación en $M\Omega \cdot \text{km}$
 d_e = diámetro del aislamiento en mm
 d_i = diámetro del conductor en mm

Constante dieléctrica

"Es la relación de la densidad de flujo eléctrico que, en presencia de un campo eléctrico, atraviesa un aislante determinado y la que se obtendría si el dieléctrico fuera el vacío."¹¹

Matemáticamente se representa por:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_a}{\varepsilon_o} \quad \text{F 1.12}$$

Donde: ε = Constante dieléctrica relativa del conductor
 ε_a = Constante dieléctrica absoluta del material ($\text{Coul}^2 / \text{new} \cdot \text{m}^2$)
 ε_o = Constante dieléctrica en el vacío 8.85×10^{-12} ($\text{Coul}^2 / \text{new} \cdot \text{m}^2$)

Físicamente define el calentamiento de los aislantes cuando son sometidos a una tensión alterna; en otras palabras es el número de veces que un cuerpo es más aislante que el vacío. El valor de esta constante depende de la temperatura, la frecuencia y la tensión aplicada.

La constante dieléctrica ε , de los materiales aislantes oscila entre 2 y 10. Ningún cuerpo puede tener una constante dieléctrica menor que la unidad. Por ejemplo, ε , la constante dieléctrica para diferentes materiales aislantes es:

2.5 para el XLPE (polietileno reticulado),
 3 para el EPR (goma etileno propileno); y,
 entre 5 y 8 para el PVC (policloruro de vinilo).

¹⁰ CATALOGO DE CABLES PIRELLI S.A.I.C, pg. 121

¹¹ CATALOGO DE CABLES PIRELLI S.A.I.C, pg 121

Es un factor determinante de la **capacidad electrostática** de un condensador, cuyas armaduras son el propio conductor y el medio conductor que rodea el aislamiento: pantallas, armaduras, ó incluso el propio suelo, por lo que presenta una capacidad que, en ocasiones, es determinante.

La capacidad electrostática de un cable se obtiene por la fórmula

$$C = 0.024 \cdot \epsilon / (\log (d_e / d_i)) \text{ [en uF/ km]} \quad \text{F.1.13}$$

Rigidez dieléctrica – Gradiente eléctrico

Rigidez dieléctrica es la máxima tensión que soporta un aislante de espesor unidad sin perforarse; es un gradiente eléctrico que se mide en V/m; se define el gradiente eléctrico como el cociente de dividir la diferencia de potencial aplicada entre las dos caras de un material aislante por su espesor. Por lo tanto se expresa como:

$$E_d = \frac{V_d}{d} \quad (\text{KV/m}) \quad \text{F1.14}$$

Donde: E_d = rigidez dieléctrica en Kv/m
 V_d = Tensión de perforación (Valor pico) (KV)
 d = Distancia entre las placas del aislante (m)

La rigidez dieléctrica de un material depende, además de la distancia entre las placas del aislante, de la temperatura del espesor del aislante. Sin embargo, para un rango de temperatura (-50°C a +50°C) la rigidez dieléctrica puede considerarse independiente de la temperatura.

Cada material aislante presenta un gradiente de potencial límite, sobre la base del cual se determina el gradiente máximo de servicio al que puede trabajar el cable sin daño.

En el caso de un cable, la aislación está limitada por dos superficies cilíndricas concéntricas, por lo que el gradiente eléctrico no tiene un valor constante, sino que es inversamente proporcional al radio de curvatura del campo eléctrico, y responde a la expresión:

$$Ge = \frac{0.434 * Eo}{R \times \log (d_e / d_i)} \quad [\text{ en Kv/ mm }] \quad F.1.15^{12}$$

Donde: Ge = gradiente eléctrico en kV /mm
 Eo = potencial respecto a tierra del cable (kV)
 R = radio de curvatura del campo eléctrico, en mm (que generalmente coincide con la distancia desde el centro del conductor al punto considerado)
 d_e = diámetro exterior del aislamiento en mm (2R)
 d_i = diámetro del conductor en mm (2r)

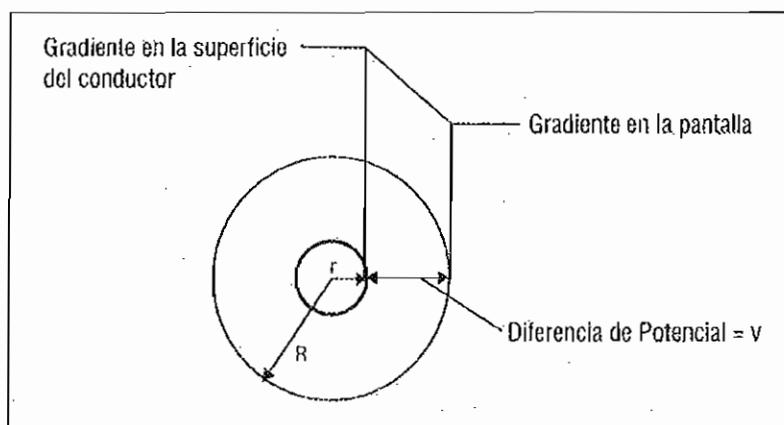


Figura 1.6: Gradiente electrostático en un cable unipolar apantallado¹³

¹² CATALOGO DE CABLES PIRELLI. pg. 122

¹³ CATALOGO DE CABLES PIRELLI S.A.I.C, Pg. 122.

El valor máximo del gradiente se presentará en el punto en el que r sea mínimo, esto es en la parte interior del aislamiento, donde:

$$r = d_i/2. \quad \text{F.1.16}$$

Sin embargo en ocasiones existen consideraciones de tipo mecánico o físico que obligan a adoptar espesores mayores de los que podrían aceptarse por razones eléctricas.

Tensión de perforación

La **tensión de perforación** se da en el momento en el que se produce la ruptura eléctrica del aislante y la corriente pasa a través de éste. Cuando la perforación eléctrica ocurre por debajo del valor de la temperatura límite, aquella ocurre únicamente por efecto de la tensión aplicada; si se produce sobre aquel valor de temperatura se llama **perforación electotérmica**. La tensión de perforación depende del tiempo en el cual se aplica la tensión y de la forma de los electrodos entre los cuales está el aislante.

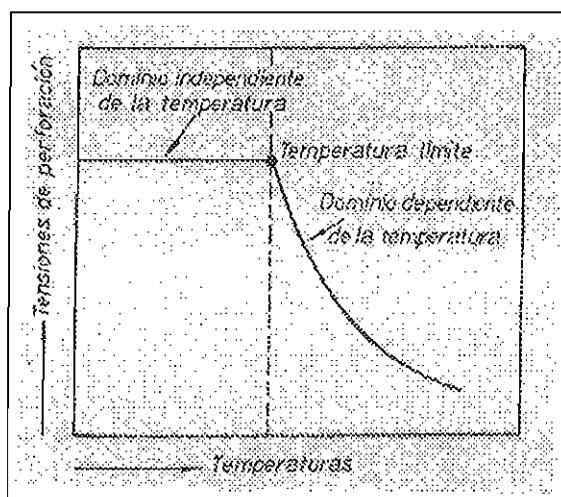


Figura 1.7 Curva de la tensión de perforación de un dieléctrico, en función de la temperatura¹⁴

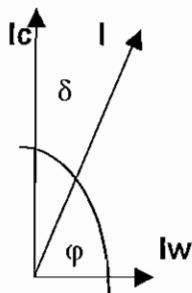
¹⁴ ENCICLOPEDIA CEAC DE ELECTRICIDAD, Pg. 518

Pérdidas en el dieléctrico

Por el sólo hecho de poner un cable en tensión, aún cuando no se alimente ninguna otra carga, se producen tres fenómenos:

- “Una corriente de fuga I_w (corriente activa), en fase con la tensión aplicada, que provoca pérdidas reales que se disipan en forma de calor.
- El campo alterno aplicado al cable hace oscilar las cargas de los átomos del aislante, produciendo un rozamiento que también calienta al cable produciendo pérdidas reales.
- Una corriente capacitiva I_c , de carga del cable como condensador cilíndrico. Esta corriente no se convierte en calor, ya que es una corriente reactiva, y está desfasada 90° con respecto a la tensión.”¹⁵

La corriente capacitiva de carga de un condensador, aparece siempre con un componente de corriente activa (I_w) que alimenta las pérdidas a) y b) que está en fase con la tensión aplicada (U_0), la corriente activa es de bajo valor y provoca calentamiento por efecto Joule; y la componente de corriente reactiva (I_c) que alimenta al condensador está en cuadratura. La relación entre ambas corrientes (I_w/I_c) se denomina **factor de pérdidas** y a δ **ángulo de pérdidas**, por lo tanto.



$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_w}{I_c} \quad \text{F1.17}$$

Donde: I_w = corriente activa en A
 I_c = corriente capacitiva en A

Figura 1.8 Factor de pérdidas de un dieléctrico¹⁶

¹⁵ CATALOGO DE CABLES PIRELLI S.A.I.C, pg. 123-124

¹⁶ ENCICLOPEDIA CEAC DE ELECTRICIDAD, Pg. 519

El factor de pérdidas ($\text{tg } \delta$) es una característica de cada material. Cuanto mayor sea la $\text{tg } \delta$ mayores serán las pérdidas en el aislamiento y el calentamiento del cable no ocasionado por el paso de la corriente útil o pérdidas por efecto Joule.

En el caso de que no existan pérdidas $l_w = 0$, y el factor de pérdidas o disipación dieléctrica también será cero; de esto se deduce que este factor es una medida de las pérdidas ocasionadas por la circulación de la corriente activa por el dieléctrico del condensador.

De la figura 1.8 se tiene:

$$\text{sen } \delta = l_w / I \quad \text{F.1.18}$$

$$\delta = (90^\circ - \varphi) \quad \text{F.1.19}$$

Reemplazando 1.19 en 1.18

$$\text{sen } (90^\circ - \varphi) = l_w / I \quad \text{F. 1.20}$$

$$\text{cos } \varphi = l_w / I \quad \text{F.1.21}$$

Por lo tanto de 1.18, 1.20 y 1.21 se tiene:

$$\text{sen } (90^\circ - \varphi) = \text{cos } \varphi = \text{sen } \delta = l_w / I \quad \text{F.1.22}$$

El ángulo de pérdidas δ , generalmente tiene un valor pequeño razón por la cual, l_w es aprox. Igual a I , por lo que :

$$\text{tang } \delta = \text{sen } (90^\circ - \varphi) = \text{cos } \varphi = \text{sen } \delta, \quad \text{F.1.23}$$

por lo cual se concluye que el factor de disipación dieléctrica es aproximadamente igual al factor de potencia ($\text{cos } \varphi$) del dieléctrico.

Conocido el factor de potencia del dieléctrico ($\cos\phi$) pueden calcularse las pérdidas dieléctricas del condensador:

$$P_w = I_w * E \quad (\text{en W}) \quad \text{F.1.24}$$

La corriente de carga del cable considerado como un condensador cilíndrico es

$$I_c = w * C * E_o \quad (\text{en A}) \quad \text{F.1.25}$$

De 1.17 tenemos

$$I_w = I_c * \text{tg } \delta \quad \text{F. 1.26}$$

$$y \quad w = 2 * \pi * f \quad \text{F.1.27}$$

Reemplazando 1.27 en 1.25

$$I_c = 2 * \pi * f * C * E_o \quad \text{F.1.28}$$

Reemplazando 1.28 en 1.26

$$I_w = 2 * \pi * f * C * E_o * \text{tg } \lambda \quad \text{F.1.29}$$

Reemplazando 1.29 en 1.24

$$P_w = 2 * \pi * f * C * E_o^2 * \text{tg } \delta \quad [\text{en W/km por fase}] \quad \text{F.1.30}$$

De 1.23 se tiene

$$P_w = 2 * \pi * f * C * E_o^2 * \cos\phi \quad \text{F.1.31}$$

En un cable trifásico las pérdidas serán 3 veces mayores, pero como:

$$E = E_o * \sqrt{3}$$

$$E_o^2 = E^2 / 3 \quad \text{F.1.32}$$

$$P_w = 2 * \pi * f * C * E^2 * \cos\phi \quad \text{F.1.33}$$

Donde: f = frecuencia en ciclos /segundo

E_o = Voltaje aplicado en las placas del condensador en V

C = Capacidad del condensador en Faradios

$\operatorname{tg} \delta$ = factor de pérdidas del dieléctrico.

$\cos \varphi$ = factor de potencia del dieléctrico.

Es decir que para una tensión, frecuencia y capacidad dadas, el valor de $\operatorname{tg} \delta$ es un índice de las pérdidas dieléctricas.

Las fórmulas F.1.31 y F.1.33 son aplicables al cálculo de las pérdidas en el dieléctrico de cables ya que estos actúan como condensadores, puesto que tienen capas alternadas de conductores y aislantes. El conocimiento del ángulo de pérdidas δ es muy importante para saber los límites de funcionamiento de un cable, ya que si las pérdidas dieléctricas son elevadas, el cable se calentará y disminuirá su rigidez dieléctrica, con riesgo de perforación.

La curva del factor de pérdidas de un cable presenta un codo, como se observa en la fig. 1.9, para un determinado valor de la tensión, denominado **punto de ionización** y a partir de este punto, el factor de pérdidas crece linealmente con la tensión; ello es debido al proceso de ionización de las inclusiones gaseosas del aislamiento. Naturalmente, se exige que el punto de ionización esté situado por encima del valor de la tensión de servicio del cable.

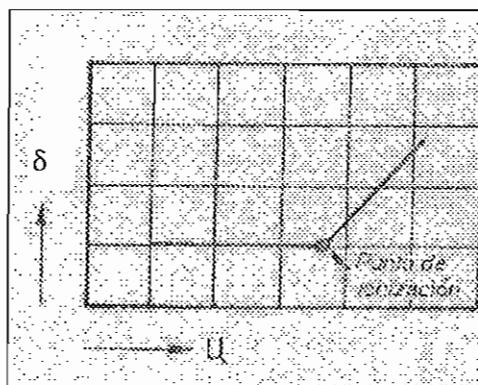


Figura. 1.9 Curva del factor de pérdidas de un dieléctrico en función de la tensión¹⁷.

¹⁷ Enciclopedia CEAC de electricidad, pg 520

En los cables, las pérdidas dieléctricas se expresan en vatios por kilómetro de longitud, siempre que la capacidad se exprese en faradios por km. Estas pérdidas representan, aprox., el 1% de las pérdidas totales de la línea.

Descargas parciales

La eventual presencia de burbujas ocluidas (atascadas) en el aislamiento de un cable, generalmente de aire o vapor de agua, al ser sometidas a un gradiente de tensión superior al requerido para su ionización, provoca la formación de iones a partir de los átomos de dicho gas. Estos iones, acelerados por el campo eléctrico presente, adquieren velocidad y, en consecuencia, energía cinética que, si el diámetro de la burbuja o, la intensidad del campo es de la magnitud adecuada, puede ser suficiente para arrancar nuevos átomos de las paredes de la burbuja que, a su vez, se ionizarán, provocando una avalancha de partículas cargadas, que se conoce con el nombre de descargas parciales. Las mismas pueden producirse entre conductor y aislamiento (efecto corona), en el interior del aislamiento (descargas parciales interiores) o en el exterior del aislamiento (descargas superficiales).

En caso de producirse, esta ionización ataca el aislante, en mayor o menor grado, según las características de cada material, e irá progresando con el tiempo formando diminutos canales hasta producir la perforación del aislamiento. A estos defectos se los conoce como "arborescencias de origen eléctrico", para diferenciarlas de otras de origen químico o electroquímico ocasionados por la presencia de contaminantes y humedad.

En baja tensión no se suele alcanzar el potencial de ionización del aire, pero en los cables de media y alta tensión con aislación seca, su estructura molecular sólida hace que, si se presenta un punto de ionización, se mantenga siempre en el mismo lugar hasta provocar la perforación del aislante.

Para resolver este problema se debe :

- Mejorar la calidad de los materiales aislantes.
- Mejorar el proceso de confección de los compuestos aislantes, evitando la presencia de impurezas procedentes de otras elaboraciones.
- Eliminar la presencia de burbujas en el aislante con un control adecuado del proceso de extrusión y reticulación.

La capa semiconductor bajo el aislamiento permite rellenar los espacios vacíos entre la corona exterior del conductor y evitar la presencia de aire atascado entre el conductor y el aislante. Por la misma razón se coloca otra capa semiconductor entre el aislamiento y el blindaje metálico.

Espesor del aislante

Puesto que un cable se comporta como un condensador de láminas cilíndricas coaxiales puede aplicársele la siguiente fórmula:

$$E = \frac{V}{r \cdot \ln(R/r)} \quad \text{F1.34}^{18}$$

Donde: E = intensidad de campo eléctrico (V/cm)
 V = voltaje aplicado (V)
 r = radio del conductor (cm)
 R = radio sobre el dieléctrico (cm)

En el caso de un cable aislado, V es el voltaje entre el conductor y la lámina de protección contra la humedad.

Al examinar la figura 1.6 se deduce que.

$$\text{Espesor del aislante} = R - r \quad (\text{cm}) \quad \text{F.1.35}$$

Despejando R de la Fórmula F1.34, se tiene que:

$$R = r \cdot E^{V/r \cdot E} \quad (\text{cm}) \quad \text{F. 1.36}$$

¹⁸ TAPIA CALVOPÍÑA LUIS (1973), "Capacidad térmica de cables en ductos y bandejas. Método Digital. Pg. 17

Al reemplazar la fórmula F.1.36. en F.1.34 se obtiene:

$$\text{Espesor del aislante} = r (e^{V/r \cdot E} - 1) \quad (\text{cm}) \quad \text{F.1.37}$$

El voltaje V , depende del tipo de sistema a utilizarse, por ejemplo, se tiene sistemas trifásicos a 4 conductores y sistemas trifásicos a 3 conductores, conectados en delta y en estrella como se observa en las figuras 1.10 y 1.11. Donde V_{fn} es el voltaje fase neutro y V_{ff} es el voltaje entre fases.

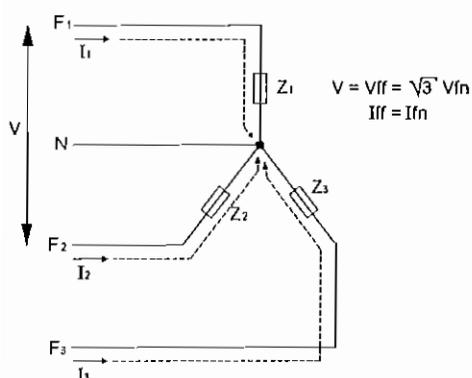


Figura. 1.10 Sistema trifásico a 4 conductores

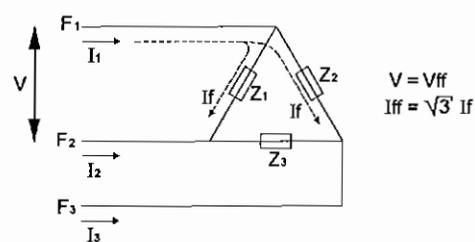


Figura. 1.11 Sistema trifásico a 3 conductores

Por lo tanto, si el sistema es con neutro puesto a tierra, se tiene que:

$$V = \frac{V_{ff}}{\sqrt{3}}$$

Pero si el sistema no está puesto a tierra:

$$V = V_{ff}$$

El valor de la intensidad de campo (E) expresado en kV por cm del espesor de un aislante determinado, depende del tiempo en el cual se aplica la tensión, de la temperatura del medio y de la forma de los electrodos entre los cuales está puesto el aislante.

Por ejemplo, para papel impregnado en aceite, la tensión aplicada a un aislante que tiene un espesor de 0.1 mm, durante un minuto a 20°C o 90°C es de 10 kV; y, por lo tanto la intensidad de campo es:

$$E = \frac{10 \text{ Kv}}{0.1 \text{ mm}} = 100 \text{ kV / mm}$$

1.3.4 MATERIALES AISLANTES EMPLEADOS EN CABLES

Los materiales aislantes más usados para fabricar cables son los siguientes:

1. Estratificados (fajados): papel impregnado
2. Sólidos o secos (extruídos):
 - PLÁSTICOS
 - Termoplásticos: policloruro de vinilo (PVC), polietileno.
 - Termoestables: polietileno reticulado (XLPE)
 - ELASTOMEROS: caucho natural (goma) y sintético, etileno-propileno (EPR).
3. Aislantes especiales: siliconas, aislantes minerales, hypalón, teflón, etc.

1.3.4.1 Aislantes estratificados

El papel impregnado con resinas y aceites minerales es el más utilizado de los materiales aislantes estratificados.

El papel constituye un producto forrado de fibras, copos y escamas compuesto sobre todo por celulosa, pero que también puede contener materiales orgánicos artificiales, o vidrio, amianto y mica. El papel a base de celulosa es el más empleado. Tiene excelentes propiedades dieléctricas pero tiene el problema que es muy higroscópico y la humedad le hace perder sus propiedades aislantes; por esta razón, el papel no puede utilizarse por sí solo como material aislante, sino que debe impregnarse de alguna otra sustancia aislante líquida (resinas, aceites

minerales, etc.), o bien sumergirse en aceites minerales o, finalmente, rodearse de algún gas seco a presión. Al impregnar en aceite el papel pierde sus propiedades higroscópicas.

Con el objeto de evitar la entrada de humedad a los cables aislados con papel impregnado en aceite debe usarse una envoltura de plomo o de aluminio rodeando a las capas aislantes.

Se lo usa en cables de potencia para tensiones superiores a los 69 kV. En el **ANEXO 1**, se indican las propiedades más importantes del papel impregnado en aceite.

1.3.4.2 Aislantes sólidos o secos

Los diferentes tipos de aislantes sólidos son los **materiales plásticos** y los **elastómeros**, es decir los derivados del caucho. Ver **ANEXO 1**.

MATERIALES PLÁSTICOS

Los materiales plásticos atendiendo a su comportamiento frente al calor, se dividen en dos grupos: **termoplásticos y termoestables**.

Los termoplásticos se ablandan con el calor, lo que permite moldearlos repetidas veces sin que pierdan sus propiedades. Los termoestables solamente son plásticos al calentarlos por primera vez durante su proceso de fabricación; después de enfriados ya no se ablandan por un nuevo calentamiento y no pueden recuperarse para posteriores transformaciones. Por lo general los materiales termoplásticos se ablandan a temperaturas relativamente bajas y pierden parte de sus propiedades mecánicas mientras están calientes, aunque luego las recuperan al enfriarse; por el contrario, los materiales termoestables resisten elevadas temperaturas, aunque cuando alcanzan una temperatura crítica, pierden definitivamente sus propiedades mecánicas.

Un material plástico es, una mezcla de materiales, el **material básico** o aglutinante es una resina sintética que da nombre al material y que, por lo general, es quien tiene las propiedades dieléctricas. A este material se añaden diversos aditivos, es decir, sustancias que aumentan las propiedades mecánicas, químicas, etc. del material básico.

Los materiales plásticos más utilizados para la fabricación de cables son:

- Policloruro de vinilo (PVC)
- Polietileno
- Polietileno reticulado (XLPE)

A continuación se indica las principales características y sus usos.

Policloruro de vinilo (PVC)

El policloruro de vinilo es un material termoplástico puro; no se lo puede utilizar puro por su falta de flexibilidad y su rápido envejecimiento a bajas temperaturas, por lo que se lo utiliza mezclado con ciertos elementos. Tiene elevada rigidez dieléctrica y gran resistencia al ozono y a los agentes químicos; además resiste perfectamente la humedad ya que incluso pueden instalarse directamente en el agua los cables aislados y recubiertos con este material; su principal inconveniente es que su factor de pérdidas es elevado y, por lo tanto, también son elevadas sus pérdidas dieléctricas; como éstas pérdidas son proporcionales al cuadrado de la tensión de servicio, pueden adquirir valores considerables para altas tensiones cuando las longitudes de las líneas son grandes.

El PVC es utilizado como aislante para la mayoría de los cables de uso domiciliario, edificios e instalaciones industriales.

Las mezclas de PVC empleadas presentan una acentuada estabilidad térmica, que permite a estos cables funcionar con una temperatura de 70°C en régimen continuo normal, 100°C en condiciones de emergencia y 160°C en cortocircuitos.

Poliétileno

Es un material incoloro, translúcido y termoplástico, graso al tacto, no tóxico y menos denso que el agua. Sufre la acción nociva del oxígeno durante una exposición prolongada a la intemperie, endureciéndose y perdiendo sus propiedades; por esta razón se lo mezcla con aditivos antioxidantes. Es antihigroscópico, incluso en caliente. Es muy resistente a los ácidos. Soporta temperaturas comprendidas entre -50°C y $+80^{\circ}\text{C}$.

El polietileno es un excelente dieléctrico por su bajo factor de pérdidas, incluso a altas frecuencias, y su elevada resistividad.

Debido a su resistencia a la corrosión, el polietileno se lo usa también como complemento del plomo para proteger al cable contra acciones exteriores, por ejemplo la humedad, con lo cual se obtiene una importante disminución del peso de los cables. Se lo usa además en el revestimiento exterior de los cables para tensiones de servicio de hasta 30 KV , utilizado en cables subterráneos.

Gracias a sus propiedades eléctricas, el polietileno es ideal para cables de comunicaciones en alta frecuencia donde la capacitancia y atenuación deben ser mínimas.

Poliétileno Reticulado (XLPE)

El polietileno reticulado es un material termoestable (una vez reticulado no se ablanda con el calor). Presenta mejores características eléctricas y térmicas que el PVC por lo que se lo utiliza en la construcción de cables de baja, media y alta tensión. Además sus excelentes propiedades reducen la necesidad de chaqueta protectora sobre el aislamiento.

El polietileno reticulado es una sustancia que permite eliminar la condición termoplástica del polietileno, aumentando de esta forma las temperaturas de trabajo y de fusión del material. La reticulación es la propiedad de fundirse a altas temperaturas sin reblandecimiento previo.

El polietileno reticulado conserva todas las propiedades eléctricas, mecánicas y químicas del polietileno inicial, pero su temperatura de trabajo se eleva ahora hasta unos 90° C en los conductores y en casos de emergencias hasta 130°C, sin que la vida del cable resulte seriamente afectada. En casos de cortocircuitos puede alcanzar temperaturas de 250° C durante 30 segundos y se carboniza sin previa fusión alrededor de los 300° C., por lo que su uso es reconocido en instalaciones de alta seguridad, como en industrias petroleras. Además, siendo el polietileno reticulado un material termoestable, los cables presentan un elevado grado de seguridad en caso de sobrecargas y cortocircuitos, brindando a la instalación una mayor confiabilidad con relación a la continuidad del servicio.

Debido a la notable estabilidad térmica del polietileno reticulado, estos cables pueden funcionar con una temperatura mayor que la admitida por el PVC, lo que permite utilizar una menor sección del conductor, con el consiguiente beneficio económico.

A partir de la tensión de 3.3 kV los conductores aislados con polietileno reticulado van recubiertos de una **capa semiconductor** cuya función es doble:

Primero, impedir la ionización del aire que, de lo contrario, se encontraría entre el conductor metálico y el material aislante (efecto corona); y segundo, mejorar la distribución del campo eléctrico en la superficie del conductor.

ELASTOMEROS

Los elastómeros son materiales elásticos, de origen natural o sintético. Se caracterizan porque tienen la propiedad de recuperar sus dimensiones iniciales al dejar de actuar la tensión mecánica que las había alterado (extendido), siempre que no se sobrepase el límite de elasticidad del material. La mayoría de los elastómeros no tienen, primitivamente, estas condiciones elásticas, por lo que se les somete a un tratamiento térmico denominado **vulcanización**, durante el cual se eleva a estos materiales a temperaturas entre 130°C y 150°C, añadiendo

ciertas sustancias (azufre y otras), que transforman la masa plástica (de caucho natural, por ejemplo) en elástica (caucho vulcanizado o goma).

Los elastómeros utilizados como aislantes son:

- Caucho natural y vulcanizado.
- Caucho sintético; y,
- Goma etileno – propileno (EPR)

A continuación se indican las principales características y sus usos.

Caucho natural y vulcanizado

El primer elastómero usado como aislante de cables eléctricos fue el caucho natural, mezclado con ciertos aditivos para mejorar sus propiedades dieléctricas. Es resistente a la humedad y su temperatura de operación alcanza hasta los 60°C. Se lo usa como aislante y cubierta de cables de baja tensión y de alta tensión hasta 20kV.

El caucho vulcanizado posee buenas características dieléctricas pero tiene el inconveniente de que se producen reacciones químicas entre el cobre y el caucho cuando están en contacto directo, lo que provoca, a la larga, la destrucción de la goma; por esta razón, en los cables de cobre con aislamiento de goma debe estañar el cobre.

Cauchos Sintéticos

El caucho natural ha sido reemplazado por los denominados cauchos sintéticos, que son elementos artificiales con características de elasticidad semejantes a las del caucho natural. Los principales cauchos sintéticos son:

- **Butadieno – estireno** : es el más parecido por sus propiedades al caucho natural; supera a este material en resistencia a la abrasión y resistencia a los aceites derivados del petróleo, y le es inferior en resistencia al frío,

resistencia mecánica a elevadas temperaturas y deformaciones permanentes.

- **Butadieno – acrilonitrilo:** Puede aplicarse solo o mezclado con otros elementos que son plastificantes, agentes de vulcanización, antioxidantes, cargas reforzantes, cargas inertes y pigmentos. También se emplea como ingrediente en la mezcla de otros aislantes tales como el caucho natural, el Buna y el policloruro de vinilo. Tiene buena resistencia al ataque fotoquímico y a los aceites, y permite un amplio margen de temperaturas en condiciones de servicio. Eléctricamente son dieléctricos muy deficientes por lo que no se emplean normalmente como materiales de aislamiento, pero sí como revestimientos exteriores de los cables, debido a sus buenas cualidades de resistencia al aceite, a la abrasión y a las altas temperaturas.
- **Policloropreno (PCP):** posee excelentes cualidades mecánicas por lo que le considera un material muy idóneo para aplicación de cubiertas. Como aislante se emplea en cables de baja tensión. Tiene buenas propiedades frente al ataque de agentes químicos y de la luz, así como buenas cualidades térmicas. Cuando se le adiciona una fuerte proporción de hollín adquiere una excepcional resistencia a la abrasión.
- **Poliisobutileno – isopreno:** Su débil resistencia al ozono hace que sus aplicaciones queden reducidas a revestimientos aislantes, pero sin cubierta de protección no puede ser utilizado a la intemperie, circunstancia que limita sus aplicaciones en alta tensión. Permite temperaturas de trabajo de 80°C a 90°C, tiene unas condiciones elásticas extraordinarias, recuperando su forma anterior después de una deformación por compresión cuando ha desaparecido la causa que la ha provocado. Posee además una resistencia química superior al caucho natural, frente a agentes tales como ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, sales metálicas, etc.

Goma etileno propileno (EPR)

Material termoestable con características comparables al XLPE pero más flexible. Su temperatura de funcionamiento es de -70° C a 85°C, donde presenta buena flexibilidad y 250° C durante 5 segundos para el caso de cortocircuitos.

Constituido por una mezcla de polietileno y polipropileno. Según varíe el contenido de uno u otro de estos dos materiales básicos, pueden variar también las características del cuerpo resultante, que van desde un termoplástico a las de un elastómero.

Este material puede emplearse como aislamiento y, en algunos casos, como cubierta exterior. Su principal característica es que es resistente a los aceites y a los disolventes, es inflamable aunque de combustión retardada, pudiendo reducirse su combustibilidad, aplicando unas cubiertas apropiadas de policloruro de vinilo.

Es resistente a los efectos provocados por la ionización del aire, pudiendo considerarse notablemente superior al caucho butílico en ese aspecto. Las características eléctricas son parecidas a las del caucho butílico, permitiendo aplicaciones ampliadas a las destinadas a la alta tensión, por su resistencia a los efectos de la ionización.

Cables aislados con EPR son usados para circuitos de fuerza y control y pueden ser instalados en tuberías conduit, ductos, líneas aéreas ó directamente enterrados en el suelo.

Los valores aproximados del factor de pérdidas ($\text{tg } \lambda$) de estos aislamientos son:

PVC: 0,1

EPR: .0,020

XLPE: 0,004

Como se puede observar las pérdidas dieléctricas del PVC son 5 veces mayores que el EPR y 25 veces más que el XLPE, por lo que el PVC debe ser desestimado como aislante en los cables de media y alta tensión.

En general, todos los elastómeros citados tienen limitaciones en su aplicación como aislantes a causa de que con altas tensiones sufren esfuerzos de tracción, (por ejemplo, en los codos) y aparecen huellas de ozono debido a la ionización

del aire, se originan fácilmente grietas por las que puede producirse la perforación eléctrica.

Las aplicaciones de los elastómeros como aislantes están limitadas hasta tensiones de servicio de 20 kV. Las temperaturas máximas admisibles varían entre 60°C y 110°C. Los elastómeros tienen elevada constante dieléctrica (2 a 15) y un factor de pérdidas (0.02 a 0.04).

1.3.4.3 Aislantes Especiales

Para el caso de instalaciones sometidas a condiciones especiales (altas temperaturas, ambientes corrosivos, etc.) se emplean otros aislantes especiales, como son:

- el polietileno sulfonado (hypalon)
- el caucho de silicona
- el politetrafluoretileno (teflón)
- poliamidas

En este grupo tenemos materiales que poseen excelentes propiedades eléctricas y mecánicas, pero su uso se ve restringido de cierta manera por su elevado costo.

POLIETILENO SULFONADO

Es un elastómero de buenas propiedades mecánicas que tiene una gran resistencia a la oxidación. Las propiedades eléctricas son excelentes para su utilización como aislamiento. Sus posibilidades en cuanto a servicios para altas temperaturas le permiten trabajar en servicio permanente en la gama comprendida entre -50°C y 120°C, pudiendo alcanzar en servicio intermitente, la temperatura de 150°C.

CAUCHO DE SILICONA

Tiene la ventaja de su elevada resistencia al ozono, a los rayos ultravioletas y al efecto de ionización y su excelente resistencia a los agentes oxidantes. Permiten una amplia gama de temperaturas, de -60°C a 180°C para funcionamiento

permanente. Con refuerzo de fibras de vidrio se aumentan sus propiedades mecánicas.

POLITETRAFLUORETILENO

Es un termoplástico que tiene excelente estabilidad frente al envejecimiento por oxidación, especialmente a elevadas temperaturas. Conserva las mismas propiedades físicas y químicas que el polietileno, con la particularidad de que la presencia de flúor le proporciona gran resistencia a los agentes químicos. Es translúcido, blanco o grisáceo. Inalterable a la luz solar y a los agentes atmosféricos. Nula absorción a la humedad. Se descompone a una temperatura de 450°C a 500°C en funcionamiento permanente, abarca una gama de temperaturas comprendida entre -55°C y + 325°C. Presenta muy buenas cualidades eléctricas, incluso a altas temperaturas. No lo atacan los ácidos o disolventes, ni siquiera a temperaturas elevadas; en cambio sí pueden atacarlo las bases concentradas.

Las propiedades mecánicas están afectadas por el grado de cristalinidad de su estructura. A pesar de tan magníficas propiedades, actualmente no se emplea mucho como aislante para instalaciones generales a causa de su elevado precio (unas 10 veces más que el del polietileno); se emplea, sin embargo, en instalaciones sometidas a exigentes condiciones de funcionamiento.

POLIAMIDAS

Son termoplásticas, de tipo fibroso, de aspecto lechoso y translúcido. Son muy estables a los rayos solares y no sufren envejecimiento. Son tenaces, elásticas, flexibles y resistentes a la tracción, al choque y a la abrasión, por lo que puede decirse que sus propiedades mecánicas son excelentes. Tienen buena resistencia a los agentes químicos puesto que no las afectan la mayoría de los disolventes y son impermeables a las lejías y detergentes.

Como desventaja, ha de citarse su higroscopicidad. Presentan excelentes cualidades eléctricas. Pueden funcionar permanentemente en una gama de temperaturas comprendidas entre -60°C y +110°C. Se refuerzan las poliamidas

con fibra de vidrio, adquiriendo extraordinarias propiedades mecánicas y pudiendo entonces emplearse en aplicaciones que requieran gran esfuerzo a la tracción (en pozos de minas, por ejemplo), estabilidad dimensional y trabajo permanente en un amplio margen de temperaturas.

1.3.4.4 Resumen de materiales aislantes

La tendencia actual en la industria sobre el empleo de los principales materiales aislantes en cables eléctricos es: estacionario: papel impregnado; decreciente: caucho natural, caucho butílico, caucho de silicona; creciente: Politetrafluoretileno, polietileno normal, polietileno reticulado, policloruro de vinilo.

Nombres comerciales de diferentes materiales aislantes plásticos y elastómeros son:

Policloruro de vinilo :	PVC, KORESAL, VINYLITE, VINYON, SARAN
Polietileno :	POLITENO, ALKATHENE
Polietileno sulfonado :	HYPALON
Politetrafluoretileno :	PTFE, TEFLON, FLUON
Poliamida :	NYLON, RILSAN
Butadieno-estireno :	G.R.-S, S.B.R., BUNA-S
Butadieno-acrilonitrilo :	G.R.-A, BUNA-N, PERBUNAN
Policloropreno :	G.R.-N, NEOPRENO
Polisobutileno-isopreno :	G.R.-I, BUTIL-CAUCHO, VISTANEX, OPANOL
Caucho de silicona :	RHODORSIL, SILASTIC

En el **ANEXO 1**, se muestra un compendio de las principales características de los materiales aislantes. En el **ANEXO 2** se observa el tipo de aislamiento usado en diferentes tipos de cables.

1.3.5 CUBIERTAS PROTECTORAS

Las cubiertas protectoras, son protecciones aplicadas sobre el aislante en los cables, pueden cumplir funciones eléctricas y/o mecánicas, y se dividen en cuatro tipos diferentes: protecciones eléctricas, pantallas o blindajes, protecciones mecánicas y vainas exteriores. El objeto de las cubiertas protectoras es la de

proporcionar al cable mayor resistencia mecánica y protegerlo contra la humedad y corrosión .

1.3.5.1 Protecciones eléctricas

Se trata de delgadas capas de material sintético conductor que se coloca en los cables de aislación seca de polietileno reticulado (XLPE) de tensión superior o igual a 3.3 KV, y en los de goma etileno propileno (EPR) a partir de 6.6 KV.

La capa inferior, colocada entre el conductor y el aislante, tiene por objeto hacer perfectamente cilíndrico el campo eléctrico en contacto con el conductor, rellenando los huecos dejados por alambres que constituyen las cuerdas. La capa externa cumple análoga función en la parte exterior de aislamiento y se mantiene al potencial de tierra.

1.3.5.2 Pantallas o blindajes

Son los elementos metálicos generalmente de cobre, materializados en forma de cintas o alambres aplicados en forma helicoidal o cintas corrugadas, que tienen como objeto proteger al cable contra interferencias exteriores, darle forma cilíndrica al campo eléctrico, derivar a tierra una corriente de falla, etc.

En el caso de los cables de alta tensión para uso enterrado, esta protección está formada por una envoltura (vainas) continua y estanca de plomo o aluminio.

1.3.5.3 Protecciones mecánicas

Son las armaduras metálicas formadas por alambres o flejes de acero o aluminio.

1.3.5.4 Vainas exteriores o cubiertas propiamente dichas

La mayoría de los cables poseen vainas exteriores que forman una barrera contra la humedad y las agresiones mecánicas externas.

Según el uso estas vainas pueden ser de diferentes materiales como:

Policloruro de vinilo (PVC) para cables de uso general, con el agregado de aditivos especiales adquiere características de resistencia a la propagación de incendio, al frío, a los hidrocarburos o de reducida emisión de gases tóxicos corrosivos.

También pueden ser de Polietileno para cables de uso enterrado que requieran una buena resistencia contra la humedad o de Polietileno Cloro – sulfonado (Hypalon) cuando se requiera flexibilidad y resistencia a los aceites.

Una buena resistencia mecánica se obtiene con el Polietileno reticulado o poliuretano y cuando se requiere a la vez flexibilidad y gran resistencia a las agresiones mecánicas se usa el Policloropreno (Neoprene).

En el **ANEXO 2**, se observa diferentes recubrimientos que se usan para diferentes aislamientos y los nombres que toman los cables de acuerdo a los elementos utilizados.

1.4 DESIGNACIÓN DE LOS CABLES

Todos los cables deben ir marcados con la información que indique los siguientes datos básicos:

- Tensión nominal máxima que soporta el conductor
- La letra o letras que indican el tipo de hilos o cables.
- El nombre del fabricante, marca comercial u otra marca que permita identificar fácilmente a la organización responsable del producto.
- La sección en número AWG o en mils¹⁹. Ver **ANEXO 6**.

¹⁹ Existen varios sistemas para establecer el calibre de los conductores, el sistema americano AWG (American Wire Gauge) es el más conocido en nuestro medio. Además existe el de mils de circunferencia, 1mil = 1 milésima de pulgada = 25.4 micras.

Adicionalmente, se puede marcar características especiales de los cables como: "LS" = limited smoke o humo limitado; "resistente a la luz solar", etc.; también se puede poner sufijos que indican el número de conductores.

La designación se realiza por medio de siglas como se indica en los siguientes literales a, b, c, y d; y permite identificar un cable antes de su instalación.

Generalmente cada fabricante tiene sus letras características, de acuerdo al país, sin embargo enunciaremos las designaciones según las Normas españolas UNE.

- a) El tipo constructivo se designa por un grupo de letras que caracterizan los principales elementos constitutivos del conductor, en el orden sucesivo tecnológico de su fabricación.

La primera letra caracteriza el tipo de aislamiento de los conductores. Para identificar estos aislamientos, se emplean las letras:

P= papel impregnado
V = policloruro de vinilo
E = polietileno
R = polietileno reticulado
G = caucho natural vulcanizado
B = caucho butílico
K = caucho de silicona
L = etileno propileno

La segunda letra indica si el cable es apantallado. Se emplea los símbolos siguientes:

Sin indicación = no apantallado
H = pantalla

La siguiente letra, que es la segunda en el caso de que no haya apantallamiento y la tercera si lo hay, indica la naturaleza de la envoltura metálica que rodea a los aislamientos de los conductores, de acuerdo con los siguientes símbolos:

P = tubo continuo de plomo

Al = tubo continuo de aluminio

A = tubo corrugado de aluminio

C = tubo corrugado de cobre

Las restantes letras de la designación indican las diferentes y eventuales protecciones mecánicas, químicas, etc., necesarias para el buen servicio del cable. Los símbolos utilizados coinciden con los de los aislamientos que figuran en primer lugar, su situación en el conjunto de la designación indicará dónde está empleado el revestimiento correspondiente.

Las armaduras se designan con las siguientes letras:

F = flejes de hierro o de acero

FA = flejes de aluminio

M = alambres de hierro o de acero

MA = alambres de aluminio

Q = pletinas de hierro o de acero

QA = pletinas de aluminio.

La última letra de la designación indica la naturaleza de la cubierta exterior, de acuerdo con los siguientes símbolos:

J = fibras textiles impregnadas

V = policloruro de vinilo

G = caucho natural vulcanizado

N = policloropreno (neopreno o equivalente)

K = caucho de silicona

- b) En las indicaciones relativas a los conductores, se expresa:
1. La cifra que corresponde al número de conductores, seguida de una X.
 2. La sección nominal de un conductor, expresada en mm^2 .
 3. En el caso de cables multipolares de almas con envoltura metálica individual, se indicara un conductor 1) seguido del signo X y de la sección nominal, todo ello dentro del paréntesis precedido por el número de envolturas metálicas.
 4. La forma de las cuerdas, de acuerdo con las indicaciones siguientes:
Sin indicación = cuerda convencional
c = cuerda compacta
s = cuerda sectorial
 5. El material constituyente de los conductores según las siguientes indicaciones:
Sin indicación = cobre
Al = aluminio
- c) A continuación, se indica la tensión nominal para la que ha sido construido el cable, expresada en V, y para cables subterráneos se designará los valores de E_0 y E en kV (ver ecuación 2.1.2 en el capítulo 2).
- d) Finalmente, y separadas con un guión de las indicaciones anteriores, se expresan características especiales de los conductores. Las indicaciones más empleadas son las siguientes:
F = conductor flexible
E = conductor estañado

Se presenta casos relacionados con sus respectivos códigos.

- Conductor de cobre tripolar, de 16mm^2 , con aislamiento de policloruro de vinilo, con cubierta de policloruro de vinilo, para tensión de 500 V.

VV, 3x16, 500

- Conductor de aluminio bipolar, en disposición plana, de 6 mm² con aislamiento de goma, envoltura metálica de plomo, para tensión nominal de 500V.

GDP, 2x6, Al, 500

- Conductor de cobre tripolar con neutro 10 mm², flexible y estañado, de 16 mm², con doble aislamiento de goma, armadura de flejes de acero, cubierta de neopreno, para tensión nominal de 250V.

GFGN, 3X16 + 1X10, 250 – FE

- Cable tripolar con conductores de cobre, de 35mm² de sección sectoral cada uno, aislamiento de papel impregnado, bajo tubo continuo de plomo, con armadura de flejes de acero, cubierta exterior de policloruro de vinilo y tensión E₀= 6kV

PPFV, 1X35, s, 6/10 Kv

- Cable tripolar apantallado, conductores de aluminio de 70mm² de sección cada uno, aislamiento de polietileno reticulado, envoltura de policloruro de vinilo, armadura de flejes de acero, cubierta exterior de policloruro de vinilo, para tensión E₀= 6KV

RHVFV, 3X70, Al, 6/10 kV

En la figura 1.12 se observa un cable trifásico con sus componentes principales.

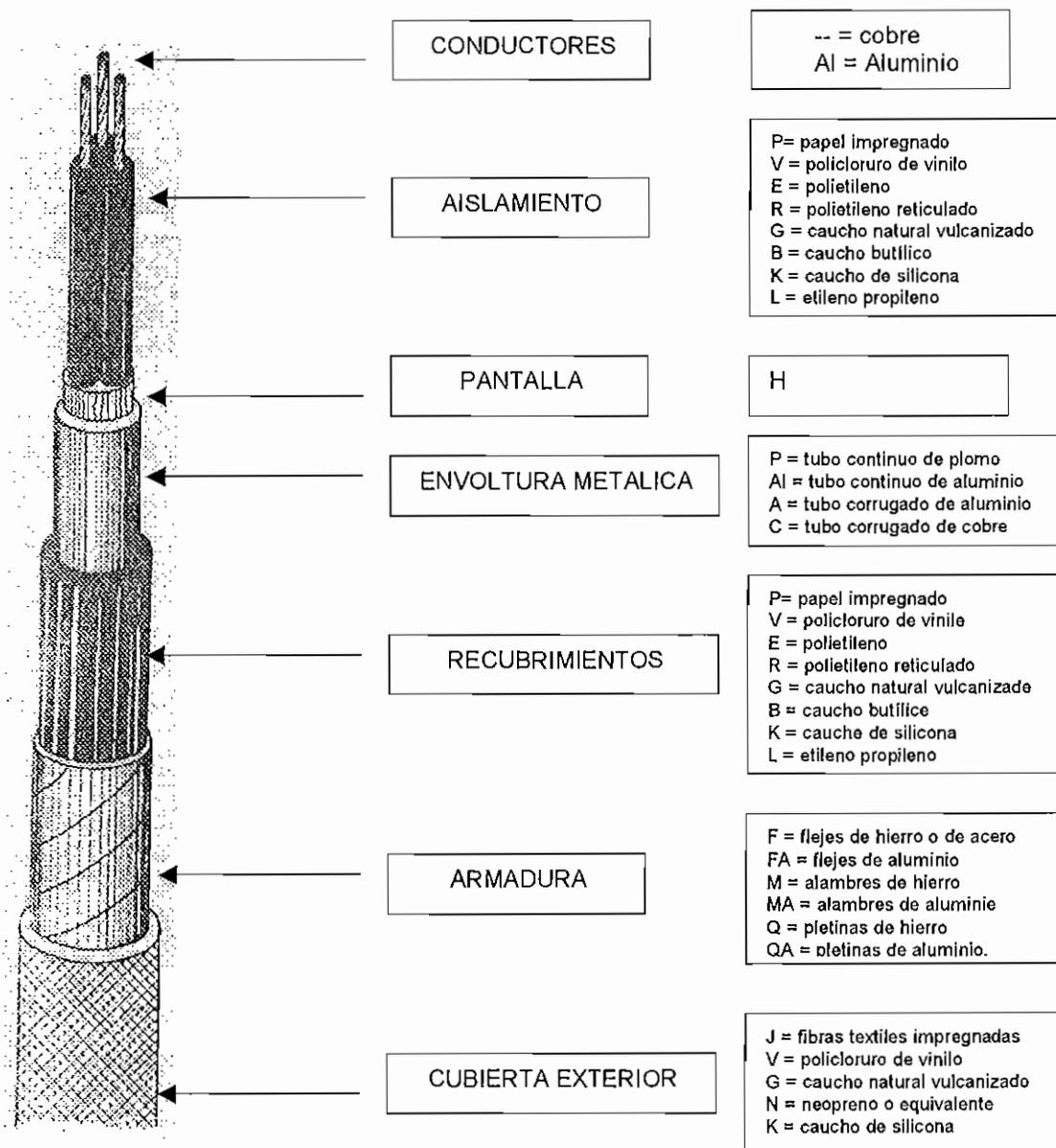


Figura 1.12 Designación de un cable trifásico.²⁰

²⁰ ENCICLOPEDIA CEAC DE LA ELECTRICIDAD, Pg. 571

CAPITULO 2

PARÁMETROS TÉCNICOS PARA SELECCIONAR EL TIPO DE CABLE EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

El criterio tradicional para seleccionar un cable consiste en minimizar el costo de los conductores eléctricos, lo que se logra eligiendo el conductor de menor sección que sea apto para resistir las condiciones extremas esperadas, esto significa que la corriente máxima admisible del conductor seleccionado debe ser mayor que la corriente máxima requerida en el proyecto y que cumpla con las exigencias de caída de tensión máxima en el extremo de la carga.

Adicionalmente a la corriente nominal, para seleccionar un cable, se deben conocer los siguientes parámetros.

1. Nivel de voltaje del sistema y el número de fases.
2. Nivel de aislamiento que se necesita.
3. Temperatura ambiente del sistema y la temperatura de operación del cable.
4. El medio en el que se encuentra el cable (si es un medio en el que esta en contacto con sustancias corrosivas, aceites, solventes, pinturas, etc).
5. Si en el área existen gases, polvos o fibras explosivas (lugares peligrosos).
6. Si el cable estará sometido a esfuerzo mecánico.
7. Actualmente también se considera la influencia de los armónicos para la selección del cable.

En base a toda esta información se podrá seleccionar el cable más adecuado, para un área determinada, obteniéndose como será su forma (sólido o trenzado), dimensiones, peso, material metálico del conductor (Cu, Al, Al recubierto de Cu), material del aislamiento (espesor y tipo), protecciones, longitud aproximada requerida y el sistema de instalación más apropiado.

2.1 FACTORES PARA LA SELECCIÓN

2.1.1 TIPO DE INSTALACIÓN

Los cables pueden ser instalados al aire libre, directamente enterrados ó a través de ductos o conduits eléctricos como parrillas, bandejas o canaletas abiertas o cerradas, en conduits plásticos (PVC) o metálicos (tipo EMT o rígidos), que pueden tener varias formas y características dependiendo del entorno que rodea a los conductores.

El método de instalación permite determinar los elementos constitutivos del cable, así por ejemplo, un cable colocado en un ducto debe tener un aislamiento contra la humedad, el cual generalmente está formado por una cubierta de caucho o de un material termoplástico.

2.1.2 VOLTAJE NOMINAL

El voltaje nominal del cable debe ser apropiado para las condiciones de operación del sistema en que va a ser instalado.

El voltaje nominal del cable se designa por dos valores: 1) voltaje entre cada uno de los conductores y la envoltura metálica o la pantalla (**E_o**) y 2) voltaje entre dos cualquiera de los conductores (**E**). La expresión que relaciona los dos voltajes es:

$$\text{Voltaje Nominal} = E_o / E \quad \text{F2.1.}^{21}$$

Para cables a usarse en sistemas trifásicos el voltaje entre fases (**Eff**), se expresa como:

$$Eff = \sqrt{3} \times E_o \quad \text{F.2.2}$$

Donde: **Eff** = Voltaje entre fases en V

E_o = Voltaje entre el conductor y la envoltura mecánica o tierra, en V.

²¹ RAMIREZ VAZQUEZ JOSE (1973), "Instalaciones Eléctricas Generales", Enciclopedia CEAC DE ELECTRICIDAD, Ediciones CEAC, S.A., Barcelona-España. Pg. 507

En cables usados en sistemas monofásicos y de corriente continua se toma como voltaje nominal el que existe entre fases aisladas si una fase no esta puesta a tierra, o la que existe entre una fase y tierra si hay una fase puesta a tierra; en este caso tenemos:

$$E_{ff} = 2 E_{fn} \quad \text{F. 2.3}$$

Donde: E_{ff} = Voltaje fase fase en V

E_{fn} = Voltaje entre una fase y la fase puesta a tierra en V

El voltaje nominal determina las siguientes características del cable: tipo y espesor del aislamiento y sección mínima del conductor.

Para voltajes nominales superiores a 600 voltios, el voltaje nominal es el principal factor que determina el tamaño mínimo del conductor, ya que si se usan cables con secciones reducidas en altas tensiones la intensidad de campo superficial puede llegar a tomar valores tan altos que el aislamiento se perforaría.

En sistema trifásicos sobre los 2KV, se clasifican los cables con neutro puesto a tierra y cables para sistemas con neutro aislado. Sobre los 20 KV, se usan cables con neutro puesto a tierra. Es decir el rango de voltaje permite conocer si el neutro va conectado a tierra.

Otros conceptos importantes son:

El **grado de aislamiento** de un cable es una designación que tiene en cuenta las características constructivas y de prueba del cable. Su valor coincide con el del voltaje de prueba a la frecuencia para el cual el cable ha sido construido, a la cual deben someterse las piezas del cable, expresado en KV.

El **nivel de aislamiento** de un cable es una designación que tiene en cuenta las características constructivas y de prueba del cable en relación a posibles sobretensiones de origen atmosférico. Su valor coincide con el del voltaje de prueba a impulso al cual debe someterse la muestra del cable, expresada en kV.

Existe 2 niveles al 100% y al 133%.

Nivel de aislamiento 100%: Cables de esta categoría se usa en instalaciones que tienen protección por relés y tienen toma de tierra, de modo que las fallas a tierra se eliminan rápidamente. Este nivel de aislamiento es aplicable a la mayoría de los sistemas con neutro a tierra, pues el conductor de cualquier fase entra en contacto con tierra o con un conductor de tierra y es desconectado del sistema en un tiempo inferior a 1 minuto.

Nivel de aislamiento 133%: Cables de esta categoría se usan cuando no se pueden alcanzar los requisitos del 100% de aislamiento, y se requiere mantener un nivel de seguridad para que la parte en que se haya producido la falla quede sin corriente en menos de una hora. Este nivel de aislamiento se usa en los sistemas con neutro aislado o que, en caso de falla, solo funcionan con una fase a tierra durante un tiempo limitado.

En el **ANEXO 7**, se incluye especificaciones de cables armados, en los que se observa las características tanto para aislamiento 100% así como para aislamiento 133%.

2.1.2.1 Regulación de voltaje (caída de tensión)

La regulación de voltaje es el porcentaje de la diferencia entre el voltaje de salida (sobre la carga) con respecto al voltaje de entrada (alimentación).

$$Re (\%) = \frac{Es - Er}{Er} \times 100 \quad \text{F. 2.4}$$

Donde: Re = Regulación de voltaje
 Es = Voltaje de alimentación de la línea en V (sin carga)
 Er = Voltaje sobre la carga en V

Cuanto menor es la regulación de voltaje, mejor es la operación del cable. En cables se admite una regulación de voltaje de máximo un 4%, en el área industrial hasta un 3%.

En el caso de líneas largas, y/o de bajo voltaje, la regulación de voltaje y el voltaje nominal son los factores que determinan la sección del conductor.

2.1.3 FACTORES TÉRMICOS

La temperatura nominal de un cable es la temperatura máxima, en cualquier punto de su longitud, que puede soportar el cable durante un prolongado periodo de tiempo sin que se produzca un fuerte deterioro.

La temperatura de funcionamiento de los cables depende de:

- Temperatura del medio ambiente en el cual va a operar el cable, puede variar a lo largo del cable y con el tiempo.
- El calor generado interiormente en el cable por el paso de la corriente, incluidas las corrientes fundamentales y sus armónicos.
- La velocidad de disipación del calor generado al medio ambiente. El aislamiento térmico que cubre o rodea a los conductores puede afectar a esa velocidad de disipación.
- Presencia de fuentes de calor cercanas al cable.
- Número de cables en los ductos o bandejas (y las dimensiones respectivas del ducto o bandeja).
- Los cables adyacentes cargados, tienen el doble efecto de elevar la temperatura ambiente e impedir la disipación de calor.
- En el caso de cables subterráneos, influye la conductividad térmica de la tierra y la profundidad de enterramiento de los cables; y en cables aéreos la conductividad térmica del aire.

La temperatura nominal de diferentes tipos de cables se observa en el **ANEXO 2**.

2.1.4 CONDICIONES ESPECIALES

Varias condiciones especiales deben tomarse en cuenta para seleccionar cables algunos de los más comunes son:

- Presencia de agentes corrosivos, en la tierra u otras localizaciones en las cuales el cable es instalado.
- Posible interferencia con circuitos telefónicos o de comunicaciones en general (radio-interferencia).
- Lugares especiales de instalación (minas, buques, etc.)
- Lugares clasificados peligrosos por la presencia de vapores, líquidos, gases inflamables, polvos combustibles y fibras que pueden causar fuegos o explosiones si se someten a una fuente de ignición
- Presencia de calderas de vapor, tuberías de vapor, efectos magnéticos de estructuras metálicas cerca de cables.
- Enfriamiento artificial del cable (presencia de sistemas de aire acondicionado).

2.1.5 REQUERIMIENTOS DE CORRIENTE

La corriente en líneas cortas y/o alta tensión es el principal factor que determina la sección del conductor; como se indicó, para bajos voltajes y longitudes grandes la regulación de voltaje y el voltaje nominal son los que determinan la sección.

La capacidad de carga eléctrica de un conductor depende de:

- La temperatura máxima admisible que pueden soportar las distintas partes de un cable (calentamiento), con un razonable coeficiente de seguridad que garantice una vida útil industrialmente aceptable.
- Las condiciones del ambiente para disipación del calor, generadas por las pérdidas que se producen en un cable en servicio.
- Las condiciones ambientales y de instalación del cable.

Tomando en cuenta las consideraciones generales enunciadas en 2.1.1 a 2.1.5, se selecciona el tipo de cable adecuado.

2.1.5.1 Capacidad de carga de un cable.

Como hemos analizado para seleccionar un cable, lo principal es conocer la potencia que el cable puede transportar en servicio permanente en determinadas

condiciones de instalación. La corriente transportada por un cable eleva su temperatura, a causa de las pérdidas producidas por efecto Joule y otras, hasta que se establece el equilibrio cuando el calor generado iguala al que se disipa a través de los aislamientos, protecciones, cubiertas, tierra (en caso de los cables enterrados) o aire (en los cables en aire) hacia el exterior o medio ambiente.

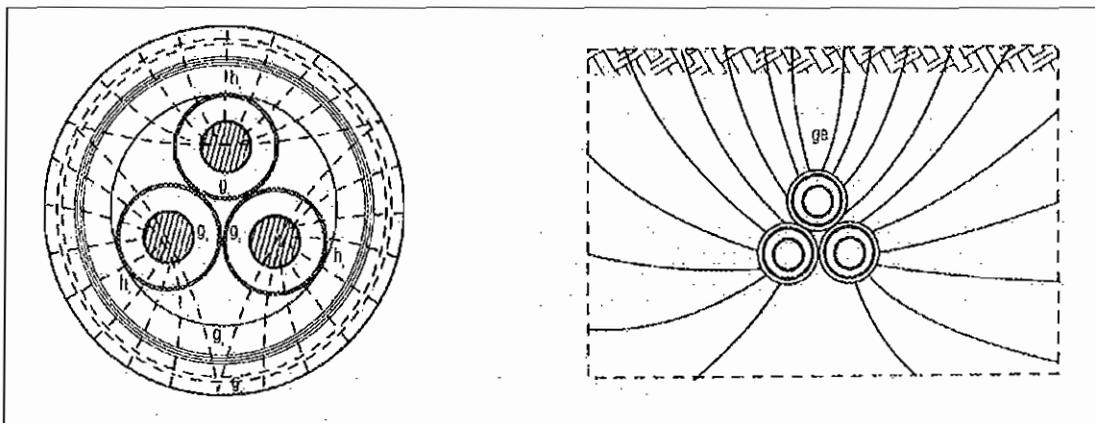


Figura 2.1 : Vías para la evacuación del calor generado por el cable²²

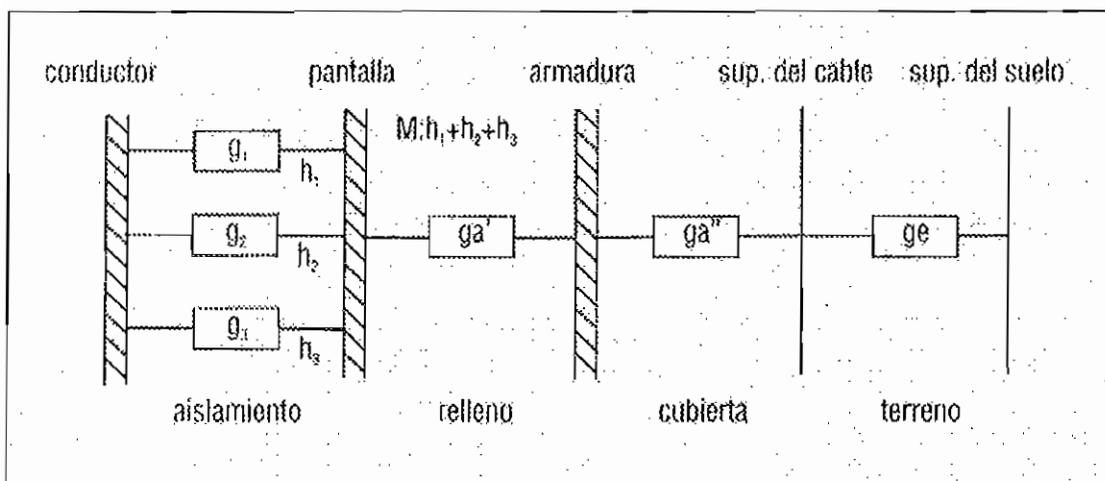


Figura 2.2: Esquema de evacuación del calor en cables de 3 hilos²³

²² CATALOGO DE CABLES PIRELLI S.A.I.C, pg. 130

²³ CATALOGO DE CABLES PIRELLI S.A.I.C, pg. 131

En las figuras 2.1 y 2.2, se observa, que en un cable multipolar, con varios conductores activos que se encuentran a la misma temperatura, el calor (h_1 , h_2 , h_3) generados en los conductores, fluye desde aquellos por tres caminos paralelos, o resistencias térmicas (g_1 , g_2 , g_3) constituidas por los respectivos aislamientos, hasta la protección metálica, o pantallas, que están en contacto entre sí. Después, a través de la resistencia térmica (g_a') de las vainas o revestimientos que soportan la eventual armadura, de la resistencia (g_a'') de la cubierta exterior no metálica y finalmente (g_e) la del terreno o la del aire.

En el caso de cables en aire, el calor se evacua a través de dos vías: por conducción y por convección. El flujo de calor se debe a la diferencia de temperatura entre el conductor y el medio que le rodea.

La **resistividad térmica de un cuerpo** es una propiedad intrínseca del mismo, es su capacidad de trasmisión de calor por conducción a través de una sustancia y se puede definir como el valor de la diferencia de temperatura, en grados centígrados, entre las dos caras opuestas de un cubo de un centímetro de lado que permita el paso de un watt de calor. Se mide en ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm} / \text{W}$).

Por lo tanto para el diseño térmico de un cable se iguala el calor generado por las pérdidas del cable con el disipado a través de las resistencias térmicas a causa de la diferencia de temperatura entre los conductores y el medio ambiente.

Las resistividades térmicas de algunos aislamientos, cubiertas y materiales para canalizaciones son las siguientes (las resistividades térmicas de los elementos metálicos tales como tubos de plomo, pantallas o armaduras metálicas se consideran despreciables en la práctica):

MATERIAL	$\frac{^{\circ}\text{C} \cdot \text{cm}}{\text{W}}$ (-----)
AISLANTES	
Poliétileno reticulado (XLPE)	350
Cloruro de vinilo (PVC)	500
Etileno propileno (EPR)	500
Papel impregnado (P)	600
Aceite fluido (OF)	500
CUBIERTAS	
Neopreno (PCP)	550
Cloruro de polivinilo (PVC)	500
Poliétileno termoplástico (PE)	350
Materiales fibrosos	600
MATERIALES PARA CONDUCTOS	
Cemento	100
Fibra	480
Amianto	200
Tierra de relleno	120
Cloruro de Polivinilo	600
Poliétileno termoplástico	350

Tabla 2.1 Valores de Resistividad térmica gt^{24}

Para tensiones iguales o superiores a 2.3 / 3.3 kV en cables aislados en XLPE y 5.2 / 6.6 kV en cables aislados con EPR, es necesario apantallar cada fase individualmente, entonces el apantallado individual de las almas reduce la resistencia interior del dieléctrico, pues proporciona caminos adicionales, de elevada conductividad térmica para la disipación del calor, en paralelo con los caminos habituales a través del dieléctrico.

Para una misma intensidad de corriente, los cables multipolares se calientan más que los unipolares, debido a que el calentamiento de cada conductor influye sobre el de los demás conductores, mientras que en los cables unipolares cada conductor está térmicamente aislado de los demás, ya que los aislamientos y revestimientos son, por lo general, malos conductores del calor.

Como el cable está instalado en un medio determinado (aéreo o subterráneo), el calor generado pasa del cable a ese medio con una cadencia definida por la resistencia térmica exterior (ge).

²⁴ CATALOGO DE CABLES PIRELLI S.A.I.C, Buenos Aires, Argentina. pg. 133

En los cables instalados al aire libre, se debe considerar si el cable está protegido de la radiación solar directa o no. El tema se complica porque para el cálculo de la resistencia térmica exterior hay que tener en cuenta coeficiente de disipación de calor, para cuya determinación se tiene en cuenta unos coeficientes basados en los hechos, que consideran la forma de colocación de los cables: un solo cable, varios cables en contacto, en trébol, dispuestos vertical u horizontalmente.

En cables de tensión inferior a 12/20 kV, se puede considerar nulas las pérdidas en el dieléctrico, así como las pérdidas totales en pantallas y armaduras respecto a las pérdidas totales en los conductores.

En el caso de cables enterrados, hay que considerar si hay uno o varios, la profundidad a la que se encuentran, la distancia que separa a unos de otros.

La capacidad de carga eléctrica (I) expresada en amperios puede calcularse mediante la siguiente fórmula, conocidos el voltaje nominal del cable (E) y la potencia a transmitirse (P_t),

$$I = \frac{P_t}{nE \cos \varphi} \quad \text{F. 2.5}$$

Donde: P_t = Potencia total en kW
 n = Número de fases
 E = Voltaje fase neutro en kV
 $\cos \varphi$ = Factor de potencia

2.2 DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN

Para determinar la sección de los conductores, se recurre en la práctica a un método simplificado en base a las siguientes consideraciones:

- Determinación de la corriente máxima permanente.
- Determinación de la intensidad máxima admisible por el cable en servicio permanente (por calentamiento).
- Determinación de la intensidad máxima admisible en cortocircuito durante un tiempo determinado.
- Verificación por caída de tensión.
- Verificación de los límites de temperaturas de conectores, terminales y accesorios a los cuales el cable está conectado.

2.2.1 CORRIENTE MÁXIMA PERMANENTE Y CORRIENTE MÁXIMA ADMISIBLE POR CALENTAMIENTO

Los fabricantes de cables en sus catálogos, de acuerdo con las normas, proporcionan la corriente máxima admisible de servicio para **condiciones normales de instalación y voltaje de servicio igual al nominal**, y se aplican distintos factores de corrección para **condiciones especiales de instalación**, es decir diferentes a los normales ó a los que indican las hojas de productos. En los **ANEXOS 2 y 3**, se observa la corriente máxima permitida para diferentes voltajes y condiciones así como los factores de corrección; además en el **ANEXO 7**, se adjunta características de cables de diferentes fabricantes.

Se consideran como condiciones normales de instalación:

a) Instalación al aire:

- Temperatura ambiente de 40°C, siempre que los cables no estén expuestos directamente al sol.
- Un solo cable multipolar o un terno de cables unipolares en contacto mutuo.
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.

b) Instalación enterrada:

- Temperatura ambiente del terreno 25°C
- Un solo cable multipolar o un terno de cables unipolares en contacto mutuo.
- Terreno de resistividad térmica normal (100 °C x cm/W)
- Profundidad de la instalación: No inferior a 70 cm para cables hasta 10 kV de tensión nominal y no inferior a 1 m para cables de 10 kV de tensión nominal.

Como **condiciones especiales** de instalación se considera:

1. Cables enterrados en zanja bajo cubierta protectora.
2. Varios cables instalados en la misma zanja.
3. Varios cables instalados en conducciones multitubulares.
4. Cables aislados a temperatura ambiente diferente de las indicadas anteriormente.
5. Cables directamente expuestos al sol.

2.2.2 CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO Y TIEMPO DE CORTOCIRCUITO

Estos son factores determinantes para la selección de la sección, ya que puede suceder que un cable tenga una sección térmicamente suficiente para una intensidad de servicio permanente y que, sin embargo, no sea suficiente para soportar la corriente de cortocircuito durante cierto tiempo, dadas las características de la red y del disyuntor de protección. Los inconvenientes que deben evitarse son de carácter mecánico (debidos a los esfuerzos electrodinámicos desarrollados entre los conductores) y de carácter térmico (calentamiento excesivo y dilatación térmica de los materiales que constituyen los cables, especialmente de los materiales aislantes).

Generalmente la **corriente de cortocircuito permitida en los cables, esta determinada por la temperatura máxima admisible que pueden alcanzar.**

Se puede despreciar la cesión de calor de los conductores al ambiente dado el breve tiempo del cortocircuito. Es decir que todo el calor desarrollado queda dentro de los conductores; además el calor específico de los materiales permanece constante, a pesar de la creciente temperatura que van adquiriendo.

Es importante indicar que la temperatura de cortocircuito persiste por un intervalo de tiempo superior a la duración del cortocircuito. Por ejemplo: un cable que demore 1 segundo en pasar de 90 a 250°C puede demorar una hora en retornar su temperatura normal.

2.2.2.1 Corriente máxima de cortocircuito

Las fórmulas que representan la corriente máxima de cortocircuito se basan en la energía térmica almacenada en el material conductor y en el límite máximo de temperatura tolerada por la aislamiento.

La sección (S) elegida para el conductor es suficiente para soportar la máxima corriente de cortocircuito (I_{cc}) cuando se verifica la relación:

$$S \geq \frac{I_{cc} * \sqrt{T}}{C} \quad \text{F.2.6}$$

Viceversa, dada una cierta sección de conductor la máxima corriente de cortocircuito admisible en dicho cable esta dada por la relación:

$$I_{cc} (\text{máx}) = \frac{S * C}{\sqrt{T}} \quad \text{F. 2.7}$$

donde:

T = duración del cortocircuito (seg.)

S = sección del conductor (mm²)

I_{cc} = corriente de cortocircuito (A)

- C = 115 para cables en cobre aislados en PVC (160°C)
- = 74 para cables en aluminio aislados en PVC (160°C)
- = 143 para cables en cobre aislados en XLPE (250°C)
- = 92 para cables en aluminio aislados en XLPE (250°C)

Notas: La relación arriba indicada es válida para tiempos menores a 5 segundos.

C es una constante que depende de la naturaleza del conductor y de sus temperaturas al principio y final del cortocircuito.

En la Tabla 2.2 se observa los valores que toma el coeficiente C en función de la temperatura inicial y final de cortocircuito para conductores de cobre.

Temperatura inicial (°C)	Temperatura final de cortocircuito (°C)					
	140	160	180	200	220	250
90	86	100	112	122	131	143
85	90	104	115	125	134	146
80	94	108	119	129	137	149
75	99	111	122	132	140	151
70	103	115	125	135	143	154
65	107	119	129	138	146	157
60	111	122	132	141	149	160
50	118	129	139	147	155	165
40	126	136	145	153	161	170
30	133	143	152	159	166	176

TABLA 2.2 Coeficiente C en función de las temperaturas de cortocircuito²⁵.

2.2.2.2 Corriente mínima de cortocircuito

La corriente de cortocircuito mínima es la que se debe a un cortocircuito producido entre fase y neutro (o entre fase si el conductor neutro no es distribuido), en el punto más lejano del conductor de protección y, en el caso que el equipo sea alimentado desde varios puntos, se debe considerar solo la correspondiente a la corriente de cortocircuito mínima.

La determinación de la corriente de cortocircuito mínima, en la mayor parte de los casos puede ser efectuada con las fórmulas a) y b) indicadas a continuación, admitiendo un aumento del 50% de la resistencia del circuito respecto al valor a

²⁵ www.ar.pirelli.com

20°C, debido al recalentamiento de los conductores causado por la corriente de cortocircuito, y teniendo en cuenta una reducción al 80% de la tensión de alimentación, por efecto de la corriente de cortocircuito respecto a la tensión nominal de alimentación.

En caso de conocerse el valor de la impedancia del circuito, el coeficiente 0.8 se debe sustituir por el valor preciso.

a) Cuando el conductor neutro no es estable

$$I_{cc} = \frac{0.8 * E}{1.5 * \rho * (2 * L / S)} \quad \text{F.2.8}^{26}$$

donde:

E = tensión de alimentación en Volt

ρ = resistividad a 20°C del material del conductor en ohm.mm²/m

L = longitud del conductor de protección en m

S = sección del conductor en mm²

I_{cc} = corriente de cortocircuito

b) Cuando el conductor neutro es distribuido

$$I_{cc} = \frac{0.8 * E_o}{1.5 * \rho * (1 + m) * (L / S)} \quad \text{F.2.9}^{27}$$

donde:

E_o = tensión de fase de la alimentación en Volt

m = relación entre la resistencia del conductor neutro y la resistencia del conductor de fase (en el caso que estén constituidos por el mismo material, es igual a la relación entre la sección del conductor de fase y la del conductor neutro).

²⁶ www.ar.Pirelli.com

²⁷ www.ar.Pirelli.com

2.2.3 VERIFICACIÓN DE LA SECCIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN.

Por último se verifica la caída de tensión en la línea, que en el caso de corriente alterna trifásica responde a la siguiente fórmula aproximada:

$$\Delta U = K * L * I * (R * \text{Cos } \varphi + X * \text{sen } \varphi) \quad (\text{Voltios}) \quad \text{F.2.10}^{28}$$

Donde: L es la longitud de la línea, (Km)
 I es la carga a transportar en Amperios
 $\text{cos}\varphi$ es el factor de potencia de la instalación
 K vale 1.732 para circuitos trifásicos y 2 para circuitos monofásicos.

2.3 CRITERIOS ADICIONALES PARA LA SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Actualmente existen nuevos criterios para la selección y dimensionamiento de los conductores eléctricos, esto debido a que los métodos tradicionales son válidos para cargas lineales, pero en instalaciones con presencia de Armónicos pueden ocasionar errores importantes.

2.3.1 PRESENCIA DE ARMÓNICOS EN LA INSTALACIÓN

La presencia de Armónicos constituye uno de los problemas más frecuentes de la Calidad de la Energía, y cerca del 50% de los equipos de tipo eléctrico actuales pueden generar distorsiones armónicas.

Los Armónicos son tensiones o corrientes sinusoidales con frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia a la que está diseñada para operar el sistema

²⁸ CATALOGO DE CABLES PIRELLI S.A.I.C, Buenos Aires, Argentina. pg. 145

de alimentación (llamada frecuencia fundamental). En Ecuador es de 60 hertz. Por lo tanto en un sistema de 60 hertz, el segundo Armónico es 120 hertz, el tercero de 180 hertz, y así sucesivamente.

Las luces incandescentes y cargas emisoras de calor son lineales por naturaleza. Ello significa que la impedancia es constante, y permanece indiferente a las tensiones aplicadas. Una carga no lineal es aquella en la que las corrientes no son proporcionales a las tensiones instantáneas, por lo que no describen una línea recta con respecto a la tensión sino una curva.

Cuando se energizan los sistemas que presentan características no lineales se generan Armónicos, que pueden distorsionar severamente la potencia de suministro y causar problemas a otros equipos conectados a la misma fuente.

En las figuras 2.3 y 2.4, se observa la forma de onda de la corriente fundamental (senoidal) con terceras y quintas armónicas, y la forma de onda resultante distorsionada por la presencia de las mismas.

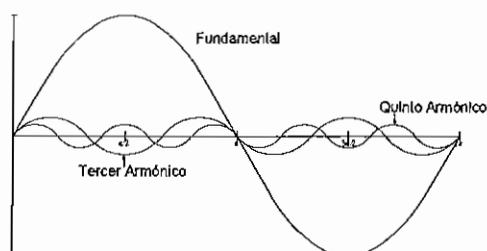


Figura 2.3 Forma de onda corriente fundamental

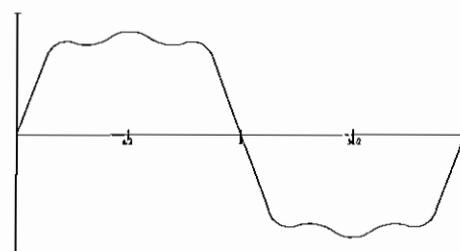


Figura 2.4 Onda distorsionada por presencia de armónicos.

La secuencia de los Armónicos puede ser positiva (insertan corrientes en sentido de las agujas del reloj), negativa (insertan corrientes en sentido contrario a las agujas del reloj) o las llamadas de secuencia cero (no tienen sentido de rotación), tal como se indica en la Tabla 2.3

ARMONICO	Fundamental	2do.	3ero.	4to.	5to.	6to.	7mo.	8vo.	9no.
FRECUENCIA	60	120	180	240	300	360	420	480	540
SECUENCIA	+	-	0	+	-	0	+	-	0

Tabla 2.3²⁹

Los principales efectos ocasionados por los Armónicos son:

- De secuencia positiva: calentamiento de conductores, apertura de interruptores, etc.
- De secuencia negativa: calentamiento de conductores, problemas en los motores (se frenan), etc.
- De secuencia cero: calentamiento de conductores, se suman corrientes en el neutro (en sistemas trifásicos de 4 conductores).

Por otra parte, si la forma de onda es simétrica (como es el caso de los sistemas de potencia) los armónicos pares desaparecen (se cancelan entre sí).

Entre los dispositivos que pueden generar una respuesta no lineal y ocasionan deformaciones en las formas de ondas encontramos: equipos de control, equipos de conversión de estado sólido, computadoras, variadores de velocidad, controladores de motores, variadores de intensidad de iluminación (dimmers), balastos de tubos fluorescentes, ascensores, etc. Las computadoras personales (PC), los equipos de oficina y otros dispositivos electrónicos que emplean una alimentación de potencia tipo switching para generar la tensión continua de trabajo, son los que generan mayor problema de armónicos, estos introducen corrientes de terceros Armónicos (180 Hz.).

2.3.1.1 Efectos de los Armónicos sobre las Cargas:

La presencia de corrientes Armónicas no afecta de la misma forma a los diferentes tipos de cargas, los inconvenientes más severos se observan cuando estas cargas se conectan a líneas monofásicas correspondientes a sistemas trifásicos que tienen un neutro en común.

²⁹ www.ar.pirelli.com/cables/revista-on-line/ncweb/rev15/dimensi.htm

Los **efectos de los armónicos sobre los conductores eléctricos**, son los siguientes:

- Sobrecalentamiento del conductor neutro de la instalación y de sus conexiones, pudiendo producir sobretensiones que dañen computadoras y equipos electrónicos.
- Sobrecalentamiento de las fases por efecto pelicular (skin).

a) Sobrecalentamiento del neutro en instalaciones trifásicas de BT:

Cuando se calcula la sección de un determinado conductor de BT casi siempre no se toma en cuenta al conductor neutro de dicho cable.

En sistemas trifásicos de 4 hilos las corrientes de cargas fase a neutro fluyen por cada fase del conductor y retornan por el neutro común. Las corrientes de las tres fases están separadas 120° y, si las cargas trifásicas son lineales y están balanceadas (las tres cargas son iguales), la corriente en el neutro es igual a cero; asimismo, cuando las cargas no están balanceadas por el neutro circula una corriente equivalente al desbalance de las fases.

Los cables se dimensionan de acuerdo a su capacidad, caída de tensión, corriente de cortocircuito, etc. para luego adoptar arbitrariamente como sección del neutro la misma sección de las fases (cables hasta 16 mm^2 (5 AWG)) o la mitad de las mismas (cables de 25 mm^2 (3AWG) en adelante); sin embargo, en las instalaciones actuales donde la mayoría de las cargas son no lineales esta regla no es válida, pues donde se piensa que las corrientes de retorno son mínimas, en la práctica nos encontramos con intensidades en los neutros iguales, o incluso superiores a las de las fases. Ello se debe a que aunque las corrientes fundamentales se cancelen en el neutro las corrientes Armónicas no lo hacen (las de secuencia cero como la tercera y la novena se suman en el neutro), pudiendo llegar fácilmente a ser el doble de las de fase mientras que, la sección del conductor suele ser la mitad.

Debido al efecto mencionado los conductores de neutro deberían tener el doble de sección que las fases, lo que se puede obtener más fácilmente utilizando cables de cinco conductores; uno para cada fase y dos para repartir el neutro, todos de igual sección. ó se puede recurrir a cables unipolares, empleando para el neutro el doble de sección que para las fases; aunque ello tiene otras desventajas como una mayor caída de tensión.

La alternativa de agregar para el neutro un cable separado en paralelo a una instalación existente de cuatro conductores no es una buena solución, debido a que al estar físicamente separados la inductancia mutua entre ellos o con las fases es menor que entre un neutro íntegro y las fases. Ello tiene el efecto de incrementar la impedancia aparente del conductor externo, con la consecuente disminución de la corriente transportada por el neutro.

El principal problema que se presenta para el cálculo de la sección del neutro radica en el hecho de que cuando se está diseñando una instalación en general no se conoce el contenido de Armónicos de las cargas; para ello la recomendación es consultar los manuales de los equipos que se piensa instalar.

En el Cuadro 2.4 se observa algunos valores comunes:

CONTENIDO ARMÓNICO (% DE LA FUNDAMENTAL)								
TIPO DE CARGA	1	3	5	7	9	11	13	15
Rectificadores de 6 pulsos	100	-	17	11	-	5	3	-
Rectificadores de 12 pulsos	100	-	3	2	-	5	3	-
Rectificadores de 18 pulsos	100	-	3	2	-	1	0.5	-
Rectificadores de 24 pulsos	100	-	3	2	-	1	0.5	-
Computadoras	100	56	33	11	5	4	2	1
Equipo electrónico en general	100	18	15	8	3	2	1	0.5
Oficina con PC's	100	51	28	9	6	4	2	2
Variadores de velocidad (rango)	100	1 a 9	40 a 65	17 a 41	1 a 9	4 a 8	3 a 8	0 a 2

Cuadro 2.4 Contenido de armónicos³⁰

³⁰ www.ar.pirelli.com/cables/revista-on-line/ncweb/rev15/dimensi.htm

Soluciones para el retorno de corriente por el neutro

La solución más usual es que en la fase de Puesta en Marcha o, mejor aún, una vez que la instalación entró en servicio operativo, se realicen los correspondientes controles y en base a los resultados se opte por la solución más conveniente.

Las Técnicas de Acondicionamiento de Redes más usuales incluyen equipos como Filtros de Armónicas, Transformadores de Aislación y Acondicionadores Activos de Armónicos.

Los transformadores con secundario en estrella son aptos para hacer frente a los Armónicas de orden 3 (3ro., 9no., 15to, etc.) y los problemas asociados a ellos (elevada corriente en los neutros, distorsión de tensión, etc.).

En caso de predominio de los Armónicas 5to. Y 7mo. Se suele emplear una variante de estos transformadores que tiene el secundario dividido en dos y desfasado 30°.

Los filtros activos van intercalados en paralelo entre la red y la carga y, en principio, son aptos para todos los casos pues su principio de funcionamiento consiste en inyectar corrientes Armónicas opuestas a las de la red, anulando estas a partir del punto de su instalación.

Cuando el perfil de Armónicos es impredecible o donde el tercer Armónico es el más significativo el empleo de filtros suele no resultar práctico. Típicamente estas situaciones se presentan en UPS's monofásicas, centros de cómputos y dispositivos conversores / inversores.

Aún con el agregado de equipos que corrijan parcialmente la forma de onda, existen casos en que los mismos pueden salir de servicio por fallas o mantenimiento, por lo que es aconsejable que el sistema de cableado sea capaz de transportar las corrientes Armónicas. Ello significa que el neutro debe tener la sección adecuada (de ser posible el doble de las fases).

b) El “Efecto Pelicular” (Skin)

La corriente alterna tiende a circular por la superficie exterior de un conductor, lo que se conoce como efecto “pelicular” (o skin por su nombre en inglés). El mismo se produce debido a que cuando una corriente alterna pasa a través de un conductor se crea a su alrededor un campo magnético variable que induce una diferencia de potencial en su seno o en los conductores situados en su proximidad; ello provoca corrientes que se oponen parcialmente a las que recorren los conductores y ocasionan el aumento en su resistencia óhmica y pérdidas por efecto Joule.

El efecto Skin es normalmente ignorado debido a que tiene un pequeño efecto a las frecuencias de la corriente de alimentación, pero por encima de los 300 Hz, (7mo. Armónico y superiores), el efecto “piel” se vuelve significativo, causando pérdidas adicionales por calentamiento. Ello se debe a que el incremento de resistencia es proporcional al cuadrado de la frecuencia que, como se indicó, en el caso de Armónicos suelen ser muy elevadas.

El sobredimensionamiento de las instalaciones es una técnica muy importante en instalaciones con presencia de Armónicos. Con fuentes de mayor potencia y pletinas y cables de mayor sección se consigue que el efecto de los armónicos tenga menor incidencia. Al tener mayor potencia la fuente la distorsión será menor, ya que la relación de la potencia armónica respecto de la potencia de la fuente será menor.

Si los Armónicas tienen una sección mayor de cable o de pletina por donde circular, el efecto piel o pelicular tendrá menor incidencia provocando un menor calentamiento de los conductores y de las protecciones. Es decir que al sobredimensionar la instalación disminuye su impedancia total, evitando que aumenten las pérdidas por efecto Joule ocasionadas por los armónicas.

CAPITULO 3

SELECCIÓN DEL TIPO DE CABLE SEGÚN LAS AREAS DE RIESGO IDENTIFICADAS POR NORMAS INTERNACIONALES

En la industria en general, todas las operaciones envuelven riesgo, especialmente en áreas consideradas como de alto riesgo debido a que en ellas están presentes materiales explosivos e inflamables, que en presencia de una fuente de ignición, como una chispa eléctrica o una superficie caliente, pueden causar una explosión que pone en peligro la vida humana y los bienes.

Debido a que los equipos eléctricos o las instalaciones eléctricas existentes dentro de áreas peligrosas pueden llegar a ser una fuente de ignición, ya sea porque se calientan, producen arcos o chispas o por mal funcionamiento; deben tomarse las medidas de seguridad necesarias al hacer la selección del equipo y de los cables a utilizarse en las instalaciones eléctricas.

3.1 RECONOCIMIENTO DE AREAS DE RIESGO SEGÚN NORMAS INTERNACIONALES NEC - IEC

En las instalaciones de producción, las áreas de riesgo son aquellas que contienen vapores, líquidos, gases inflamables, polvos combustibles y fibras que pueden causar fuegos o explosiones si se exponen a una fuente de ignición.

Se debe indicar que existen lugares que normalmente se consideran como áreas no peligrosas, debido a que son:

- a) Áreas libremente ventiladas, en las que las sustancias inflamables están dentro de sistemas cerrados de tuberías formados únicamente por tubos, válvulas, conexiones, bridas y medidores, siempre y cuando se les proporcione un mantenimiento adecuado.
- b) Áreas con ventilación restringida en las que los sistemas de tubería para las sustancias inflamables no tienen incorporadas válvulas, conexiones, bridas u otros accesorios; y,
- c) Áreas donde existen permanentemente fuentes de ignición, tales como calentadores de fuego directo, quemadores, etc.

3.1.1 CLASIFICACION DE AREAS DE RIESGO SEGÚN NORMA NEC³¹

Las áreas de riesgo se clasifican POR EL TIPO DE AREA PELIGROSA en: Clase I, Clase II y Clase III; se refiere al peligro creado por la presencia de una sustancia peligrosa en la atmósfera del área.

CLASE I: son las áreas donde existe vapores o gases inflamables.

CLASE II: son las áreas donde existen polvos combustibles.

CLASE III: son las áreas donde existe fibras o partículas fácilmente combustibles.

A su vez, las Clases se subdividen por LAS CONDICIONES DE PELIGRO en División 1 y División 2; se refiere a las condiciones en que la sustancia peligrosa está presente en el área.

CONDICION NORMAL O DIVISIÓN 1: son las áreas en las que el material peligroso está presente siempre en las operaciones de funcionamiento o producción, o frecuentemente en las actividades de reparación y mantenimiento.

CONDICION ANORMAL O DIVISIÓN 2: son las áreas en las que el material peligroso está encerrado normalmente en contenedores cerrados o sistemas cerrados de los que puede salir sólo por rotura accidental o avería de dichos contenedores, o por mal funcionamiento de los equipos.

³¹ Normas Internacionales . Ver ANEXO 8

Además, existe una tercera subdivisión en grupos por LA NATURALEZA DE LA SUSTANCIA PELIGROSA; ésto, debido a que los gases tienen una temperatura de ignición y características de explosión diferentes en el caso de la Clase I; y para la Clase II, debido a que los polvos tienen una temperatura de ignición y grado de conductividad diferente. La Clase III no tiene grupos.

Los gases y vapores de las áreas **Clase I** son divididos en cuatro grupos: A, B, C y D. Como se indicó, estos materiales son agrupados de acuerdo a la **temperatura de ignición** de la sustancia, la **presión de explosión** de la sustancia y otras características inflamables.

La única sustancia en el **Grupo A** es el acetileno. Existen muy pocas áreas que contienen acetileno, por lo que el equipo disponible para este tipo de lugares es escaso. El acetileno es un gas con altísima presión de explosión.

El **Grupo B** incluye áreas que contienen en la atmósfera hidrógeno, combustible y gases combustibles de procesos con más del 30% de hidrógeno en volumen o gases o vapores de riesgo equivalente, como butadieno, óxido de etileno, óxido de propileno y acroleína.

El Grupo C y Grupo D, contienen los materiales que más usualmente se encuentran en la atmósfera de áreas Clase I; en el **Grupo C**, se encuentran gases como éter etílico, etileno u otros gases o vapores de riesgo equivalente; y en el **Grupo D** están las sustancias inflamables más comunes como: acetona, amoníaco, benceno, butano, ciclopropano, etanol, gasolina, hexano, metanol, metano, gas natural, nafta, propano o gases o vapores de riesgo equivalente.

En la **Clase II**, los materiales peligrosos se encuentran en Grupos E, F y G. Estos grupos son clasificados de acuerdo a la **temperatura de ignición** y la **conductividad de la sustancia** peligrosa. La conductividad es una consideración importante en las áreas Clase II, especialmente con polvos metálicos.

En el **Grupo E**, se encuentran atmósferas que contienen polvos metálicos, como polvos de aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros metales de características de peligrosidad semejantes. Con una resistividad de 10^2 ohm-centímetro.

En el **Grupo F** se encuentran atmósferas que contienen polvos combustibles de carbón mineral, de carbón vegetal o de coque en concentraciones mayores a 8% de material volátil total o atmósferas que contienen estos polvos activados por otros materiales que puedan representar riesgo de una explosión. Con una resistividad de más de 10^2 ohm-centímetro pero igual o menor a 10^8 ohm-centímetro.

El **Grupo G** incluye atmósferas que contienen polvos combustibles no incluidos en los Grupos E y F, tales como cereales, aserrín de madera, aserrín de plástico y productos químicos. Con resistividad mayor de 10^8 ohm-centímetros.

Se puede concluir, que la Clase y Grupo obedecen a las características físicas, mientras que la División se basa en las condiciones del medio ambiente y las características de la planta.

Se presenta un área para su clasificación:

En el capítulo 5, se presenta un proyecto para la instalación de cable eléctrico en un área de la Refinería de Esmeraldas. La característica principal de esta área es que en ella se encuentra los tanques de almacenamiento de nafta y gasolina en contenedores cerrados.

Para clasificar el área se considera:

- 1) La nafta es un gas, la gasolina, es un líquido inflamable, pertenecen a la CLASE I
- 2) Es de la DIVISIÓN 2, pues éste podría estar presente en la atmósfera sólo si una ruptura o escape accidental puede ocurrir; pues se encuentra en tanques cerrados.
- 3) La nafta y la gasolina pertenecen al GRUPO D.

Se trata de un área CLASE I, DIVISIÓN 2, GRUPO D.

Por lo tanto, para clasificar un área de riesgo, es necesario determinar su CLASE, DIVISIÓN Y GRUPO.

A continuación se hace una descripción más detallada de las clases, sus divisiones, así como de los lugares típicos.

3.1.1.1 Clase I, División 1

Clase I, División 1 es aquella área,

- En la cual existe la concentración peligrosa de gases o vapores inflamables continuamente, intermitentemente o periódicamente en el ambiente bajo condiciones normales de operación; ó,
- En la cual existe la concentración peligrosa de algunos gases o vapores frecuentemente por reparaciones de mantenimiento o por fugas; ó,
- En la cual, por falla del equipo de operación o procesamiento podría fugar gases o vapores inflamables hasta alcanzar concentraciones peligrosas y también causar fallas de los equipos eléctricos.

Lugares típicos Clase I, División I son:

- Sitios donde líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables son transportados de un recipiente a otro. (Refinerías petroleras, gasolineras y estaciones de servicio)
- El interior de casetas de pinturas por aspersion o zonas adyacentes a estas casetas.
- Lugares en los que hay tanques abiertos con líquidos volátiles inflamables.
- Cuartos o compartimientos de secado, por grasas y aceites que usan solventes inflamables.
- Zona de plantas de lavandería y tintorería donde se utilizan líquidos peligrosos.

- Cuartos generadores de gas y otras zonas de plantas de fabricación de gases donde pueden escapar gases inflamables.
- Cuartos de bombeo de refrigeradores o congeladores en los cuales se almacenan materiales inflamables en recipientes abiertos no herméticamente sellados o frágiles; y,
- Todas las demás zonas de trabajo donde existe la posibilidad de que se presenten concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables durante las operaciones normales.

3.1.1.2 Clase I, División 2

Clase I, División 2 es aquella área:

- En la cual se manejan, procesan o usan líquidos volátiles o gases inflamables, en la que estos líquidos o gases se encuentran normalmente dentro de recipientes o sistemas cerrados, de los cuales pueden escaparse sólo en caso de ruptura accidental o en caso de operación anormal del equipo; ó,
- En la cual se evitan concentraciones peligrosas de gases o vapores por medio de ventilación mecánica y que sólo podrían ser peligrosos en caso de falla u operación anormal del equipo de ventilación; ó,
- Aquella adyacente a un área Clase I, División 1, en la cual las concentraciones peligrosas de gases o vapores podrían comunicarse, a menos que esta comunicación se evite por medio de una ventilación adecuada con presión positiva de una fuente de aire limpio y protección efectiva contra fallas del equipo de ventilación.

Lugares típicos Clase I, División 2 son:

- Sitios donde se usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables, los cuales llegarían a ser peligrosos sólo en caso de accidente u operación anormal del equipo. Para la determinación del área y sus limitaciones, se debe considerar factores como la cantidad de material peligroso que podría

escaparse en caso de accidente, el equipo de ventilación existente, el tamaño del área involucrada y las estadísticas de explosiones o incendios en esa rama industrial.

- Lugares donde existen tuberías sin válvulas, sellos, medidores y dispositivos similares, ordinariamente no provocan condiciones peligrosas, aún cuando sean utilizados para líquidos o gases peligrosos.
- Los lugares utilizados para el almacenamiento de líquidos peligrosos o gases licuados o comprimidos dentro de recipientes sellados, normalmente no se consideran peligrosos a menos que estén también sujetos a otras condiciones de peligrosidad.
- Los lugares donde exista tuberías eléctricas (conduit) y sus correspondientes accesorios y se encuentren separados del área de proceso por un solo sello o barrera, deberán clasificarse como División 2 , siempre y cuando el exterior de la tubería y de los accesorios no sea un área peligrosa.

3.1.1.3 Clase II, División 1

Clase II, División 1 es aquella área:

- En la cual existe o puede haber polvo combustible en suspensión en el aire en forma continua, intermitente o periódica bajo condiciones normales de operación, en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables; o,
- Donde debido a fallas mecánicas u operación anormal de la maquinaria o el equipo pueden producirse tales mezclas explosivas o inflamables y que una falla simultánea del equipo eléctrico o de los sistemas de protección pueda originar una fuente de ignición.
- Área en la cual, polvos combustibles con características de conductividad eléctrica puedan estar presentes.

Lugares típicos Clase II, División 1 son:

- Sitios de trabajo donde existe manejo o almacenamiento de granos.
- Plantas donde hay trituradoras, pulverizadoras, limpiadoras, desgranadoras, descascaradoras, separadores, transportadores o gusanos abiertos, tolvas o embudos abiertos, mezcladoras, empacadoras, pesadoras, elevadores, distribuidores, colectores (excepto colectores totalmente metálicos ventilados hacia el exterior) y toda maquinaria y equipo similar que produce polvos en fábricas o plantas procesadoras de granos, plantas de almidón, planta pulverizadoras de azúcar, plantas de producción, de malta, molinos de forraje y otras de naturaleza similar.
- Plantas pulverizadoras de carbón (excepto aquellas donde el equipo de pulverización es a prueba de polvo).
- Todos los lugares de trabajo donde se producen, se procesan, se empacan o se almacenan, excepto en recipientes herméticos, polvos metálicos; y,
- Todos los lugares similares donde, bajo condiciones de operación normal, están presente polvos combustibles en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

Los polvos combustibles no conductores eléctricos incluyen polvos producidos en el manejo y proceso de granos y productos de grano, cacao y azúcar pulverizados, leche y huevo en polvo, especies pulverizadas, almidón y harinas, papas, semillas de frijol, forraje y otros materiales orgánicos que puedan producir polvos combustibles cuando se manejan o procesan. Los polvos no metálicos conductores eléctricos, incluyen polvos de carbón vegetal, carbón mineral y coque. Los polvos que contienen magnesio y aluminio son particularmente peligrosos y se requiere extrema precaución para evitar su ignición y explosión.

3.1.1.4 Clase II, División 2

Clase II, División 2 es aquella área en la cual el polvo combustible normalmente no está en suspensión en el aire, ni será puesto en suspensión por la operación normal del equipo en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables o

explosivas; sin embargo, se debe considerar: 1) el depósito o la acumulación de tal polvo combustible puede ser suficiente para interferir en la adecuada disipación de calor del equipo o aparato eléctrico; o, 2) que el polvo combustible acumulado o depositado sobre o alrededor del equipo eléctrico puede inflamarse por arcos, chispas o calentamiento de tal equipo.

Lugares típicos Clase II, División 2 son:

- Secciones de plantas donde existe transportadores y gusanos cerrados, tolvas o embudos cerrados o maquinaria y equipo que producen apreciables cantidades de polvo sólo en condiciones anormales de operación.
- Las zonas adyacentes a las áreas clasificadas como Clase II División 1 y en las cuales puede existir concentraciones inflamables o explosivas de polvo en suspensión sólo bajo condiciones anormales de operación.
- Zonas donde la formación de concentraciones inflamables o explosivas de polvo en suspensión se evita por la operación de un equipo efectivo de control de polvos.
- Bodegas y zonas de embarque donde materiales que producen polvo son almacenados o manejados solamente en bolsas o recipientes y otros sitios semejantes.

3.1.1.5 Clase III, División 1

Clase III, División 1 es aquella área en la cual se manejan, fabrican o utilizan fibras fácilmente inflamables o materiales que producen volátiles combustibles.

Lugares típicos Clase III, División 1 son:

- Plantas textiles de rayón, algodón y fibras combustibles.
- Molinos de semilla de algodón, plantas alijadoras de algodón.
- Plantas procesadoras de lino.

- Fabricas de ropa, talleres de carpintería y todas las industrias o talleres que tienen procesos o condiciones semejantes.

Entre las fibras y materiales volátiles fácilmente inflamables se encuentran el rayón, el algodón, el yute, la fibra de coco, el cáñamo, la estopa, la lana vegetal, el musgo, la viruta y otros materiales similares.

3.1.1.6 Clase III, División 2

El área denominada Clase III, División 2 es aquella área en la cual se manejan o almacenan fibras fácilmente inflamables, con excepción del lugar donde se fabrica.

3.1.2 METODO ALTERNATIVO PARA CLASIFICAR AREAS PELIGROSAS CLASE I, SEGÚN EL IEC

La idea es estandarizar en el ámbito mundial la clasificación de las áreas más comunes y peligrosas que existen en el campo industrial que son las áreas Clase I, este método alternativo permitirá al usuario elegir el método de clasificación de áreas, instalación de equipos y método de canalización que más se ajuste a su aplicación.

El IEC identifica como única área peligrosa al área de Clase I (equivalente a la que menciona el NEC) y la clasifica de la siguiente manera:

3.1.2.1 Clase I, Zona 0

Es una área en la que continuamente están presentes concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables ó que estos están presentes durante largos periodos de tiempo.

3.1.2.2 Clase I, Zona 1

Es una área en la que existe concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables en condiciones normales de funcionamiento ó en las operaciones de

reparación o mantenimiento o por fugas, ó por mal funcionamiento de los equipos, ó es la que está al lado de una área de Clase I, Zona 0 desde la que podrían trasladarse concentraciones combustibles de vapores.

3.1.2.3 Clase I, Zona 2

Es una área en la que no es probable que haya concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables en condiciones normales de funcionamiento; están normalmente contenidos en recipientes o sistemas cerrados de los que sólo pueden escapar como resultado de una rotura o avería accidental del recipiente o sistema o como consecuencia del funcionamiento anormal del equipo dentro del que los líquidos o gases se manipulan, procesan o utilizan. Generalmente los gases o vapores están presentes por un breve periodo. También se encuentran en esta zona las áreas que rodean a las Zonas 0 y 1.

Además la clasificación por zonas, se divide en dos grupos I y II; el grupo I corresponde a instalaciones en minas. El grupo II se subdivide según la naturaleza de la atmósfera gaseosa, en los siguientes subgrupos:

Grupo IIC. Atmósferas que contienen acetileno, hidrógeno o gases o vapores de riesgo equivalente. Este grupo equivale a los Grupos A y B.

Grupo IIB. Atmósferas que contienen acetaldehído, etileno o gases o vapores de riesgo equivalente. Este grupo equivale al Grupo C..

Grupo IIA: Atmósferas que contienen acetona, amoniaco, alcohol etílico, gasolina, metano, propano o gases o vapores de riesgo equivalente. Este grupo equivale al Grupo D.

En la figura 3.1 se ve la relación de la clasificación de áreas peligrosas³²:

³² Ver anexo 10.

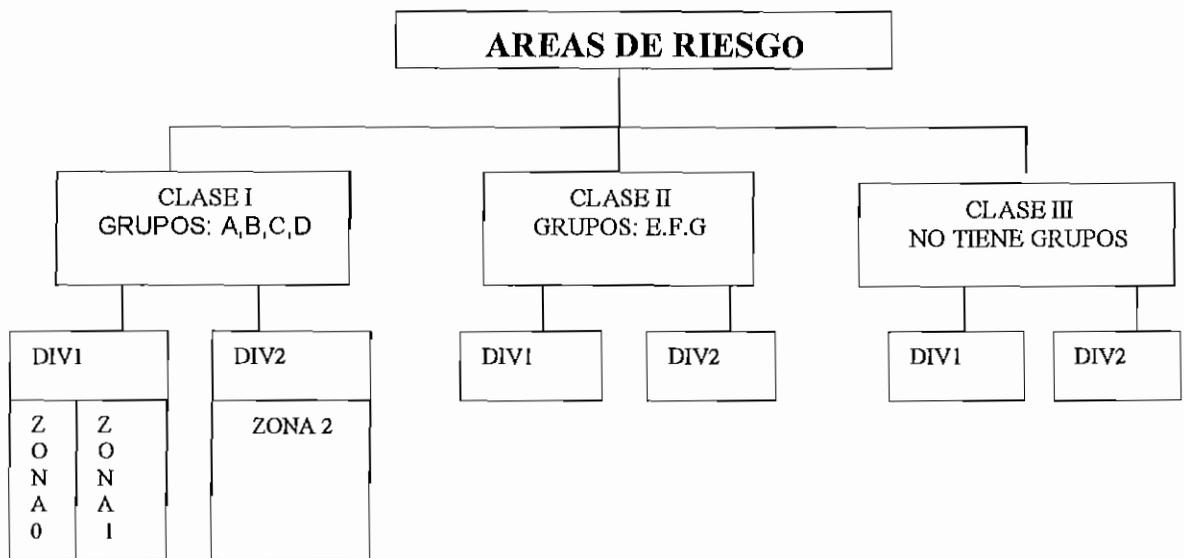


Figura 3.1 Clasificación de áreas de riesgo

3.2 CONDICIONES PARA QUE EXISTA FUEGO O EXPLOSIÓN

Para que exista fuego o explosión debe haber 3 condiciones:

1. Un líquido inflamable, vapor o polvo combustible debe estar presente en el ambiente en cantidades suficientes.
2. El líquido inflamable, vapor o polvo combustible debe mezclarse con aire u oxígeno en las proporciones requeridas para producir una mezcla explosiva.
3. Una fuente de energía debe aplicarse a la mezcla explosiva.

De acuerdo con estos principios, debe considerarse tanto la cantidad de líquido inflamable o vapor que puede encontrarse en el ambiente, como sus características físicas. Por ejemplo, los gases más ligeros que el aire se dispersan tan rápidamente en la atmósfera que (excepto en espacios confinados) no producen mezclas peligrosas en áreas cercanas a instalaciones eléctricas. Los vapores procedentes de líquidos inflamables tienen también una tendencia natural a dispersarse en la atmósfera y se diluyen rápidamente a concentraciones menores al límite inferior del rango inflamable (explosivo), especialmente cuando existe movimiento de aire. La probabilidad de que la concentración de gas se

encuentre por arriba del límite máximo del rango inflamable o explosivo, no proporciona ninguna garantía, ya que la concentración debe pasar primero dentro de los límites de dicho rango.

El análisis de estas condiciones básicas es el principio para la clasificación de áreas peligrosas. Después de que un área ha sido clasificada según su Clase, Grupo y División, debe seleccionarse el equipo eléctrico adecuado que puede ser usado en dicha área.

3.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS EN AREAS DE RIESGO

Las instalaciones y equipos eléctricos y electrónicos de cualquier tensión instalados en áreas donde puede existir riesgo de incendio o explosión por la presencia de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles, fibras o partículas combustibles; deben cumplir ciertos requisitos para evitar ser fuente de ignición. Es recomendable instalar la mayor parte del equipo en lugares no peligrosos o menos peligrosos y así reducir el número de equipos especiales necesarios en áreas peligrosas, por eso es muy importante la experiencia de quien diseña la instalación.

3.3.1 EQUIPO ELECTRICO COMO FUENTE DE IGNICIÓN

Un equipo eléctrico puede llegar a ser una fuente de ignición, de 3 formas:

- 1) Arcos y chispas:** Son producidos por la operación normal del equipo eléctrico (tales como motores de arranque, contactores e interruptores) que puede encender una atmósfera en un área peligrosa.
- 2) Las altas temperaturas:** De equipos que producen calor (tales como lámparas y accesorios de iluminación) pueden encender atmósferas inflamables si ellos exceden la temperatura de ignición del material peligroso (Ver en **ANEXO 9**, Temperatura de Ignición).

La temperatura de ignición, es decir aquella a la cual puede producirse la ignición, depende del tipo de gas o vapor existente, en áreas Clase I. La temperatura máxima de la superficie expuesta del aparato eléctrico, siempre debe ser menor que la temperatura de ignición de la mezcla de gas o vapor en donde se lo va a usar.

Con el objeto de identificar y seleccionar el equipo eléctrico, en relación con su máxima temperatura de superficie, existen varias clases de temperaturas. Los aparatos que estén clasificados dentro de una clase de temperatura más elevada (por ejemplo, T5) pueden utilizarse para aplicaciones que requieran de una clase de temperatura más baja (por ejemplo, T2 y T3).

Según el IEC existen 6 temperaturas básicas T1, T2, T3, T4, T5, T6 y el NEC en cambio permite subdivisiones entre las diferentes temperaturas básicas como se observa en la tabla 3.1

Temperatura máxima de superficie		Letra identificativa (clase de temperatura)	Temperatura de ignición de material combustible
°C	° F		°C
450	842	T1	>450
300	572	T2	>300
280	536	T2A	>280
260	500	T2B	>260
230	446	T2C	>230
215	419	T2D	>215
200	392	T3	>200
180	356	T3A	>180
165	329	T3B	>165
160	320	T3C	>160
135	275	T4	>135
120	248	T4A	>120
100	212	T5	>100
85	185	T6	> 85

Tabla 3.1 Letra identificativa en equipos eléctricos de acuerdo a la temperatura máxima que puede soportar.³³

³³ NEC. Tabla 500-3 d

Para áreas Clase II, la temperatura del equipo no debe exceder la temperatura de ignición del polvo específico; las temperaturas de los equipos se observan en la tabla 3.2

Equipos no expuestos a sobrecargas		Equipos expuestos a sobrecargas (motores o transformadores de potencia)	
GRUPOS CLASEII	°C	°C	°C
E	200	200	200
F	200	150	200
G	165	120	165

Tabla 3.2 Temperatura de ignición³⁴

3) Fallas del equipo eléctrico, es otra forma para que una explosión pueda producirse; por ejemplo un incendio dentro o fuera de una lámpara puede producir una chispa y ésta un desastre; el equipo eléctrico puede fallar por la acumulación de polvo combustible sobre, dentro o cerca del equipo, lo cual impide la disipación de calor del equipo y puede producir una explosión.

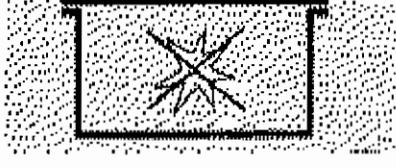
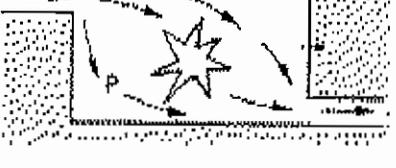
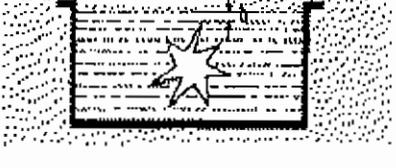
Para evitar que un equipo eléctrico llegue a ser fuente de ignición se debe seleccionar adecuadamente los equipos e instalaciones eléctricas considerando además de la clase, división y grupo, la temperatura de ignición del material combustible presente en el área.

3.3.2 TIPO DE PROTECCIÓN PARA EQUIPOS ELECTRICOS EN AREAS DE RIESGO

La principal protección en un área de alto riesgo es evitar que aparezcan fuentes de ignición, sin embargo en las áreas donde no se puede evitar que se generen mezclas explosivas de material inflamable y aire, se deben tomar acciones especiales para evitar la aparición de fuentes de ignición. La siguiente Tabla 3.3

³⁴ NEC. Tabla 500-3 f

muestra algunos tipos de protección para equipos eléctricos y electrónicos instalados en áreas de riesgo y describe sus aplicaciones comunes.

Tipo de protección de acuerdo con IEC o Estándar Europeo	Principio básico	Esquema	Aplicaciones
Caja antideflagrante (explosionproof) d	Un tipo de protección en el que las partes, que pueden encender una atmósfera explosiva, son colocadas en una caja, la cual puede resistir la presión generada durante una detonación interna de una mezcla explosiva y que evita la propagación de la explosión a las atmósferas explosivas que rodean la caja	 Atmósfera explosiva	Interruptores, equipo de control e indicación, tableros de control, motores, transformadores, accesorios de iluminación y otros componentes que producen chispas
Seguridad aumentada e	Un tipo de protección en el que se aplican medidas a fin de evitar con mayor grado de seguridad la posibilidad de que se registren temperaturas excesivamente elevadas y que se produzcan arcos y chispas en el interior y en las partes exteriores de aparatos eléctricos, que no las produce en sus operaciones normales.	 Atmósfera explosiva	Cajas de terminales y conexiones, módulos EX de cubiertas de cajas de control (de un tipo diferente de protección), motores de jaula de ardilla, luminarias
Aparatos presurizados p	Un tipo de protección en el que se evita el ingreso de una atmósfera circundante en la caja del aparato eléctrico manteniendo en el interior de la mencionada caja un gas protector (aire, gas inerte u otro gas apropiado) a una mayor presión que la de la atmósfera circundante.	 Atmósfera explosiva	Como las anteriores, pero en especial para equipo grande y salas de control.
Inmersión en aceite o	Un tipo de protección en el que el aparato eléctrico o parte de aparato eléctrico es sumergido en aceite de manera tal que una atmósfera explosiva, que puede generarse arriba del aceite o afuera de la caja protectora no pueda encenderse.	 Atmósfera explosiva	Transformadores (usado en el presente muy raras veces)

<p>Relleno de polvo</p> <p>q</p>	<p>Un tipo de protección en el que la cubierta del aparato eléctrico está rellena de un material en estado de gránulos finos de modo que, en las previstas condiciones de operación, cualquier arco que se produzca dentro de la caja de un aparato eléctrico no encenderá la atmósfera circundante. Ninguna ignición será ocasionada por llamas o temperatura excesivamente elevada de las superficies de la caja.</p>	 <p>Atmósfera explosiva</p>	<p>Transformadores, condensadores, cintas calentadoras, cajas de conexión, ensambles electrónicos.</p>
<p>Moldeado (resina)</p> <p>m</p>	<p>Un tipo de protección en el que las partes, que pueden encender una atmósfera explosiva, son encerradas dentro una resina, con resistencia efectiva a las influencias ambientales de modo que esta atmósfera explosiva no pueda ser encendida por chispas o calentamiento, que pudieran generarse dentro del encapsulado.</p>	 <p>Atmósfera explosiva</p>	<p>Sólo interruptores de baja capacidad, aparatos de control, equipo de indicación, sensores.</p>
<p>Seguridad intrínseca</p> <p>I</p>	<p>Un tipo de protección en el que el aparato eléctrico contiene circuitos con seguridad intrínseca, que no tienen posibilidad de provocar una explosión en la atmósfera circundante. Un circuito o una parte de un circuito tienen seguridad intrínseca, cuando alguna chispa o efecto térmico en este circuito, producidos en las condiciones de prueba establecidas en este estándar (dentro del cual figuran las condiciones en operación normal y de falla específica) no puede ocasionar una ignición.</p>	 <p>Atmósfera explosiva</p>	<p>Equipo de control y medición.</p>

Tabla 3.3 Tipo de protección para áreas de alto riesgo, según el IEC.³⁵

3.3.2.1 Equipo eléctrico en áreas CLASE 1 DIVISION 1 y 2

El equipo que se usa en áreas **Clase 1, División 1 y 2** es el **equipo a prueba de explosión (antideflagrante)**; usa el principio de protección a prueba de explosión (Ver Tabla 3.3); es decir, es un equipo encerrado en una caja (envolvente) que es capaz de soportar una explosión de un gas o vapor que pueda producirse en su interior y de prevenir la ignición de un gas o vapor que rodee la caja, por chispas, arcos o la explosión del gas o vapor en su interior y

³⁵ www.texca.com

que funciona soportando temperaturas externas tales que la atmósfera inflamable que le rodea no pueda arder.

Las cajas se hacen de hierro, acero o aluminio, tal que impidan el paso de la flama, los gases quemados durante una explosión solo deben salir a la atmósfera una vez que han sido enfriados y sus llamas extinguidas. Existen dos tipos de juntas en las cajas, planas y roscadas. Se observa en las figuras 3.2 y 3.3

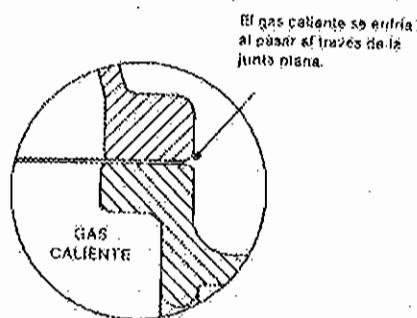


Figura 3.2. Junta Plana³⁶

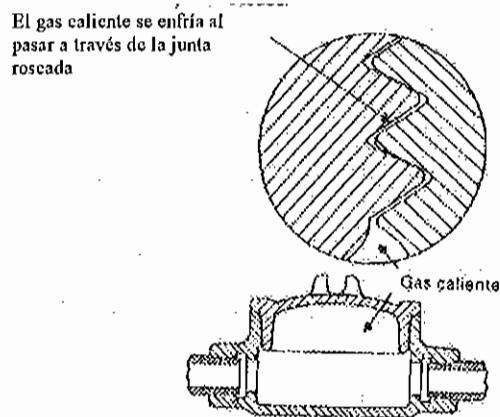


Figura 3.3 Junta Roscada³⁷

³⁶ HINDS Crouse, JAZECKH Eberhand, (1987), Requisitos eléctricos para áreas peligrosas, Ed. Mepandina S.A. , Ecuador. Pg. 6

³⁷ HINDS Crouse, JAZECKH Eberhand, (1987), Requisitos eléctricos para áreas peligrosas, Ed. Mepandina S.A. , Ecuador. Pg. 6

En la junta plana rectificada, las dos superficies se mantienen perfectamente unidas por medio de tornillos. El ancho mínimo para el paso de la flama es de 3/8", con un claro máximo de 0.0015". Este claro previene que los gases calientes escapen al exterior.

La junta roscada, es una tapa roscada, requiere que mínimo cinco hilos de la rosca estén en contacto. Cuando dentro de la caja ocurre una explosión, los hilos de la rosca de la tapa se aprietan contra los hilos de la rosca del cuerpo, forzando así al gas caliente a recorrer toda la trayectoria helicoidal entre el cuerpo y la tapa lo que enfría suficientemente antes de lograr salir de la atmósfera circundante.

3.3.2.2 Equipo eléctrico en áreas CLASE II DIVISIÓN 1 y 2

El equipo para áreas **Clase II División 1 y 2** es el equipo a **prueba de ignición de polvo**, es un equipo cerrado en un lugar que evita la entrada de polvo y que, cuando está instalado y protegido no permite que se generen en la caja o salgan de ella arcos, chispas o calor que puedan causar la ignición de acumulaciones externas o suspensiones de determinados polvos que haya en la cercanía de la caja; su diseño es diferente al del equipo para Clase I, ya que se diseña para impedir la entrada de polvo en el equipo y no requiere soportar explosiones internas.

Los equipos instalados en áreas de Clase II deben ser capaces de funcionar a plena potencia sin dar lugar a temperaturas superficiales tan altas que puedan causar deshidratación o carbonización gradual de los depósitos orgánicos que puedan producirse en su superficie.

3.3.2.3 Equipo eléctrico en áreas CLASE III DIVISIÓN 1 y 2

El equipo para áreas **Clase III, División 1 y 2**, tiene una pequeña diferencia del diseño del de Clase II. El equipo para Clase III, deber ser capaz de operar a plena capacidad sin calentarse al grado de que cause deshidratación excesiva o carbonización gradual de las fibras o material volátil que se le acumule. El

material orgánico carbonizado o excesivamente deshidratado es susceptible de incendiarse espontáneamente. En estas áreas se usa equipo purgado y presurizado (Ver tabla 3.3), equipo de seguridad intrínseca (Ver tabla 3.3 y **ANEXO 11**) ó circuitos no incendiarios que se describen a continuación.

3.3.2.4 Equipo eléctrico para diferentes áreas peligrosas

El **equipo purgado y presurizado** se usa en **todas las áreas peligrosas** para la que esté aprobado. Se debe considerar que mediante sistemas de ventilación forzadas se puede reducir los riesgos. (Ver principio de este tipo de protección en Tabla 3.3).

El **equipo e instalaciones de seguridad intrínseca** se usan en **todas las áreas peligrosas** para las que estén aprobados. Son circuitos en los que cualquier chispa o efecto térmico producido es incapaz de causar la ignición de una mezcla de material combustible o inflamable y aire. Por sus características este tipo de protección es cada vez más usado. (Ver **ANEXO 11**).

En áreas **Clase I, División 2; Clase II, División 2 y Clase III**, se puede usar **Circuitos no incendiarios**, que son circuitos en los que cualquier arco o efecto térmico producido, ya sea en funcionamiento o por la apertura, interrupción o conexión a tierra de la instalación, no puede iniciar la combustión de gases o vapores inflamables o de mezclas aire-polvo.

En áreas **Clase I, División 2**, se permite el uso de **equipo sumergido en aceite**, para los contactos de interrupción de corriente. En estas áreas se permite usar también dispositivos **herméticamente cerrados**, es decir aquellos que impiden la entrada de cualquier atmósfera externa.

En la tabla 3.4 se observa un resumen del tipo de protección en equipos eléctricos y el área de riesgo en que pueden ser usados.

EQUIPO CON PROTECCION	USO/AREA DE RIESGO
A prueba de explosión.	CLASE I, DIVISIÓN 1 Y 2
A prueba de ignición de polvos.	CLASE II, DIVISIÓN 1 Y 2
Purgado y presurizado.	CUALQUIER AREA DE RIESGO
Sistemas de seguridad intrínseca.	CUALQUIER AREA DE RIESGO
Circuitos no incendiarios.	CLASE I, DIVISIÓN 2 CLASE II, DIVISION 2 CLASE III
Inmersión en aceite	CLASE I, DIVISION 2
Sellado hermético	CLASE I, DIVISIÓN 2

Tabla 3.4 Tipos de protección para equipos eléctricos y su uso en áreas de riesgo

3.3.3 OTRO TIPO DE PROTECCIÓN: EXTINGUIDORES

Un área de riesgo, se la considera de peligro debido al tipo de material combustible que se encuentra en ella y que puede causar una explosión ó fuego; sin embargo cuando este aparece, a pesar de haber usado equipo protegido, para limitar los efectos causados por el fuego se debe colocar en el área de riesgo extinguidores adecuados para el tipo de fuego que se pueda producir; no todos los incendios son iguales y cada tipo de extinguidor está diseñado para un propósito específico; si no se usa el extinguidor adecuado, se puede no apagar el fuego e incluso se puede propagarlo.

En general, existen 4 tipos de fuego y por ende 4 tipos de extinguidores:

CLASE A: fuego que aparece por materiales combustibles sólidos. Para extinguir el fuego se permite el uso de agua, polvo químico .

CLASE B: fuego que aparece por materiales combustibles líquidos o gases inflamables. Para extinguir el fuego se permite el uso de espuma, polvo químico, CO₂.

CLASE C: fuego que aparece debido a equipos eléctricos energizados. Para extinguir el fuego se permite el uso de polvo químico, CO₂.

CLASE D: fuego que aparece por metales combustibles. Para extinguir el fuego se permite el uso de polvos secos, espumas.

La forma de acción de los extinguidores es por enfriamiento, sofocación, absorción del calor y por interrupción de la reacción en cadena.

Para usar un extinguidor se debe colocar la persona a una distancia de 3 metros, en la dirección del viento y apuntar la boquilla del extinguidor hacia la base de la llama; además se debe considerar:

- Si el fuego es originado por escape de gas, debe colocarse de forma tal que coincida la dirección del escape del gas con la del agente extintor.
- Si el fuego involucra filtraciones de productos de petróleo, deben ser extinguidos desde le área inflamada hacia la fuente de ignición.
- Si el fuego es en equipos eléctricos o provocados por ellos, no utilizar agentes extintores de base acuosa (agua, espuma física, etc.), pues son elementos conductores.
- Para combatir incendios en recintos con combustible líquido, proyectar el agente extintor sobre las paredes.
- En fuego clase "A" , se debe dejar una buena capa de polvo sobre los escombros para evitar la reignición.

Es importante que las personas que realizan mantenimiento o acceden a las áreas de riesgo, conozcan como manejar un extinguidor y donde están ubicados (deben estar ubicados en lugares accesibles); además cuando un incendio ha sido extinguido, se debe verificar que no haya posibilidades de reignición.

Los diferentes TIPOS DE FUEGO Y SUS RESPECTIVOS EXTINGUIDORES se observan en la tabla 3,5 :

TIPO DE FUEGO	MATERIAL COMBUSTIBLE	SIMBOLO	TIPO DE EXTINGUIDOR	FORMA DE ACCION
CLASE A: COMBUSTIBLES SOLIDOS U ORDINARIOS FUEGO EN AREAS CLASE III	Papeles, maderas, cartones, cauchos, textiles, plásticos, desperdicios, etc.			ENFRIAMIENTO. INTERRUPCION DE REACCION EN CADENA
CLASE B: LIQUIDOS O GASES INFLAMABLES FUEGO EN AREAS CLASE I	Nafta, gasolina, pinturas, aceites, lacas, breas, butano, propano y otros gases; en general los derivados del petróleo.			INTERRUPCION DE REACION EN CADENA. SOFOCACIÓN. NOTA: NO USAR AGUA EN CHORROS, UNICAMENTE NIEBLA
CLASE C: EQUIPOS ELÉCTRICOS ENERGIZADOS FUEGO EN AREAS CLASE I, II, III	Equipos e instalaciones eléctricas.			INTERRUPCION DE REACCION EN CADENA. SOFOCACIÓN. NOTA: NO USAR AGUA NI ESPUMA (SON CONDUCTORES ELÉCTRICOS). 
CLASE D: METALES COMBUSTIBLES o ALEACIONES DE METALES FUEGO EN AREAS CLASE II	Metales combustibles, magnesio, sodio, etc.			ABSORCIÓN DE CALOR Y SOFOCACIÓN NOTA: NO USAR EXTINTORES COMUNES.

Tabla 3.5

Tipos de fuego y de extinguidores

3.4 CABLES ELÉCTRICOS EN AREAS DE RIESGO

En las áreas industriales, un gran porcentaje de los incendios se inician en las instalaciones eléctricas; por eso, una instalación eléctrica debe ser realizada con materiales adecuados para disminuir el riesgo de incendio, y cuando se produce por causas ajenas a la instalación debe permitir reducir los efectos colaterales (emisión de gases corrosivos, de gases tóxicos y de humos opacos) que producen más daño que el propio fuego.

Los cables eléctricos en una instalación son parte esencial, están colocados de un lado a otro en el área de la instalación, por lo que se los considera como potenciales propagadores del incendio; los elementos que componen un cable, generalmente son de naturaleza orgánica y por lo tanto buenos combustibles, que además pueden generar gases inflamables que colaboran en la combustión; el cable sometido al fuego, puede dañarse y poner en contacto los conductores entre sí o a tierra, con posible efecto de cortocircuito y ser nuevo foco de incendio; pueden dejar de funcionar después del fuego, es decir dejar sin energía a los equipos que alimentan, lo cual es muy riesgoso en un área industrial.

Por lo indicado, los fabricantes de cables, buscan disminuir la propagación del fuego en el cable una vez producido, y la reducción de las consecuencias de sus efectos colaterales. Para esto someten a los cables a ensayos que son pruebas que simulan incendio, realizadas en condiciones constantes y parámetros fijos como: temperatura, fuente de calor o llama, caudal de aire, tiempo de exposición, etc.

3.4.1 TIPOS DE CABLES SEGÚN SU COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

Según ensayos aplicados y el comportamiento que presenten los cables en éstos, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Cables no propagadores de la llama.
- Cables no propagadores del incendio.
- Cables resistentes al fuego.

3.4.1.1 Cables no propagadores de la llama

Son cables que incitados a arder en forma vertical con una llama débil durante un breve período de tiempo, no colaboran en su propagación sino todo lo contrario, se auto extingue al apagarla. Estos cables son adecuados para instalaciones con un reducido número de cables en las canalizaciones, por ejemplo en instalaciones residenciales.

3.4.1.2 Cables no propagadores del incendio:

Son cables que sometidos a condiciones simuladas de un incendio, no son capaces de propagar un incendio.

3.4.1.3 Cables Resistentes al Fuego

Son cables que continúan su funcionamiento normal durante y después de un fuego prolongado,

Estos cables están formados con materiales poliméricos combinados con materiales de características inorgánicas (Mica, fibra de vidrio, etc.), son considerados como de seguridad, y cumplen con la función de mantener un equipo en funcionamiento durante un incendio. Son usados para iluminación de emergencia, alarmas, dispositivos de seguridad, ventilación, etc.

Los cables resistentes al fuego, también deben ser no propagadores del incendio.

Este tipo de cables es el más recomendado para áreas consideradas peligrosas.

Otros ensayos de seguridad son:

- Reducida emisión de gases tóxicos y corrosivos: Se produce debido a cantidad de ácidos halogenados, principalmente el ácido clorhídrico, que se desprenden cuando arden cables de cloruro de polivinilo (PVC),

policloropreno (PCP) o polietileno clorosulfonado (CSP); estos ácidos son muy peligrosos para las personas; además, dicho ácido puede dañar los equipos eléctricos aunque no hayan sido alcanzados por el propio fuego.

Los cables que pasan estos ensayos son libres de halógenos y cuando arden, por razones exógenas emiten gases con índices de toxicidad muy reducidos debido a su casi nula toxicidad.

- Baja emisión de humos opacos: Los cables que cumplen esta propiedad cuando arden emiten gases transparentes, manteniendo un alto nivel de transmitancia (visibilidad.).

3.5 TIPOS DE CABLES ELÉCTRICOS UTILIZADOS EN AREAS DE RIESGO

Los cables permitidos para áreas de alto riesgo según el NEC, IEC, son: tipo MI, MC, TC, AC, MV, TECK, entre otros, que se describen a continuación.

3.5.1 CABLES DE MEDIA TENSIÓN. TIPO MV (MEDIUM VOLTAGE)

Un cable tipo MV es un cable unipolar o multipolar, sólido y con aislamiento dieléctrico. Están formados por conductores de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre. Estos cables son usados en instalaciones de 2001 voltios nominales hasta 35000 voltios, en lugares secos o mojados, en canalizaciones, bandejas de cables o directamente enterrados.

Los cables tipo MV de 8001 voltios o más deben tener blindaje electrostático, para voltajes de 2001 a 8000 voltios pueden ser o no blindados. Estos cables sin blindaje se los usa donde las condiciones de mantenimiento y supervisión puedan realizarse.

Los cables marcados como MV-75, MV-85 ó MV-90 son apropiados para uso en temperaturas de a 75°C, 85°C y 90°C, respectivamente. Cables marcados con "oil resistant I" ó "oil resistant II" son apropiados para exposición a aceite mineral a 60°C ó 75°C, respectivamente. También vienen marcados con "sunlight resistant" es decir para ser expuestos directamente a los rayos del sol. Si vienen marcados con "CT Use" ó "for use in cable trays" se usan exclusivamente para ser instalados en bandejas.

3.5.2 CABLES CON AISLAMIENTO MINERAL Y RECUBRIMIENTO METÁLICO. TIPO MI (MINERAL INSULATED)

Un cable con aislamiento mineral y recubrimiento metálico tipo MI esta formado por uno o más conductores aislados con un aislante de mineral refractario de alta compresión y encerrado en un recubrimiento continuo de cobre o de aleación de acero resistente a los líquidos y a los gases

Cables tipo MI se usa en:

- Acometidas, circuitos de suministro y circuitos derivados..
- Circuitos de potencia, iluminación, mando y control y señales.
- En lugares secos, mojados o continuamente húmedos.
- En interiores y exteriores.
- Expuestos u ocultos.
- Expuestos en condiciones corrosivas que no deterioren su recubrimiento.
- En tramos subterráneos, adecuadamente protegidos contra daños físicos y contra la corrosión.

Los conductores de los cables MI son de cobre sólido o cobre recubierto de níquel. El aislamiento es de un mineral refractario de alta compresión que deje espacio suficiente para los conductores. El recubrimiento exterior debe ser de construcción continua, de modo que ofrezca protección mecánica y contra la humedad. Si es de cobre, debe tener continuidad suficiente para poner a tierra los equipos. Si es de acero, deberá llevar un conductor de tierra de los equipos.

Es un cable completamente no combustible, y permite eliminar los peligros del fuego resultantes de fallas o excesivas sobrecargas de los circuitos eléctricos. , debido a que son construidos totalmente de materiales inorgánicos. El conductor, cubierta y armaduras protectoras son de metal.

3.5.3 CABLES BLINDADOS, TIPO AC (ARMORED CABLE)

Un cable tipo AC es un conjunto de conductores aislados en una cubierta metálica flexible.

Se usan los cables de tipo AC en:

- Todos los tipos de sistema eléctricos de fuerza y alumbrado.
- Circuitos de señal y control
- Circuitos expuestos como ocultos y en bandejas de cables.
- En lugares secos
- No en lugares húmedos o mojados.

Los cables tipo AC deben tener una armadura de cinta metálica flexible, además una banda interna equipotencial de cobre o aluminio en contacto continuo con la armadura y a lo largo de toda ella. Los conductores deben ser aislados y además tener un forro fibroso entero resistente a la humedad y retardante de la llama. Para los cables tipo ACT (cable armado con conductores que tienen aislamiento termoplástico) solo se requiere forro fibroso y resistente a la humedad en cada uno de los conductores. Los cables tipo AC deben tener un conductor adecuado para toma de tierra de los equipos.

Un tipo de cable armado es el "Metal Clad" tipo MC; otra variedad es el llamado "Interlocked Armor Cable". Otras designaciones son:

AC: cable armado empleando conductores que tienen aislamiento de Caucho.

ACH: cable armado empleando conductores que tienen aislamiento de Caucho resistente al calor (75°C).

ACHH. cable armado empleando conductores que tienen aislamiento de Caucho resistente al calor (90°C).

ACU: cable armado empleando conductores que tienen aislamiento de Caucho de látex grade.

L: indica como un sufijo indica que una cubierta de plomo ha sido aplicada sobre el conductor.

3.5.4 CABLES CON CUBIERTA METÁLICA, TIPO MC (METAL CLAD)

Un cable de tipo MC es un conjunto de uno o más conductores aislados con o sin cables de fibra óptica, encerrados en una cubierta metálica de cinta entrelazadas o en un tubo liso o corrugado.

Se usa cables de tipo MC en instalaciones de más de 600 voltios nominales, en:

- En acometidas, circuitos de suministro y derivados.
- En circuitos de potencia, iluminación, control y señales.
- En interiores y exteriores.
- Expuestos u ocultos.
- Directamente enterrados.
- En bandejas de cables.
- En cualquier canalización.
- En tramos abiertos.
- Como cable aéreo o suspendido de un fiador.
- En lugares secos.
- En lugares mojados: la cubierta metálica sea inmune a la humedad, que debajo de la cubierta metálica lleve una cubierta de plomo o un forro inmune a la humedad.

Los conductores deben ser de cobre, aluminio ó aluminio recubierto de cobre, sólidos o trenzados.

La cubierta metálica puede ser: lisa, metálica soldada y corrugada, armadura de cinta metálica trenzadas. Se puede usar una protección suplementaria en forma de otra cubierta externa de material resistente a la corrosión. La cubierta no se debe usar como conductor.

Los cables de tipo MC debe tener un conductor adecuado para toma a tierra.

3.5.5 CABLE CON CUBIERTA NO METÁLICA. TIPOS NM (NON METALLIC), NMC (NON METALLIC CABLE) Y NMS (NON METALLIC SHEATHED).

Un cable con cubierta no metálica es un conjunto de dos o más conductores aislados que tienen una cubierta exterior de material no metálico, resistente a la humedad y retardante de la llama.

El tipo NM y NMS se usa en instalaciones expuestas y ocultas en lugares normalmente secos. El tipo NMC en instalaciones expuestas y ocultas en lugares secos, húmedos, mojados o corrosivos. No se los debe usar como cables de entrada a la acometida, en lugares expuestos a humos o vapores corrosivos, entre otros.

La cubierta exterior del cable debe ser de material no metálico. En los tipo NM la cubierta exterior debe ser retardante a la llama y resistente a la humedad. En los tipo NMC la cubierta exterior debe ser retardante a la llama y resistente a la humedad, a los hongos y a la corrosión. En los tipo NMS, al ser un conjunto de conductores aislados de potencia, comunicaciones y señales encerrados en una cubierta común de material no metálico, resistente a la humedad y retardante a la llama. La cubierta se debe instalar de modo que separe los conductores de potencia de los de comunicaciones y señales. Se permite que los conductores de señales vayan blindados. Se permite además un forro exterior opcional.

3.5.6 PARA INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS

Para cables de 600 V o menos

Los cables, conductos u otras canalizaciones directamente enterrados, se deben instalar de modo que cumplan los requisitos mínimos del **ANEXO 4**. Todas las instalaciones subterráneas se deben poner a tierra y conectar equipotencialmente.

Los cables directamente enterrados que salen del suelo, se deben proteger mediante envolventes o canalizaciones que vayan desde la distancia mínima de cobertura que se observa en el **ANEXO 4**. Además pueden estar conectados sin utilizar cajas de conexiones.

No se debe rellenar una zanja con piedras grandes, materiales de pavimentación u otros elementos grandes, corrosivos que puedan afectar a los cables, canalizaciones. Cuando es necesario se protege los cables con material granulados. Si existe humedad se debe impermeabilizar o sellar en ambos extremos. La presencia de gases o vapores peligrosos requiere que se sellen los conductos o canalizaciones subterráneas.

Todos los conductores del mismo circuito, se deben instalar en la misma canalización.

Para cables de 600 V o más

Los conductores que van directamente enterrados deben ser de un tipo identificado para ese uso. Los cables de más de 2.000 voltios nominales deben ir blindados.

Se usa cables multipolares no blindados entre 2.001 y 5.000 voltios sí el cable no tiene blindaje o forro metálico en toda su longitud.

Se usa cables subterráneos que van directamente enterrados o instalados en canalizaciones identificadas para ese uso y que cumplen los requisitos de profundidad del **ANEXO 5**.

3.5.7 CABLES DE POTENCIA Y CONTROL PARA BANDEJAS, TIPO TC (TRAY CABLE)

El cable de potencia y control para bandejas, de tipo TC, es un conjunto de dos o más conductores aislados con o sin conductores de tierra cubiertos o desnudos, en una cubierta no metálica, para su instalación en bandejas, canalizaciones o soportados por cables fiadores.

La cubierta exterior debe ser de material no metálico y retardante de la llama. No se permite una cubierta metálica bajo ni sobre la cubierta exterior no metálica. Si se instalan en lugares mojados, los cables de tipo TC deben ser resistentes a la humedad y a los agentes corrosivos.

Se usan cables de tipo TC en:

- En circuitos de potencia, iluminación, control y señales.
- En bandejas de cables o canalizaciones o en tramos exteriores soportados por un cable fiador
- En circuitos de alarma contra incendios de baja potencia

Cables multipolares de 600 voltios nominales o menos, se pueden instalar en la misma bandeja. No se deben instalar juntos cables de distintas tensiones nominales, a excepción de los de más de 600 V tipo MC.

3.5.8 CABLE TECK

El cable TECK se construye de un revestimiento de XLPE con una armadura de aluminio sobre los conductores.

3.5.9 RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE CABLE

El cable debe ser instalado con un radio de curvatura mínimo de 10 veces su diámetro exterior y con un esfuerzo máximo a la tracción sobre los conductores de 6 kg/mm^2 . Dichos esfuerzos no deben aplicarse a los revestimientos de protección sino exclusivamente a los conductores.

Cuando el esfuerzo previsto exceda de los valores admisibles mencionados, se deberá recurrir al empleo de cables armados con alambres de acero; en este caso se aplicará el esfuerzo a la armadura, sin superar el 30% de la carga de rotura teórica de la misma.

Durante las operaciones de tendido, la temperatura del cable no debe ser inferior a 0°C. Esta temperatura se refiere a la del propio cable, no a la temperatura ambiente. Si el cable ha estado almacenado a bajas temperaturas durante cierto tiempo, antes del tendido deberá llevarse a una temperatura superior a los 0°C antes de la instalación.

3.6 RECOMENDACIONES PARA LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN AREAS DE RIESGO

Las instalaciones y equipos eléctricos usados en áreas de riesgo deben tener protección contra explosiones, para garantizar la seguridad de la instalación y del personal que lo maneje; se debe considerar en la instalación el tipo de tubería y cableado a usarse, el sellado y drenaje de los mismos, la corrosión, así como el mantenimiento después de terminada la instalación.

3.6.1 METODOS DE CABLEADO

3.6.1.1 CLASE I DIVISIÓN 1

En las áreas de **Clase I, División 1**, la instalación debe hacerse en tubo metálico rígido roscado, tubo semi-rígido de acero roscado o cables tipo MI. Todas las cajas, herrajes y elementos de unión deben estar roscados para conectarlos a los tubos o terminaciones de los cables y deben ser antideflagrantes. Las juntas roscadas deben tener por lo menos cinco vueltas completas de rosca que queden completamente metidas. Los cables tipo MI se deben instalar y apoyar de modo que se eviten esfuerzos de tensión en sus terminales.

En áreas industriales con acceso restringido y en los que el mantenimiento y supervisión es realizado por personas calificadas, se puede usar cables de tipo MC, con recubrimiento continuo de aluminio corrugado a prueba de gas y vapor y un forro externo de un polímero adecuado, con conductores independientes de tierra.

En la práctica en estas áreas se usa con cable de aislamiento mineral MI.

3.6.1.2 CLASE I DIVISIÓN 2

En las áreas de **Clase I, División 2**, se debe instalar tubo metálico rígido roscado, tubo semi-rígido de acero roscado, conductos metidos en envolventes con juntas o cables de tipo PLTC (power limited tray cable) o de tipo ITC (instrumentation tray cable) en bandejas de cables, en canalizaciones, soportados por cables fiadores o directamente enterrados; o cables de tipo MI, MC, MV o TC con herrajes terminales aprobados. Se permite instalar cables de tipo ITC, PLTC, MI, MC, MV o TC en bandejas de cables de modo que se eviten esfuerzos de tracción en los herrajes terminales. No es necesario que las cajas, herrajes y juntas sean antiexplosión,

En este tipo de áreas en la práctica se usa cables directamente enterrados o tipo TC, es decir en bandejas, no en tuberías; y solo en áreas donde se espera un daño físico se encuentran dentro de algún sistema de tuberías.

3.6.1.3 Cables flexibles en áreas de Clase I, División 1 y 2.

Los cables flexibles se usan para conectar equipos de iluminación portátiles u otros equipos de utilización portátiles (por ejemplo: bombas eléctricas sumergibles que se pueden sacar sin entrar en el pozo, mezcladoras que se meten y sacan en depósitos abiertos) a la parte fija de su circuito de suministro; ó cuando los medios de instalación fijos, es decir tuberías, no permitan la libertad necesaria de movimiento de los equipos de utilización fijos y móviles en una planta industrial cuyas condiciones de mantenimiento y supervisión sean atendidas por personas calificadas y el cable flexible esté protegido contra daños físicos. El tramo de cable flexible debe ser continuo.

Los cables flexibles, deben ser para uso extra intenso, contener, además de los conductores del circuito un conductor de tierra, ir conectados a los terminales o conductores de suministro, estar sujetos por abrazaderas u otros medios adecuados de modo que no causen tensión mecánica en las conexiones con los terminales, y estar dotados de las correspondientes juntas sellantes cuando el cable flexible entre en cajas, herrajes tipo antiexplosión.

3.6.1.4 CLASE II DIVISIÓN 1

En las áreas de **Clase II, División 1**, la instalación debe hacerse en tubo metálico rígido roscado, tubo de acero semi-rígido y roscado o cables de tipo MI con herrajes de terminación aprobados para Clase II, es decir a prueba de ignición de polvo.

En áreas industriales con acceso restringido, cuando el mantenimiento y supervisión es realizado por personas calificadas, se permite emplear cables de tipo MC usados en áreas de Clase I División 1.

Los **herrajes y cajas** deben estar dotados de pasacables a rosca para conectarlos con las terminaciones de los tubos o los cables, deben tener tapas que cierren bien y no tener aberturas (como agujeros para los tornillos de fijación) a través de las que pueda entrar el polvo o salir chispas o material ardiendo. Los herrajes y cajas en los que se hagan empalmes, juntas o conexiones con los terminales o que se utilicen en áreas donde haya polvo combustible o conductor de la electricidad, deben estar aprobados para áreas de Clase II.

3.6.1.5 CLASE II, DIVISIÓN 2.

En áreas de **Clase II, División 2**, las instalaciones se deben hacer con tubo metálico rígido, tubo metálico semi-rígido, tuberías eléctricas metálicas, canalizaciones estancas al polvo o cables de tipo MC o MI con terminales aprobados o cables de tipo PLTC o ITC en bandejas de cables o de tipo MC o TC instalados en una bandeja de cables en escalera, ventilada o de canal ventilado en

una sola capa con un espacio entre dos cables adyacentes no inferior al diámetro del cable más grueso.

Las canalizaciones, herrajes y cajas en las que haya empalmes, juntas o conexiones con los terminales, deben estar proyectadas de modo que se reduzca al mínimo la entrada de polvo y además (1) estar dotadas de tapas telescópicas, que cierren bien o de otro medio eficaz que evita la salida de chispas o material ardiendo y (2) no deben tener aberturas (como agujeros para los tornillos de fijación) a través de las cuales, una vez terminada la instalación, puedan salir chispas o material ardiendo o a través de las cuales puedan arder los materiales combustibles adyacentes.

3.6.1.6 Cables flexibles en áreas de Clase II División 1 y 2.

Cuando sea necesario utilizar **conexiones flexibles**, se deben instalar conectores flexibles a prueba de polvo, tubo metálico flexibles a prueba de líquidos y con herrajes aprobados, tubo no metálico flexible a prueba de líquido y con herrajes aprobados o cables flexibles para uso extra intenso y provistos de herrajes con pasacables. Cuando las conexiones flexibles estén expuestas a aceite u otras condiciones corrosivas, el aislante de los conductores debe ser de un tipo aprobado para esas condiciones o estar protegido por un forro adecuado. Deben tener juntas adecuadas que evitan la entrada de polvo por los puntos donde el cable entre en cajas o envolventes que deban estar protegidas contra la ignición de polvos.

3.6.1.7 Clase III, División 1 y 2.

En las áreas de **Clase III, División 1 y 2**, las instalaciones deben ir en tubo metálico rígido, tubo rígido no metálico, tubo metálico semi-rígido, tuberías eléctricas metálicas, canalizaciones estancas al polvo o deben ser cables de tipo MC o MI con herrajes de terminación para Clase III.

Todas las **cajas y herrajes** deben ser a prueba de polvo.

3.6.1.8 Cables flexibles en áreas de Clase III, División 1 y 2

Los cables flexibles utilizados en áreas de Clase III deben ser, para uso extra intenso, contener además de los conductores del circuito, un conductor de tierra, estar conectados a los terminales o conductores de alimentación, estar sujetos por abrazaderas u otro medio adecuado que evite la tensión en las conexiones de los terminales y estar dotados de juntas adecuadas que eviten la entrada de fibras o pelusa por los puntos donde le cable entre en cajas o envolventes.

3.6.1.9 Métodos de instalación en zonas

En áreas de **Clase I, Zona 0** se permiten los siguientes métodos de instalación:

En tubo metálico rígido roscado o tubo semi-rígido de acero roscado con herrajes y cajas listados antideflagrantes o cables listados de tipo MI con herrajes listados para poderlos usar en áreas de Clase I División 1. Los tubos o cables deben contener únicamente circuitos de seguridad intrínseca o no incendiarios. Todos los tubos de sección comercial 0,5 pulgadas en adelante deben ir sellados.

En áreas de **Clase I, Zona 1**, se permiten todos los métodos de instalación autorizados para áreas de Clase I División 1 y Clase I Zona 0, incluidos los requisitos de sellado.

En áreas de **Clase I, Zona 2**, se permiten todos los métodos de instalación autorizados para áreas de Clase I División 2, Clase I División 1, y Clase I Zona 0, incluidos los requisitos de sellado.

Se permite utilizar un equipo listado para la Zona 0 en la Zona 1 o Zona 2 con el mismo grupo de gases. Se permite que el equipo que esté listado o sea aceptable para usar en una área de la Zona 1 se utilice en una área de la Zona 2 para el mismo grupo de gases.

3.6.2 SELLADO Y DRENAJE EN LAS DIFERENTES AREAS

El sello evita la propagación de una explosión interna hacia la tubería, provocada por chispas o superficies calientes durante operaciones normales, la tubería debe estar perfectamente apretada a las cajas o acoplos, pues la tubería es la trayectoria de regreso para la falla de corriente y las roscas flojas pueden causar sobrecalentamiento y chispas. Generalmente se construyen los sellos como parte del sistema de tubería en ciertas distancias dependiendo del diámetro de las tuberías. Es recomendable que los sellos sean instalados, además de en los puntos de entradas a intervalos a lo largo del recorrido.

Además, se debe instalar drenajes en los puntos más bajos donde la condensación pudiera acumularse.

Para evitar la corrosión se debe usar el material adecuado, muchos fabricantes de tubería conduit la recubren con una capa de resina epóxica cloruro de polivinilo PVC. Al instalar tubos conduit las roscas en los extremos no se recubren, por lo que se debe cuidar mucho de la corrosión.

3.6.2.1 Sellantes de tubos en áreas de CLASE I, DIVISIÓN 1.

Se debe poner sellante en los tubos en áreas de Clase I, División 1 cuando:

- a. Los tubos entran en una caja de interruptores, interruptores automáticos, fusibles, relés, resistencias u otros equipos que puedan producir arcos eléctricos, chispas o altas temperaturas en condiciones normales de funcionamiento.

No se requiere sellar los tubos, cuando las cajas son antideflagrantes, o los contactos de corte de corriente están metidos dentro de una cámara herméticamente cerrada que evite la entrada de gases o vapores, ó si están sumergidos en aceite o en una caja sellada en fábrica.

- b. Si los tubos tienen sección de 50 mm o más, que entran en las cajas que contienen terminales, tomas o derivaciones, se debe colocar el sellante máximo a 457 mm de la caja.
- c. Los tramos de tubo que salen de lugares de Clase I División 1, deben tener una junta sellante a cada lado de la división de dicho lugar y situada a menos de 3 m de dicha división, debe estar proyectada e instalada para evitar que el gas o vapor que pueda haber entrado en el tubo desde el lugar Clase I División 1 pase por el tubo más allá de la junta. En el tubo y en el tramo comprendido entre la junta hermética y el punto en el que el tubo sale del lugar de Clase I División 1, no debe haber uniones, acoplamientos, cajas ni herrajes, excepto los reductores antideflagrantes en la junta.

3.6.2.2 Sellantes de tubos en áreas de CLASE I, DIVISIÓN 2

Se debe poner sellante en los tubos en áreas de Clase I, División 2, cuando:

- a. Lo indicado en a y b para Clase I División 1 y ,
- b. En los tramos de tubo que salgan de lugares de Clase I, División 2 a lugares no clasificados, se debe poner una junta sellante a cada lado de la división de dicho lugar, pero debe estar proyectada e instalada para evitar en lo posible que el gas o vapor que pueda haber entrado en el tubo desde el lugar de Clase I, División 2 pase por el tubo más allá de la junta. Entre la junta sellante y el punto en el que el tubo sale del lugar de Clase I, División 2, se debe instalar un tubo metálico rígido o un tubo semi-rígido de acero roscado, y en la junta se debe instalar una conexión roscada. En el tubo y en el tramo comprendido entre la junta hermética y el punto en el que dicho tubo sale del lugar de Clase I, División 2, no debe haber uniones, acoplamientos, cajas ni herrajes, excepto los reductores antideflagrantes en la junta.

3.6.2.3 Sellantes en áreas CLASE II, DIVISIÓN 1 Y 2.

En áreas Clase II División 1 y 2, cuando una canalización comunica una caja a prueba de ignición de polvo con otra que no lo es, se debe instalar los medios adecuados para evitar la entrada de polvo por la canalización en la caja a prueba de ignición. Se puede utilizar uno de los siguiente medios.

- a. Una junta eficaz y permanente
- b. Una canalización horizontal no inferior a 3.05 m de largo ó
- c. Una canalización vertical no inferior a 1.52 m de largo que se prolongue hacia abajo desde la caja a prueba de ignición.

Cuando la canalización comunique una envolvente que deba ser a prueba de ignición de polvos con otra situada en un lugar no clasificado, no serán necesarias juntas.

Los herrajes de las juntas deben ser accesibles. No se requiere que las juntas sean antideflagrantes.

3.6.2.4 Juntas sellantes en áreas de CLASE I, DIVISIÓN 1 Y 2

Las cajas para conexión de equipos deben estar provistas de un medio integral de sellamiento o utilizar juntas sellantes aprobadas para áreas Clase 1. Las juntas sellantes deben ser accesibles.

El sellante debe estar aprobado y debe producir una junta hermética al paso de los gases o vapores, no debe verse afectado por las condiciones atmosféricas o por los líquidos y su punto de fusión no debe ser inferior a 93° C.

Una vez sellada la junta, el espesor mínimo del cordón sellante no debe ser inferior a la sección del tubo y en ningún caso inferior a 16 mm. Sin embargo, no es necesario que los herrajes sellantes de los cables tengan un espesor mínimo igual al del herraje.

No debe hacerse empalmes ni conexiones en las juntas proyectadas exclusivamente para cerrarlas con sellante y las juntas en las que se hayan hecho empalmes y conexiones no se deben rellenarse con sellante.

En un conjunto en el que haya equipos que puedan producir arcos, chispas o altas temperaturas situados en un compartimiento independiente del que contenga los empalmes o conexiones y exista una junta sellante integra por donde los conductores pasan de un compartimiento al otro, todo el conjunto debe estar aprobado para lugares de Clase 1.

La sección total de todos los conductores dentro de una junta sellante no debe superar el 25% de la sección de un tubo de la misma sección comercial, excepto si está específicamente aprobado para un porcentaje de ocupación mayor.

3.6.2.5 Juntas sellantes en cables en áreas CLASE I, DIVISIÓN 1.

- a. El cable debe estar sellado en todas sus terminaciones. La junta sellante debe ser una junta sellante para áreas Clase I, División 1 y 2.
Los cables multipolares de tipo MC con recubrimiento de aluminio corrugado continuo a prueba de gases y vapores y forro externo de un polímero adecuado, se debe sellar con herrajes aprobados después de retirar el forro y cualquier otro recubrimiento, de modo que el sellante rodee todos los conductores aislados para evitar al máximo posible el paso de gases y vapores.
- b. En los lugares de Clase I, División 1, los cables en tubos con recubrimiento continuo a prueba de gases y vapores a través de cuyo núcleo central se puedan transmitir gases y vapores, se deben sellar después de retirar el forro y cualquier otro recubrimiento, de modo que el sellante rodee todos los conductores aislados y el recubrimiento exterior.

Sin embargo, los cables multipolares con recubrimiento continuo a prueba de gases y vapores a través de cuyo núcleo central se puedan transmitir gases y vapores, se pueden considerar como un solo conductor sellando el cable en el

tubo a menos de 457 mm de la caja y el extremo del cable dentro de la misma por un medio aprobado que evite al máximo la entrada de gases o vapores y la propagación de las llamas a través del cable, o por otro método aprobado. En los cables blindados y los pares trenzados no es necesario quitar el material de blindaje o separar el par trenzado.

- c. Sí el cable no puede transmitir gases o vapores a través de su parte central, cada cable multipolar en un tubo debe considerarse como un solo conductor. Los tubos deben cumplir los sellos de lugares de Clase I, División 1.

El forro puede ser de material metálico o no metálico.

3.6.2.6 Juntas sellantes en cables en áreas CLASE I, DIVISIÓN 2

- a. Los cables que entren en cajas que deben ser aprobadas para lugares de Clase 1, deben sellarse en el punto de entrada. La junta sellante debe ser para lugares de Clase I, División 2. Los cables multipolares con recubrimiento continuo a prueba de gases y vapores capaces de transmitir gases o vapores a través del núcleo del cable, se deben sellar con una junta aprobada para lugares de Clase I, División 2 después de retirar el forro y cualquier otro recubrimiento de modo que el sellante rodee cada conductor aislado para evitar al máximo el paso de gases y vapores. Los cables multipolares en tubos se deben sellar como en los cables en los lugares CLASE I, DIVISIÓN 1.
- b. No es necesario sellar los cables con recubrimiento continuo a prueba de vapor y gases y que no puedan transmitir gases o vapores a través de la parte central del cable por encima de la cantidad permitida para las juntas sellantes, excepto lo exigido en a. El núcleo del cable no incluye el intersticio entre las trenzas de conductores.
- c. No es necesario sellar los cables con un forro continuo a prueba de vapor y gases, que puedan transmitir gases o vapores a través del núcleo, excepto lo exigido en a., a no ser que el cable esté conectado a aparatos o

equipos de procesos que puedan causar en su extremo una presión alta, en cuyo caso se debe instalar una junta, barrera u otro medio que evite el paso de vapores o gases inflamables al lugar sin clasificar.

Pero, se permite que los cables con forro continuo a prueba de gas y vapores pasen a través de lugares de Clase I División 2 sin juntas sellantes.

- d. Los cables que no tienen un forro continuo a prueba de gas y vapor se sellan en los límites de los lugares de Clase I División 2 y los no clasificados, de modo que se evite al máximo el paso de gases o vapores al lugar no clasificado.

El forro mencionado puede ser de material metálico o no metálico.

3.6.3 DRENAJE

Se deben colocar drenajes en los siguiente equipos:

3.6.3.1 Equipo de control

Cuando exista la posibilidad de que puedan entrar líquidos o vapores condensados en las envolventes de los equipos de control o en cualquier punto de un sistema de conductos, se deben instalar medios aprobados que eviten la acumulación o permitan purgar periódicamente dichos líquidos o vapores condensados.

3.6.3.2 Motores y generadores

Cuando exista la posibilidad de que se acumulen líquidos o vapores condensados dentro de los motores o generadores, las partes de la instalación que va en tubos y sus juntas se debe instalar tal que eviten la entrada de líquidos. Si se juzga necesario un medio para evitar la acumulación o para permitir la purga periódica, dicho medio deben instalarse durante la fabricación del motor y se deben considerar parte integrante del mismo.

3.6.3.3 Bombas herméticas, conexiones para equipos de procesos o servicio, etc.

Las bombas herméticas o conexiones de procesos o servicios para medida de presión o caudal, etc., que dependa de una sola junta de presión, diafragma o tubo para evitar que entren fluidos inflamables o combustibles al conducto o instalación de cables capaz de transmitir los fluidos, deben tener una junta, barrera u otro medio que evite que entren fluidos inflamables o combustibles en la canalización o instalación de cables que puedan transmitir esos fluidos a través de los dispositivos o medios adicionales, si falla la primera junta.

La junta o barrera adicional aprobada y el medio de conexión con la envolvente deben cumplir las condiciones de temperatura y presión a las que se van a ver sujetas si falla la primera junta, excepto si existe otro medio aprobado que cumpla la anterior finalidad.

Deben instalarse purgadores, orificios de ventilación u otros dispositivos que permitan detectar las fugas en la primera junta.

3.6.4 EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRONICOS PARA CLASE I

Se analiza brevemente los equipos para Clase I, debido a que son las áreas más peligrosas y las que se encuentran generalmente en las refinerías petroleras

3.6.4.1 Lámparas fijas de alumbrado

Las lámparas de las instalaciones fijas de alumbrado deben ser a prueba de explosión y deben tener claramente marcada la potencia máxima del foco que puede emplearse. Dependiendo de su ubicación, las lámparas deben protegerse contra daños físicos por medio de rejillas apropiadas.

3.6.4.2 Extensiones de alumbrado

Las extensiones de alumbrado deben ser del tipo a prueba de explosión y consiste de una lámpara de este tipo con una rejilla que la proteja de daño físico, una clavija también a prueba de explosión con medios para conectar el conductor de tierra del cable, y un cable blindado o cable para uso rudo que contenga además de los conductores del circuito un conductor de tierra para conectar las partes metálicas no conductoras de corriente de la lámpara y de la clavija; debiendo contar el cable en la entrada a estas últimas con sellos y con abrazaderas u otros medios apropiados que soporten los conductores para impedir que se ejerza tensión mecánica en las conexiones terminales.

3.6.4.3 Partes vivas

Dentro de las áreas de la División 1 y 2 no deben existir partes eléctricas "vivas" al descubierto.

3.6.4.4 Motores y generadores

Los equipos eléctricos rotatorios como motores y generadores deben ser del tipo a prueba de explosión, o bien del tipo totalmente cerrado con ventilación de presión positiva tomada de una fuente de aire libre de gases y con descarga a un área segura, tal que permita que el motor se energice únicamente si previamente se ha establecido la ventilación y se han renovado por lo menos diez volúmenes de aire y sé desenergice automáticamente al fallar la ventilación: pudiendo también usarse los de tipo totalmente cerrado con gas inerte en el interior

3.6.4.5 Interruptores, tableros de alumbrado, arrancadores de motores, fusibles y equipos de control, medición y protección

Los interruptores manuales y automáticos, tableros de alumbrado, arrancadores de motores, fusibles y equipos de control, medición y protección, y demás equipo eléctrico que cuente con contactores y dispositivos destinados a interrumpir el

paso de la corriente eléctrica, deben instalarse dentro de compartimientos del tipo a prueba de explosión.

3.6.4.6 Transformadores y condensadores

Los transformadores y condensadores deben ser del tipo a prueba de explosión y no deben tener en su interior líquidos combustibles.

3.6.4.7 Resistencias

Las resistencias que sea necesario instalar en cualquier dispositivo deben estar encerradas en cajas del tipo a prueba de explosión y del diseño adecuado para contener resistencias.

3.6.4.8 Equipo portátil

Los equipos eléctricos portátiles, máquinas eléctricas de soldar, calentadores y estufas eléctricas, deberían situarse para que trabajen fuera de las áreas peligrosas, a menos que sean del tipo a prueba de explosión.

Cuando se conecten a receptáculos localizados dentro de las áreas peligrosas, la clavija y el cable de alimentación deben cumplir lo especificado para las extensiones de alumbrado.

3.6.4.9 Sistemas de señales, alarma, control remoto y comunicaciones

Todos los aparatos y equipos de los sistemas de señales, alarma, control remoto y comunicaciones que cuenten con contactos destinados a interrumpir el paso de la corriente eléctrica, deben ser del tipo a prueba de explosión, o en su defecto los contactos de interrupción deben estar sumergidos en aceite o encerrados en cámaras herméticamente selladas que impidan la entrada de los gases o vapores del exterior.

3.6.4.10 Otros

En las áreas peligrosas de las Divisiones 1 y 2, las partes metálicas descubiertas no conductoras de corriente de los equipos, tales como carcasas de motores, cajas de interruptores, bastidores, gabinetes, etc., deben ser conectados a tierra adecuadamente. Además, cuando los líquidos o condensaciones de vapor inflamables pueden depositarse sobre o ponerse en contacto con el aislante de los conductores; el aislante deberá ser apropiado para esas condiciones, o deberá estar protegido por una cubierta de plomo o por medios similares.

3.6.5 REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

Para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas en áreas peligrosas se debe realizar mantenimiento continuo, en el que se debe considerar.

1. El equipo eléctrico se puede desarmar solo después de desenergizar los circuitos de abastecimiento y se lo debe ensamblarse perfectamente antes de reenergizarlos. Se recomienda que se rocíe con agua los pisos de concreto y las partes de hierro de modo que cualquier pieza que se desprenda no produzca chispas.
2. Los martillos, destornilladores y otras herramientas no deben dañar las juntas planas de las cajas a prueba de explosión. Además, estas herramientas deben ser especiales, que no ocasionen chispas.
3. Las tuercas y tornillos que aseguran juntas a prueba de explosión deben permanecer bien atornillados durante todo el tiempo que los circuitos estén energizados.
4. No debe dejarse acumular partículas extrañas en la superficie rectificada de las juntas planas y que impiden el ajuste adecuado y podrían permitir que las chispas o flamas del interior se propaguen a la atmósfera.

5. Cuando se ensambla una caja, toda la grasa, suciedad, pintura u otro material extraño debe limpiarse de la superficie, utilizando un cepillo y petróleo ó un solvente con un punto de inflamación (flash point) mayor de 38° C. Una película de aceite ligero ó lubricante del tipo recomendado por el fabricante, debe aplicarse a las juntas del cuerpo y de la tapa. Inmediatamente después de aplicarlo, la tapa debe cerrarse perfectamente ya que el lubricante puede atraer materiales extraños.
6. Las tapas roscadas deben apretarse bien, sin forzarlas, para evitar que se aflojen por vibración.
7. No se deben llevar instrumentos de uso común como lámparas de mano, reflectores de construcciones, soldadores, sopletes, encendedores, fósforos a áreas de alto riesgo.
8. Se prohíbe el uso de zapatos con clavos o puntas de hierro y escaleras de mano fabricadas de hierro.

CAPITULO 4

DESARROLLO DEL CD PARA LA SELECCIÓN DE CABLES EN AREAS DE RIESGO “SECAR”

Para la realización del CD como guía para la SELECCIÓN DE CABLES EN ÁREAS DE ALTO RIESGO (SECAR), se ha utilizado herramientas para el diseño de páginas web, como son el Dreamweaver, Director y Flash.

4.1 DREAMWEAVER: Herramienta para desarrollo de Sitios Web

Dreamweaver es una herramienta de desarrollo de sitios Web. Los sitios Web se crean en forma visual. Además DreamWeaver es un editor de código HTML. Sin embargo, nuestro trabajo se lo ha realizado únicamente con herramientas visuales.

Una de las ventajas de DreamWeaver es que proporciona herramientas avanzadas de diseño y facilita el uso de funciones de HTML dinámico, como capas y comportamientos animados, sin necesidad de escribir una sola línea de código. La tecnología Roundtrip HTML de Macromedia importa documentos HTML sin necesidad de cambiar el formato del código y, además, es posible configurar Dreamweaver para limpiar y cambiar el formato HTML cuando lo desee.

Dreamweaver se puede personalizar totalmente. El usuario puede crear sus propios objetos y comandos, modificar menús y métodos abreviados de teclado, e incluso escribir código JavaScript para ampliar las posibilidades que ofrece con nuevos comportamientos e inspectores de propiedades.

4.2 DIRECTOR Y FLASH: Herramientas para desarrollo de multimedia.

Las herramientas Director y Flash son utilizadas para crear efectos de animación como controles de navegación, logotipos animados, películas y archivos ejecutables, entre otros, los que facilitan el manejo de multimedia.

Además, se puede crear una película de Flash en Flash Player que es similar a ver una cinta de vídeo en un aparato de vídeo, siendo Flash Player el dispositivo que se utiliza para ver las películas creadas con la aplicación de creación de Flash.

Tanto Director como Flash son programas que trabajan con imágenes creadas dentro de ellos o importadas desde otros archivos para luego editarlas. El nombre de Director se debe a que le permite al usuario "dirigir" a los distintos actores que intervienen en la película, dándoles todas las características de su actuación, como color, duración, orden, movimiento, etc. También nos permite crear botones de mando, los cuales sirven para ir hacia delante, hacia atrás, o hacia cualquier parte de la película. Estos botones pueden ser visibles o invisibles y pueden estar en cualquier parte de la pantalla. Al igual que una película, cada imagen se va insertando dentro de un cuadro, la totalidad de los cuadros luego puede ser editada según el orden y la duración que se les quiera dar.

Flash es similar a Director, en cuanto a su funcionamiento básico. La diferencia es que Flash es un poco más versátil y permite crear animaciones en forma más rápida, pero, en cuanto a la interactividad, Director tiene una gama más amplia de posibilidades. Otra diferencia es en cuanto al tamaño del archivo final, mientras el resultado en Director es un archivo muy, muy grande, en Flash el archivo es varias veces más pequeño.

Director tiene otra ventaja, y es que puede incorporar a archivos de Flash y Dreamweaver dentro de su película. El CD "SECAR" incorpora estos tres tipos de archivos, pero el programa principal de elaboración ha sido Director.

Cuando se usa programas para desarrollo de páginas Web o tipos Web, es importante crear una carpeta en el disco duro con todos los archivos del sitio y crear y editar los documentos dentro de dicha carpeta. Posteriormente, si es el caso, se copian periódicamente esos archivos en un servidor Web, lo que hace posible que otras personas visiten el sitio, o, en nuestro caso, almacenar la información en un CD. Este procedimiento es más conveniente que crear y editar los archivos en el sitio Web directamente, o en el CD; ya que permite comprobar los cambios en el disco duro antes de hacerlos públicos.

Otra consideración es que se debe organizar cuidadosamente el sitio (las carpetas) desde el primer momento, para ahorrar tiempo. En la siguiente figura se observa el sitio de "SECAR", en el cual todas las imágenes están agrupadas en la Carpeta IMAGENES, los diferentes botones en la Carpeta CASTS, la página PRINCIPAL en la Carpeta PRINCIPAL, los menús y submenús en la Carpeta SECUNDARIAS, los diferentes programas tienen su propia Carpeta con su nombre, tenemos el ejecutable AUTORUN, además los archivos PROYECTOR, SALIR, PRESENTACIÓN, que son páginas que se ejecutan directamente.

Acrobat		Carpeta de archivos
Animaciones		Carpeta de archivos
Anixter		Carpeta de archivos
Casts		Carpeta de archivos
Cepetwin		Carpeta de archivos
Imágenes		Carpeta de archivos
Instalar Ceper		Carpeta de archivos
Pirelli		Carpeta de archivos
Secundarias		Carpeta de archivos
Sitios		Carpeta de archivos
Otras		Carpeta de archivos
autorun	1 KB	Información sobre la instalación
Presentación	349 KB	Macromedia Director Movie
Principal	948 KB	Macromedia Director Movie
Proyector	3.750 KB	Aplicación
Salida	487 KB	Macromedia Director Movie

Figura 4.1 Carpetas que contiene el CD "SECAR"

4.3 USO Y OPERACIÓN DEL CD “SECAR”

SECAR (selección de cables eléctricos en áreas de riesgo) es una guía para la selección de cables eléctricos para áreas denominadas de riesgo debido a la presencia de vapores, líquidos, gases, polvos combustibles y fibras, que pueden ser inflamables. Además contiene información teórica sobre las principales características de las áreas de riesgo así como de cables eléctricos.

4.3.1 REQUERIMIENTOS MINIMOS DEL SISTEMA

Para el funcionamiento correcto del CD, se requiere de un equipo de, al menos, las siguientes características:

- Sistema operativo Windows 95 o superior.
- 64 Mb RAM
- 10 MB espacio libre en disco duro

4.3.2 DESCRIPCION

El CD tiene la característica de ser autoejecutable, es decir, que después de unos segundos de introducir el CD en el drive correspondiente aparecerán las siguientes pantallas en su computador, figuras 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6; que son pantallas de presentación.



Figura 4.2



Figura 4.3



Figura 4.4

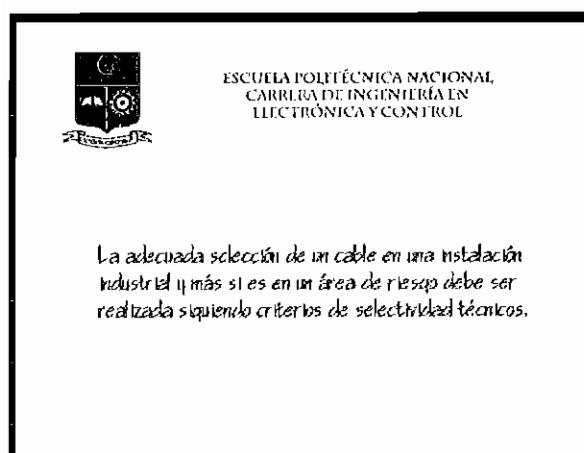


Figura 4.5



Figura 4.6

A continuación, se debe pulsar sobre la flecha, para ingresar a la página principal.

4.3.3 PANTALLA PRINCIPAL

La página principal presenta tres menús gráficos que permiten acceder a las distintas páginas que son: selección de cables eléctricos, áreas de riesgo y cables eléctricos, además existen los menús salir y ayuda. Para acceder a las diferentes páginas se debe pulsar el botón izquierdo del ratón sobre el área activa (círculo A, B ó C), ó sobre los botones salir ó ayuda, respectivamente. Como se observa en la Figura 4.7.

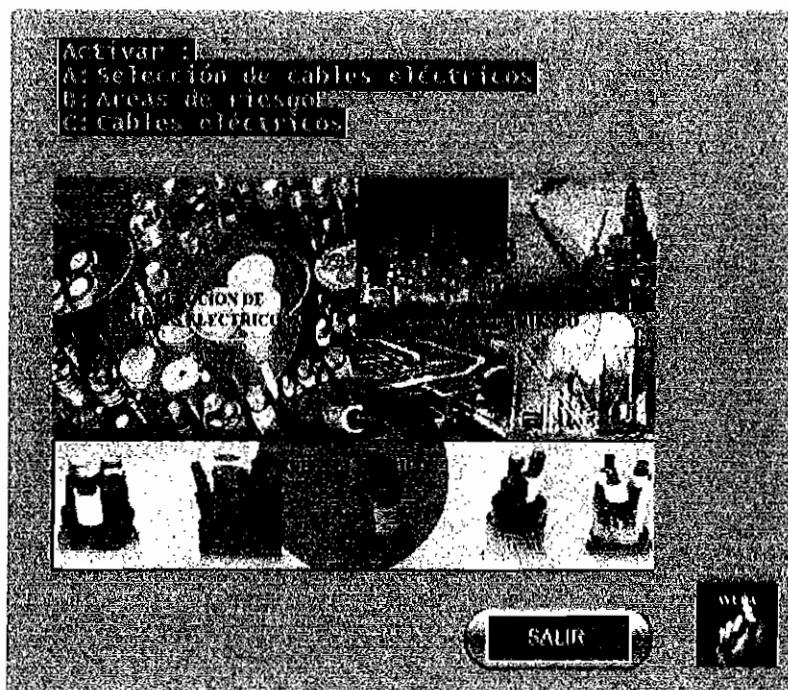


Figura 4.7 Pantalla principal

A continuación se detalla cada una de las páginas de la pantalla principal y su contenido.

4.3.3.1 Página Selección de Cables Eléctricos

Consta de 5 menús, en cada menú se abre una ventana que contiene otros submenús que deben ser completados con la información solicitada ó seleccionar un dato de los sugeridos; los datos introducidos o seleccionados solo son válidos cuando se acciona el botón ACEPTAR. Para regresar al menú anterior simplemente se debe activar el menú de la pantalla en la que se encuentra. Finalmente en cada menú obtengo un reporte de los datos ingresados. También desde cualquier pantalla puedo acceder a la pantalla principal, a ayuda ó salir del programa.

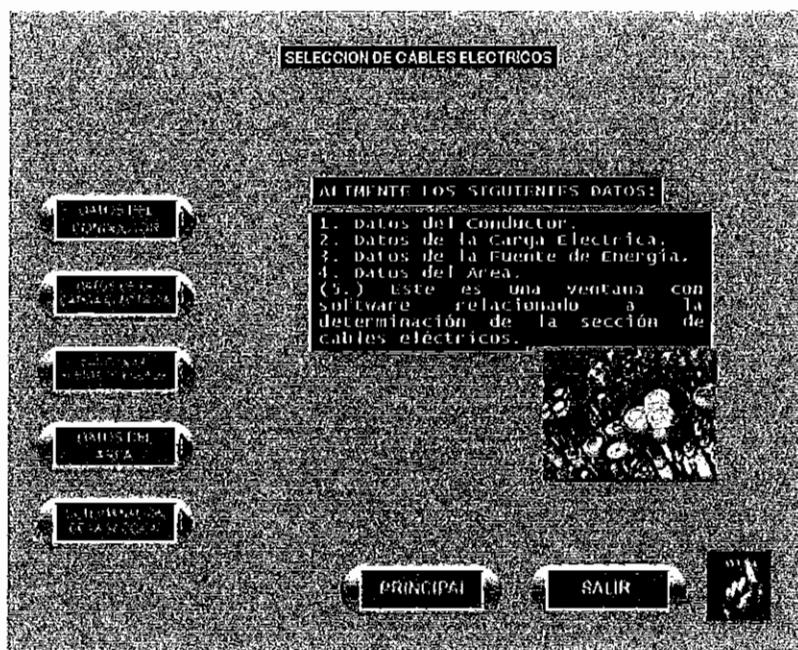


Figura 4.8 Página selección de cables eléctricos

Estos menús contienen los siguientes parámetros:

- CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS DEL SISTEMA Y DE LA CARGA (menús 2 Y 3) y.
- AMBIENTE, CONDICIONES Y TIPO DE INSTALACIÓN (menús 1, 4)
- El menú 5 contiene software de CEPER fabricante peruano de cables, que nos permite determinar la sección de los cables así como obtener sugerencias de cables; también el software de ANIXTER fabricante inglés que también permite determinar la sección en baja tensión y obtener la caída de voltaje.

A continuación se detallan los 5 menús de la PAGINA SELECCIÓN DE CABLES ELÉCTRICOS.

MENU 1: DATOS DEL CONDUCTOR

- Tipo de conductor: Monoconductor ó Multiconductor
- Tipo de instalación: Al aire libre, en ducto, en bandeja ó enterrado directamente.
- Forma de agrupamiento y canalización del conductor: en trébol, horizontal o vertical
- Longitud del conductor.

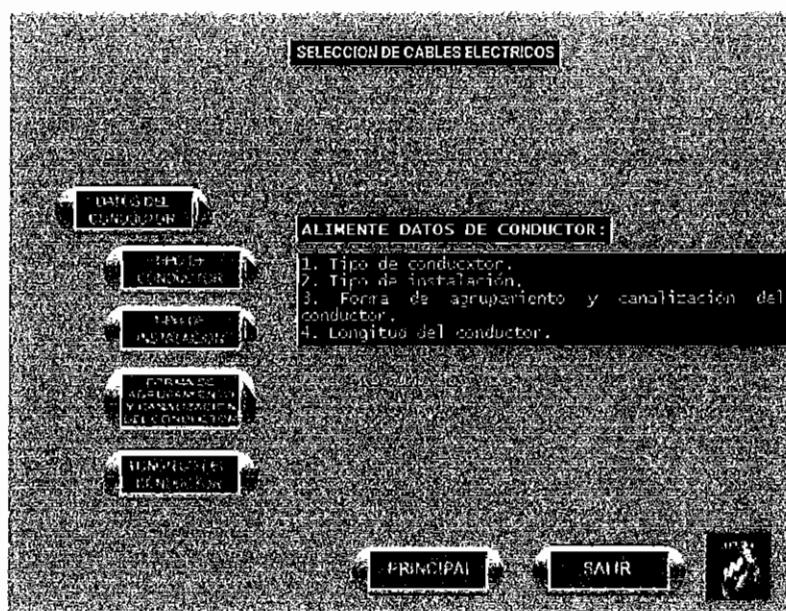


Figura 4.9 Menú Datos del Conductor

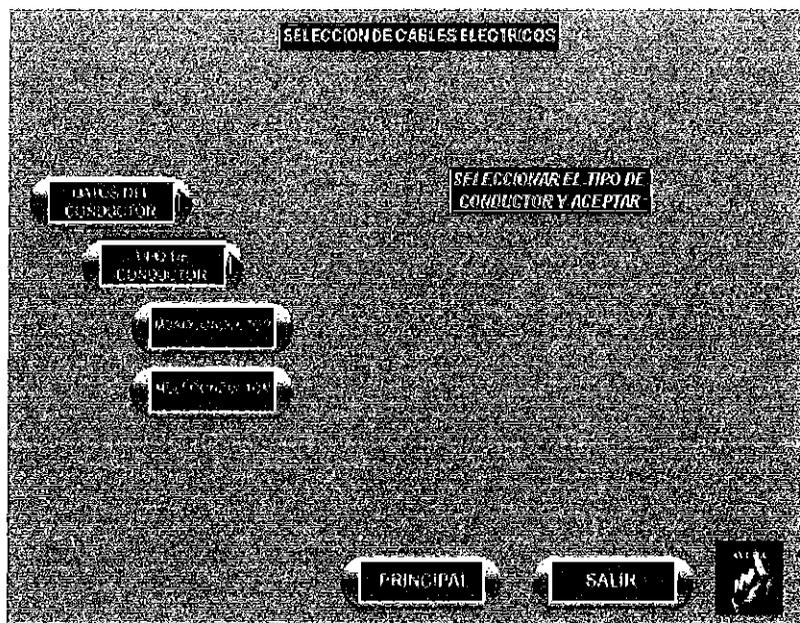


Figura 4.10 Submenú Tipo de Conductor

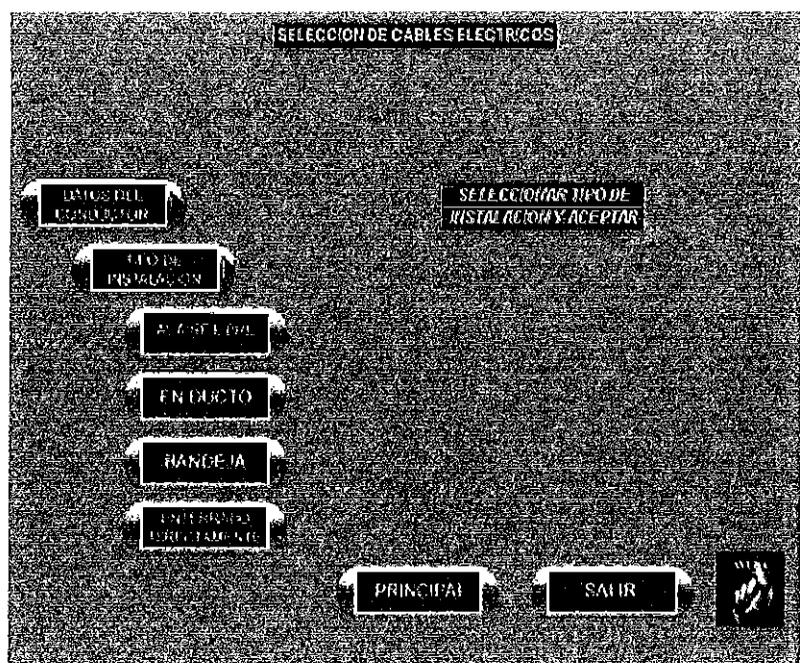


Figura 4.11 Submenú Tipo de Instalación

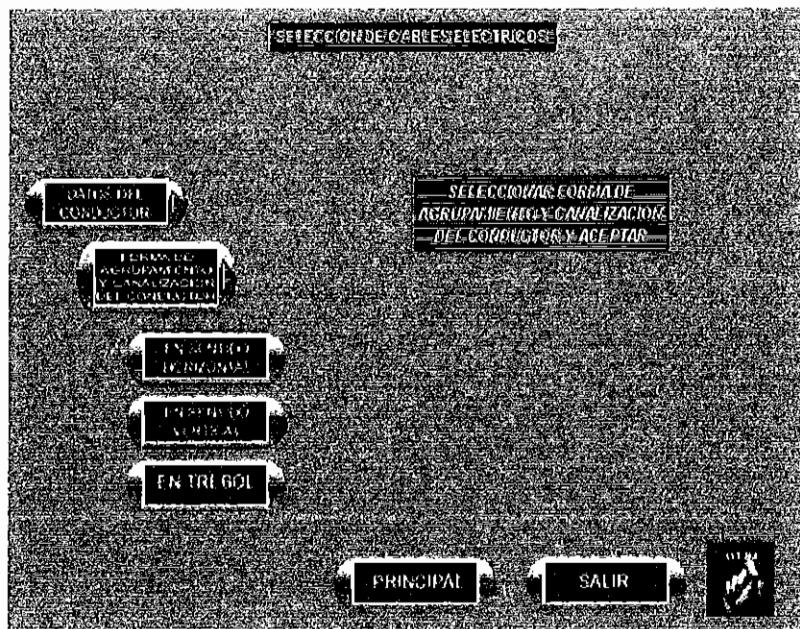


Figura 4.12 Submenú Forma de agrupamiento

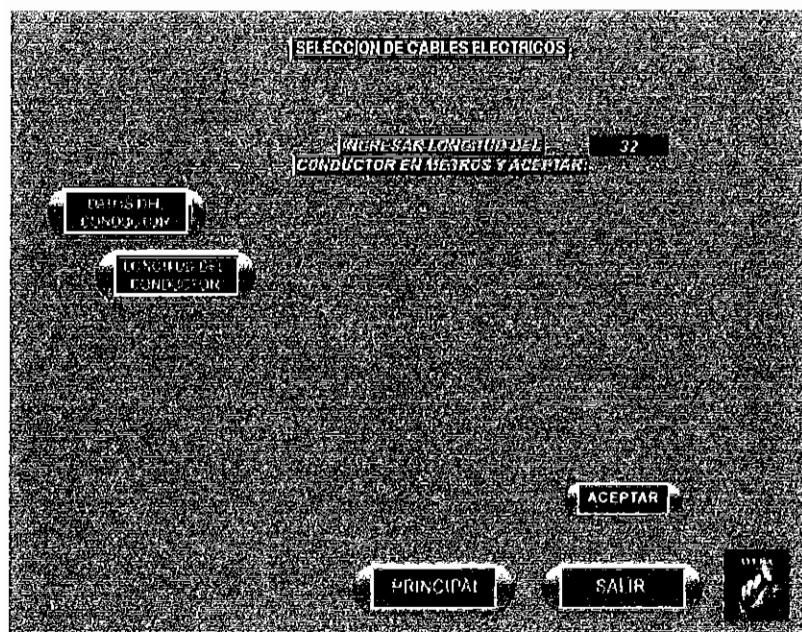


Figura 4.13 Submenú Longitud del Conductor

MENU 2: DATOS DE LA CARGA ELECTRICA

- Consumo de carga: Factor de potencia (0.7, 0.75, 0.8,0.85,0.9) y Corriente de consumo por conductor.

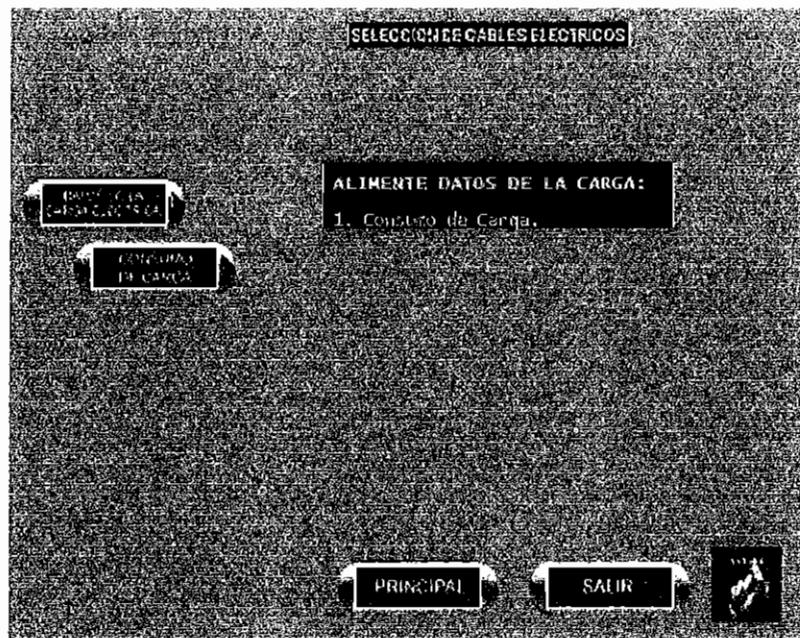


Figura 4.14 Menú Datos de la Carga Eléctrica

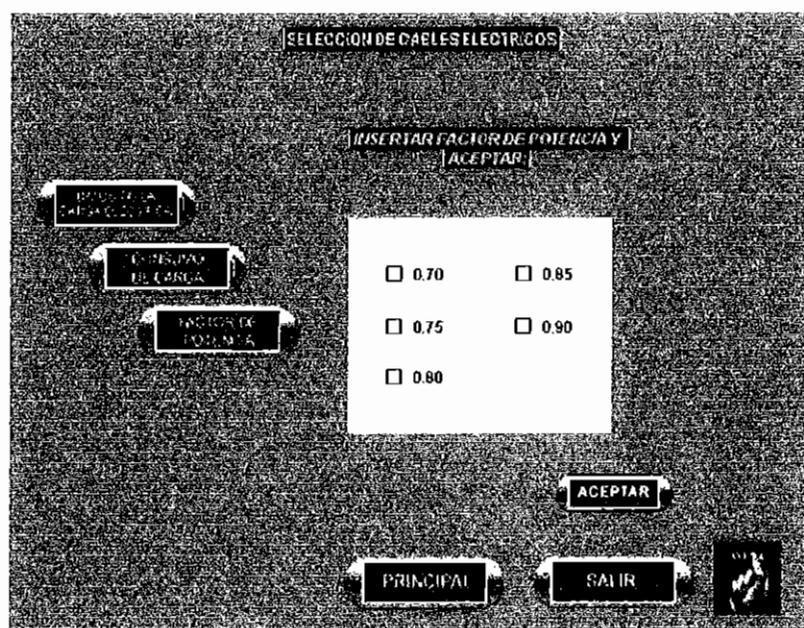


Figura 4.15 Submenú Consumo de Carga: Factor de Potencia

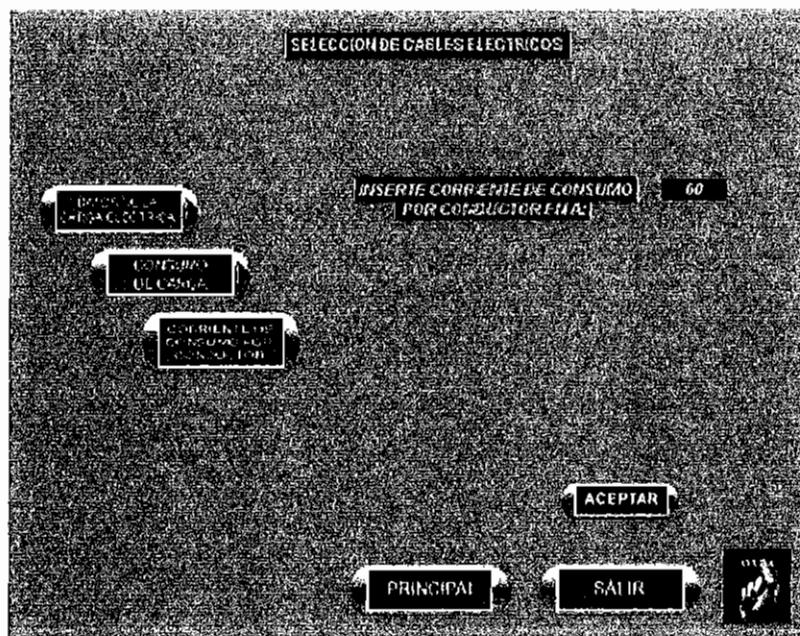


Figura 4.16 Submenú Consumo de Carga: Corriente de Consumo por Conductor

MENU 3: DATOS DE LA FUENTE DE ENERGIA

- Tipo de alimentación: cc, 2 conductores (positivo y negativo); ca, monofásica, 2 conductores (fase y neutro); ca, trifásica, 3 conductores (3 fases); ó ca, trifásica, 4 conductores (3 fases + neutro).
- Tensión de la línea: 220, 380, 2400, 3000, 6600, 13200 u otro valor.
- Sistema de neutro: Puesta a tierra (rígida a tierra) ó Neutro aislado.
- Frecuencia: 50 ó 60 Hz.

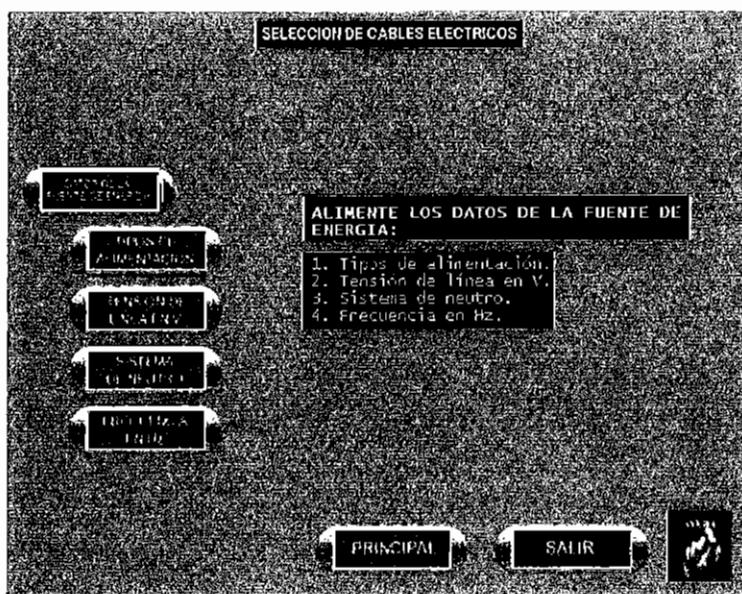


Figura 4.17 Menú Datos de la Fuente de Energía

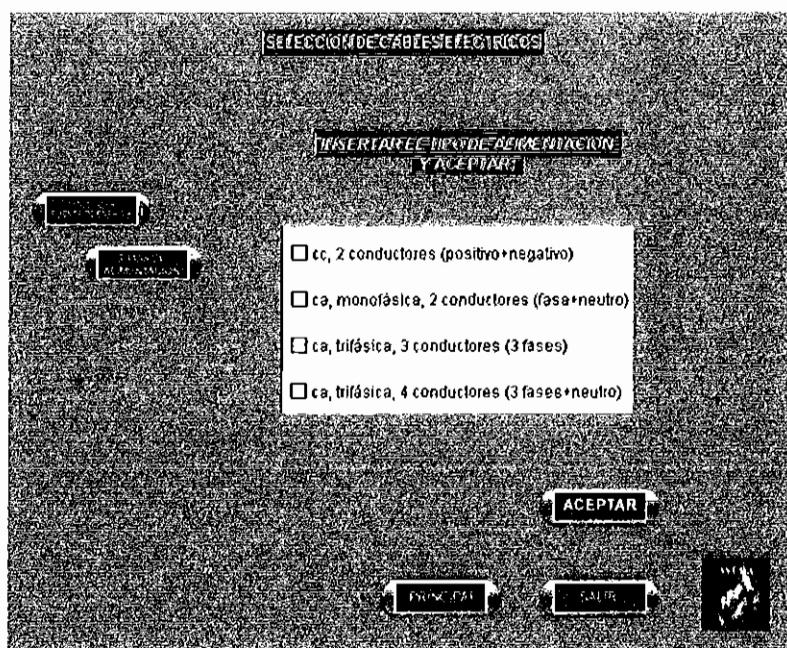


Figura 4.18 Submenú Tipo de Alimentación

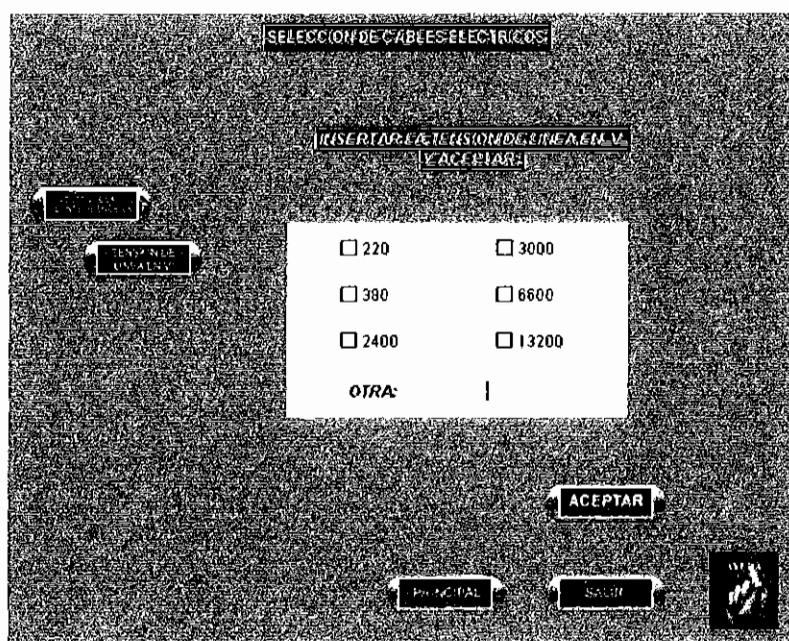


Figura 4.19 Submenú Tensión de Línea

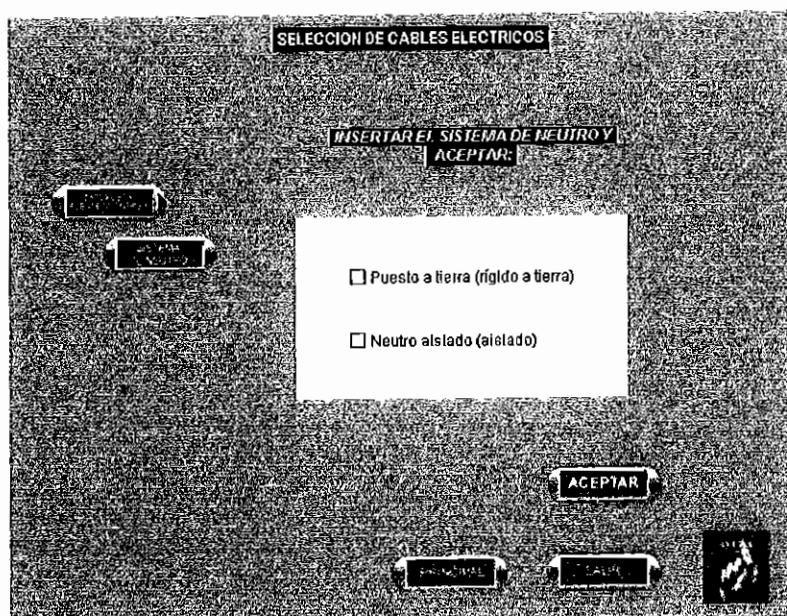


Figura 4.20 Submenú Sistema de Neutro

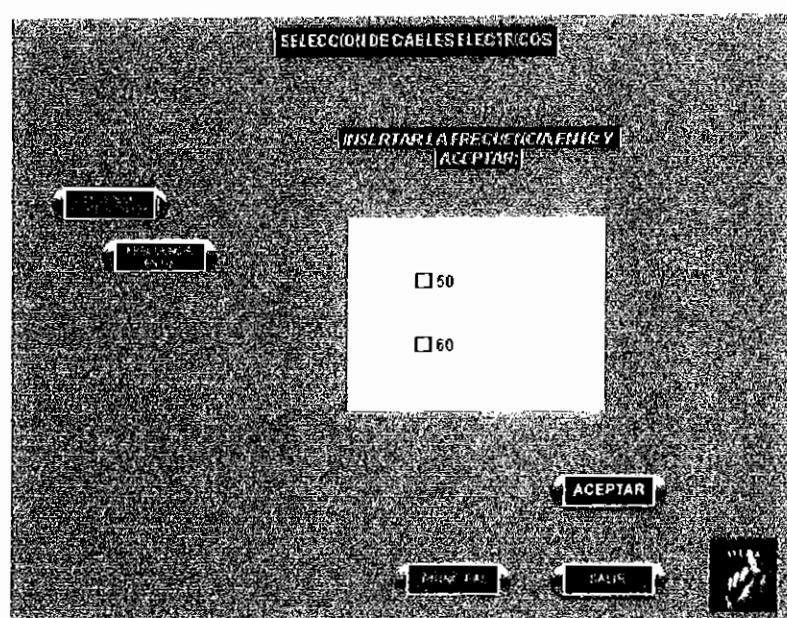


Figura 4.21 Submenú Frecuencia

MENU 4: DATOS DEL AREA:

- Tipo de lugar peligroso: Clase I (gases o vapores), Clase II (fibras o partículas), ó Clase III (polvos).
- Condición de lugar peligroso: División 1 (normal) ó División 2 (anormal).
- Naturaleza de la sustancia de peligro: Clase I: Grupo A acetileno, Grupo B hidrógeno, Grupo C éter, Grupo D hidrocarburos, aceites.; ó Clase II:

Grupo E polvos metálicos, Grupo F polvos de carbón, Grupo G flúor, almidón, plásticos combustibles, polvos químicos.

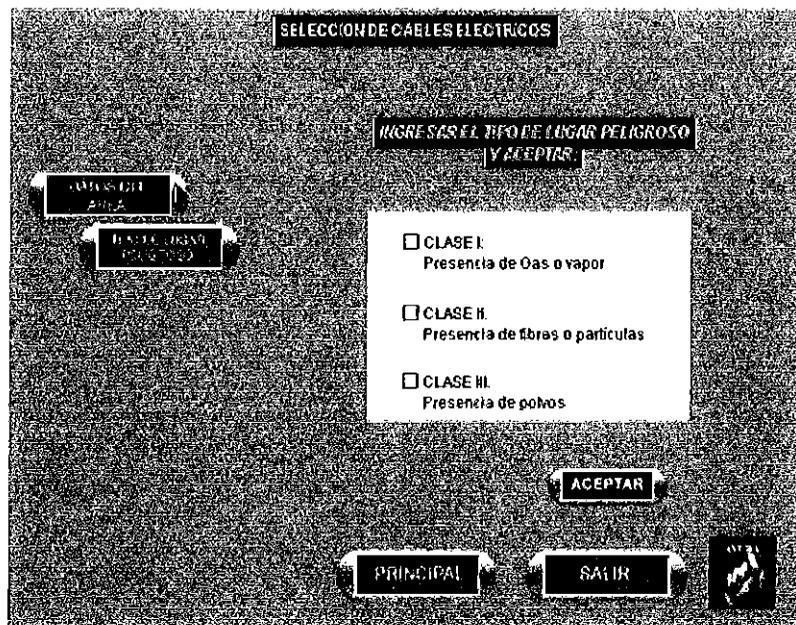


Figura 4.22 Menú Datos del Area

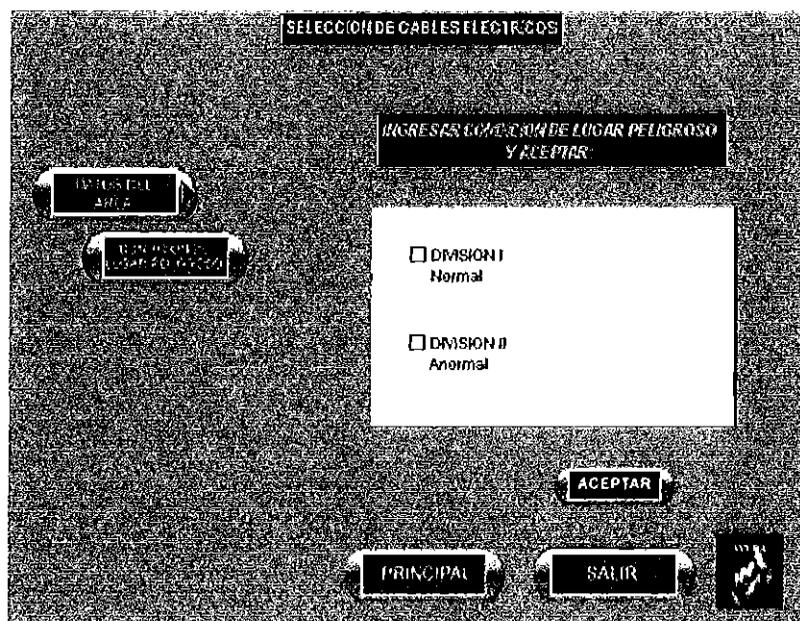


Figura 4.23 Submenú Condición de Lugar Peligroso

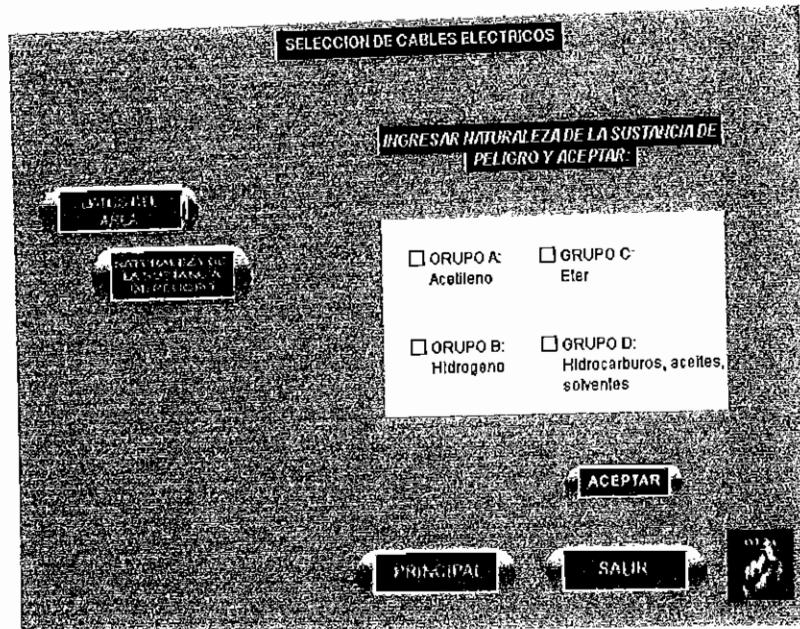


Figura 4.24 Submenú Naturaleza de la Sustancia de Peligro (Clase I)

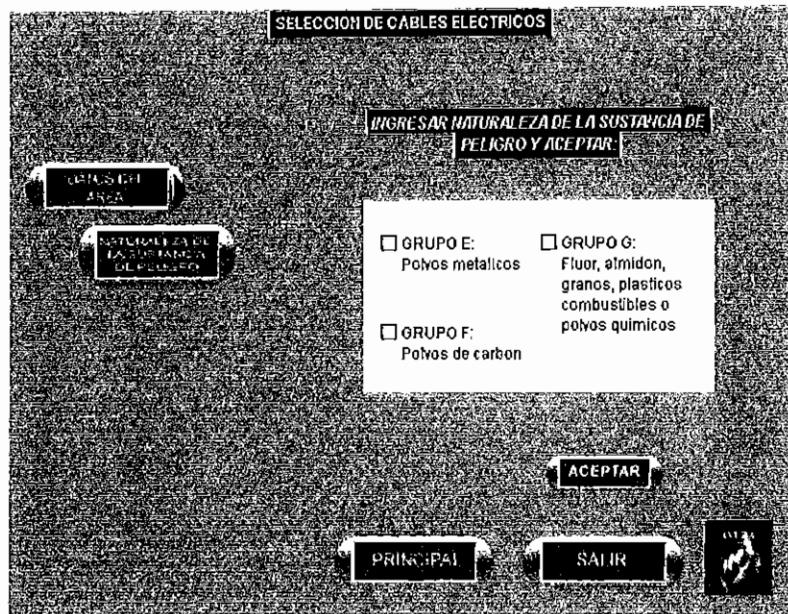


Figura 4.25 Submenú Naturaleza de la Sustancia de Peligro (Clase II)

En este menú puedo determinar el área en la que va a operar el cable, determinándose Clase, Grupo y División, considerando los siguientes factores:

- a) Si existe en el aire gases o vapores inflamables, pertenece a la Clase I; si está en condiciones normales de funcionamiento, será División 1 (ó Zona 0, Zona 1)) caso contrario será División 2 (Zona 2).
- b) Si existe polvo combustible, pertenece a la Clase II; si está en condiciones normales de funcionamiento, será División 1, caso contrario será División 2.
- c) Si existe fibras o partículas inflamables, pertenece a la Clase III; si está en condiciones normales de funcionamiento, será División 1, caso contrario será División 2.

Determinada la clase y división, se determina el Grupo de acuerdo al gas o polvo existente:

Grupo A (Grupo IIC): gases acetileno

Grupo B (Grupo IIC): gases de hidrógeno.

Grupo C (Grupo IIB): gases de éter etílico, etileno.

Grupo D (Grupo IIA): gases de acetona, amoniaco, alcohol etílico, polvos gasolina, metano o propano.

Grupo E: polvos de aluminio, magnesio.

Grupo F: polvos de carbón.

Grupo G: polvos diferentes a E y F, por ejemplo: harina, cereales y aserrín.

Si no pertenece a ninguna de las anteriores, no es considerada como área de riesgo.

Los tipos de cables que se pueden usar de acuerdo al área de riesgo a que pertenecen. Los diferentes tipos de cables son:

CABLES TIPO MV (medio voltaje): Clase I, División 1 y 2.

Voltajes 2001 a 35000V

Lugares secos o húmedos.

Pueden ser enterrados directamente, colocados en bandejas ó ductos

Pueden tener blindaje $V > 8001V$, para voltajes menores pueden o no tener blindaje

Se usan en Temperaturas de entre 60 y 90°C

CABLES TIPO MI: Clase I, División 1,2.

Clase II, División 1,2

Clase III, División 1 y 2

El Tipo MI, es decir el cable que tiene aislamiento mineral y recubrimiento metálico, es el que usa en las áreas de mayor riesgo que son Clase I, pues son cables diseñados y construidos para resistir el fuego, y continúan funcionando normalmente durante y después del fuego.

Para todos los voltajes

Lugares secos o húmedos.

Pueden ser enterrados directamente, o colocados en bandejas ó ductos

CABLES CON RECUBIERTA METALICA MC

Clase I, División 2

Clase II, División 1 y 2

Clase III, División 1 y 2

Voltajes mayores a 600V

Lugares secos o húmedos

Pueden ser enterrados directamente, o colocados en bandejas o ductos

CABLE TECK

Clase I, División 1 y 2

El cable TECK se construye de un revestimiento de XLPE con una armadura de aluminio sobre los conductores.

MENU 5: DETERMINACIÓN DE LA SECCION

- Baja tensión.
- Baja y media tensión.

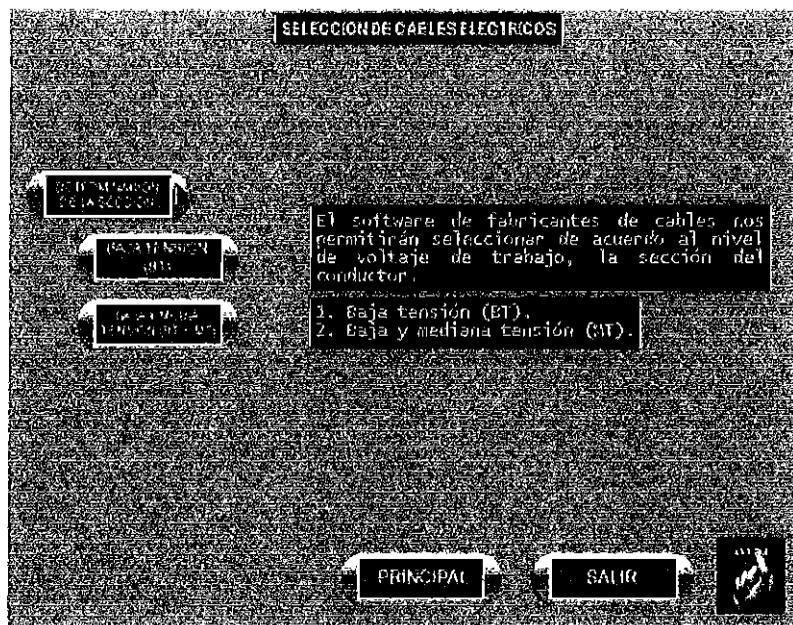


Figura 4.26 Menú Determinación de la Sección

BAJA TENSION

El programa de ANIXTER calcula la sección del cable en mm², para una determinada carga y condiciones de instalación, en baja tensión hasta 400 V.

Los parámetros generales se presentan en una lista de la cual se debe escoger uno de ellos. Estos son:

1. Tipo de cable
 - Monoconductor (SINGLE CORE)
 - Multiconductor (MULTI CORE)
2. Tipo de instalación
 - Bandeja (ON TRAY)

- Al aire libre (FREE AIR)
 - Directamente enterrado (BURIED DIRECT)
 - Solo Ducto (SINGLE WAY DUCT)
3. Longitud requerida del cable en metros
4. Temperatura ambiente, el programa me sugiere una temperatura ambiente de acuerdo al tipo de instalación escogida en el punto 2; ó se puede introducir una diferente:
- | | |
|--|------|
| ▪ Bandeja (ON TRAY) | 30°C |
| ▪ Al aire libre (FREE AIR) | 25°C |
| ▪ Directamente enterrado (BURIED DIRECT) | 15°C |
| ▪ Solo Ducto (SINGLE WAY DUCT) | 15°C |
5. Resistividad térmica en °C m/W (Ver TABLA 2.1)
- 0.8
 - 1.0
 - 1.2
 - 1.2
 - 2.0
 - 2.5
 - 3.0
6. Tipo de sistema
- Monofásico (SINGLE PHASE)
 - Trifásico (three phase)
7. Corriente en ó Potencia en KW, KVA, MW, MVA
8. Voltaje en V.
- 400
 - 230
 - 110
 - Otro

9. Caída de Tensión en %

Los valores de caída de tensión para el cable máximo permitido es 4%, por lo que los valores a escoger permitidos son:

- 4.0
- 3.5
- 3.0
- 2.5
- 2.0

10. Frecuencia en Hz.

- 50
- 60

11. Factor de potencia ($\cos\phi$)

- 0.70
- 0.75
- 0.80
- 0.85
- 0.90

NOTAS

- 1) Cuando el tipo de cable es MONOCONDUCTOR y el tipo de instalación es en bandeja, aparece otro parámetro adicional que es:

Arreglo del cable (CABLE ARRANGEMENT)

- Trébol (TREFOIL)
- Horizontal (FLAT TOUCHING)
- Vertical (FLAT SPACED)

- 2) Cuando el tipo de cable es MONOCONDUCTOR y el tipo de instalación es enterrado directamente o en ducto aparecen dos parámetros que son:

Arreglo de cable (CABLE ARRANGEMENT)

Profundidad en metros (DEPTH) (Ver ANEXOS 4 y 5)

- 0.5
- 0.6
- 0.8
- 1.0
- 1.25
- 1.5
- 1.75
- 2.00

3) Cuando el tipo de cable es MULTICONDUCTOR y el tipo de instalación es enterrado directamente o en ducto, aparece el parámetro adicional:

Profundidad en metros.

The screenshot shows the 'Anixter Cable Sizing Program' window. The interface includes a menu bar with 'File' and 'Defaults'. The main area contains several input fields and dropdown menus:

- Select Cable Type:** Radio buttons for 'Single-core (XLPE/AWA)' and 'Multi-core (XLPE/SWA)'. The 'Multi-core' option is selected.
- Phase:** Dropdown menu set to 'Three Phase'.
- Installation Type:** Dropdown menu set to 'Buried Direct'.
- Current:** Input field set to '10' with the unit 'Amps'.
- OR:** A separator between current and power.
- Power:** Input field set to '6.9' with the unit 'KW'.
- Run Length (Metres):** Input field set to '120'.
- Voltage:** Input field set to '400'.
- Depth (Metres):** Input field set to '0.8m'.
- Voltage Drop %:** Input field set to '3.0'.
- Ambient Temp °C:** Input field set to '15'.
- Frequency (Hz):** Input field set to '60'.
- Thermal Resistivity (°C m/W):** Input field set to '1.2'.
- Power Factor:** Input field set to '0.70'.

At the bottom, there is a 'Results and notes' section with a text box containing the text: 'Cable Size 2.5mm². There is 1 cable . Volt drop = 11.06 Volts'. A 'Calculate' button is located at the bottom right of the window.

Figura 4.27 Submenú Baja Tensión

BAJA Y MEDIA TENSIÓN

Para sistemas de baja y media tensión, podemos usar el programa de CEPPER; selecciona el tipo más conveniente de conductor para cables de baja y media tensión, según los requerimientos de Corriente y Caída de Tensión, los parámetros que se deben ingresar en los diferentes campos son:

BAJA TENSION

Instalaciones aéreas soportadas entre postes y para tensión de 1000V máximo.

1. Corriente
 - Monofásica
 - Trifásica
2. Corriente en A ó Potencia del proyecto en kW.
3. Tensión de la línea en V
4. Frecuencia en Hz (no existe para corriente continua)
5. Longitud de la línea en m
6. Factor de potencia ($\cos\phi$)
7. Eficiencia de instalación¹
8. Máxima caída de tensión en %
9. Máxima pérdida de energía en % (opcional)

FIJAS EN BAJA TENSION

Instalación de tipo fijo y que trabajan hasta 1000 V máximo.

Se deben considerar los parámetros del 2 al 9 y adicionalmente:

Tipo de Instalación:

- Aire libre
- Enterrado
- Tubos

¹ La eficiencia de instalación (es el rendimiento), se refiere a la relación de potencia de salida entre potencia de entrada de la utilización y es expresada en decimales (valor máximo 1)

Corriente

- Continua
- Monofásica
- Trifásica

FIJAS EN MEDIA TENSION (a partir de 1001V)

Instalaciones trifásicas en canalizaciones fijas y un rango de tensión entre 2kV (sistemas con neutro a tierra o neutro aislados) y 20kV (sistemas con neutro a tierra).

Se deben considerar los parámetros del 2 al 9 y:

Tipo de Instalación

Conexión del neutro

- A tierra
- Aislado

FLEXIBLES EN BAJA TENSION: Instalación que requiere de conductores flexibles y hasta 600V.

Se deben considerar los parámetros del 2 al 9 y :

Corriente

- Continua
- Monofásica
- Trifásica

La ventaja de este software es que, determina la sección y da diferentes opciones de cables, con sus características, las cuales se debe analizar para obtener el mejor resultado.



Figura 4.28 Submenú Baja y Media Tensión

4.3.3.2 Página Areas de riesgo

Contiene información detallada sobre Areas de riesgo, consta de 3 menús:

- 1 AREAS PELIGROSAS
- 2 AREAS NO PELIGROSAS
- 3 RESUMEN

Además contiene botones para ingresar a la PAGINA PRINCIPAL, para SALIR del programa, o para ingresar a AYUDA.

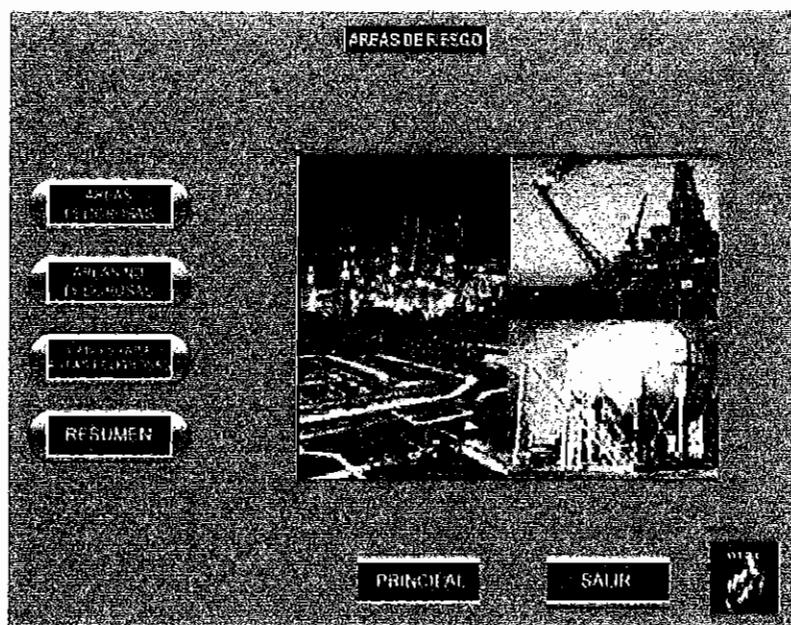


Figura 4.29 Página Areas de Riesgo

4.3.3.3 Página Cables Eléctricos

Contiene información detallada sobre Cables Eléctricos, consta de 4 menús:

- 1 DEFINICIÓN
- 2 ESTRUCTURA
- 3 CUBIERTA PROTECTORA
- 4 AISLANTE

Además contiene botones para ingresar a la PAGINA PRINCIPAL, para SALIR del programa, o para ingresar a AYUDA.

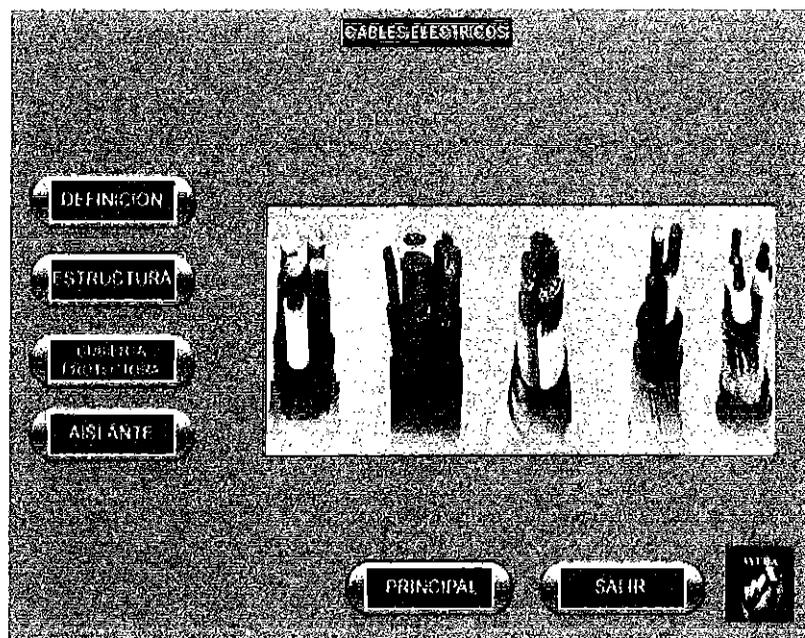


Figura 4.30 Página Cables Eléctricos

4.3.4 PAGINA AYUDA

Consta de 4 menús, a los cuales se accede mediante un vínculo.

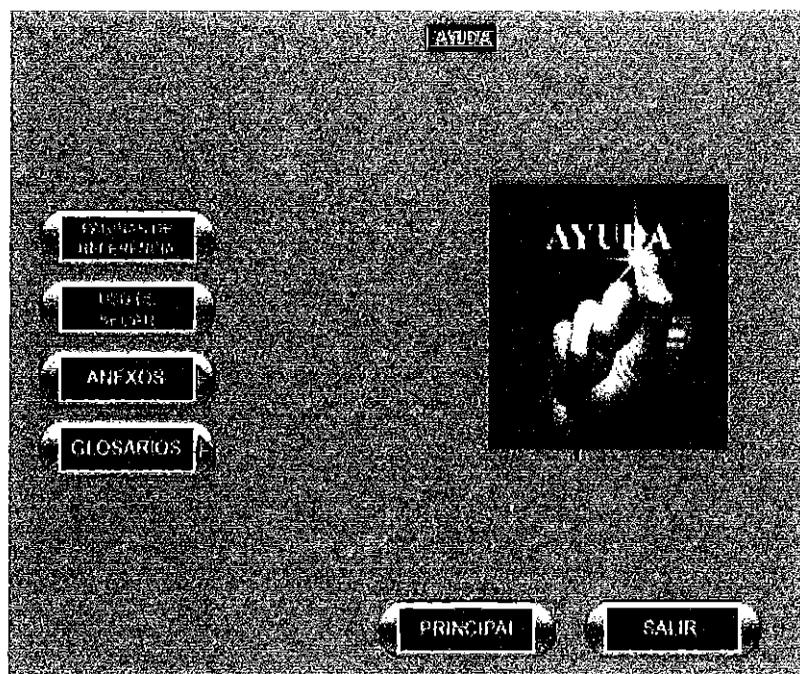


Figura 4.31 Página Ayuda

MENU 1: Páginas de referencia

Las casas fabricantes de cables tienen su sitio Web en el Internet, se considera importante listar estos sitios Web, así como sitios Web de organismos relacionados con la creación de estándares para cables y equipos eléctricos. Cada uno de estos sitios es un link, es decir al hacer clic sobre cada dirección puedo acceder a ella.

FABRICANTES DE CABLES

- www.ar.pirelli.com
- www.cabel.com
- www.ceper.com.pe
- www.aetnawire.com
- www.romecable.com
- www.anixter.net
- www.disensa.com
- www.aiwc.com
- www.belden.com
- www.biccgeneral.com
- www.cdtc.com
- www.colemancable.com
- www.kerite.com
- www.krone.com
- www.nexans.ca
- www.okonite.com
- www.grupa_jusa.com

ORGANISMOS INTERNACIONALES

- www.icea.net/sponsors.htm
- www.dmoz.com
- www.nfpa.org
- www.icea.net

MENU 2: USO DE SECAR

El CD "SECAR" ha sido realizado para facilitar el trabajo cuando se procede a la selección de un cable eléctrico para una área clasificada de riesgo.

Se analiza el área de riesgo objeto del estudio en base a la presencia de gases, polvos o fibras combustibles, determinándose el área peligrosa a la que pertenece. Luego, con diferentes parámetros, como por ejemplo, condiciones físicas del medio en el cual va a instalarse el cable, factores eléctricos como potencia instalada, voltaje de alimentación, corriente, etc., se determina los tipos de cables posibles. A continuación con los datos obtenidos se calcula la sección requerida basándose en software existente; debido a que la selección de conductores está basada en muchos factores y requiere fórmulas complejas de balance térmico, varios fabricantes de cables han diseñado diversos software para el dimensionamiento de conductores.

En SECAR, para proceder a determinar la sección del conductor, se usa programas de fabricantes como: ANIXTER Y CEPER, para los cuales se ha creado un acceso directo. En el caso del software CEPER (el cual se recomienda), debe ser instalado en su computador para poder usarlo; el acceso directo instala e inicia el programa.

De los datos así obtenidos se determina el conductor que cumple o que se aproxima a las condiciones deseadas.

MENU 3: ANEXOS

Contiene información importante para la mejor selección de los cables.

ANEXO 1: Características de los diferentes materiales usados como aislantes.

ANEXO 2: Resumen de la clasificación de atmósferas peligrosas

ANEXO 3: Calibres estandarizados de los conductores

ANEXO 4: Aplicaciones y aislamiento de los conductores

MENU 4: GLOSARIO DE TERMINOS

Contiene los términos más usados en el área de cables eléctricos.

4.3.5 SALIR

Si Usted escogió la opción SALIR de SECAR, puede volver al mismo ingresando en el archivo "Proyector" (aplicación) del CD, mediante el Explorador de Windows.

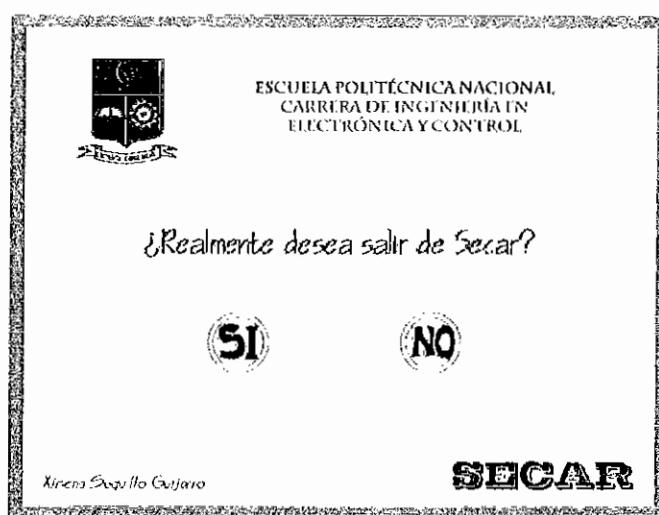


Figura 4.32 Página Salir

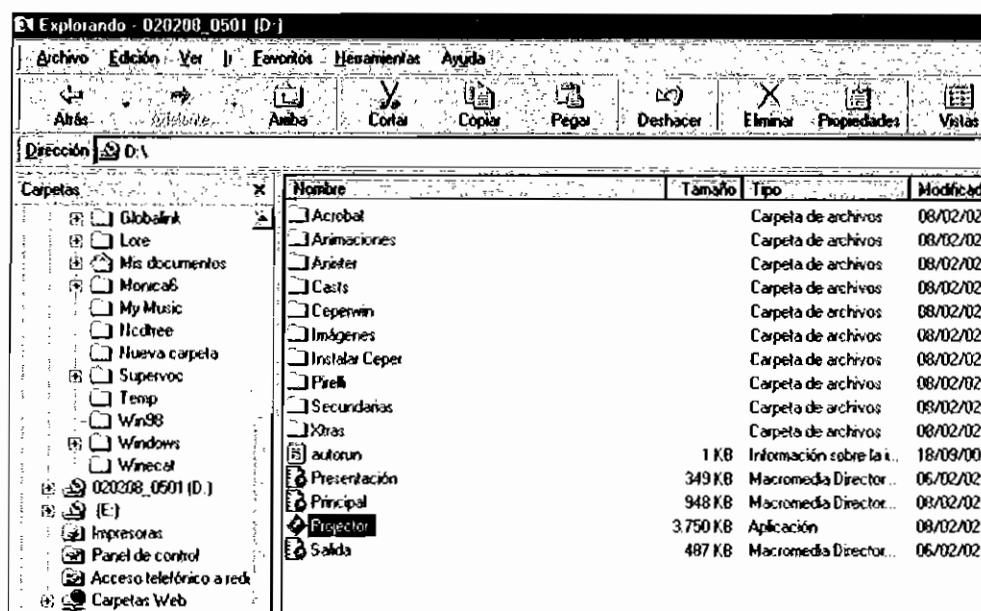


Figura 4.33 Página de Acceso a SECAR desde Explorar de Windows

CAPITULO 5

EVALUACIÓN DE RESULTADOS, APLICACIÓN DEL CD “SECAR”, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

5.1.1 ANTECEDENTES

La Empresa Estatal de Industrialización de Petróleos del Ecuador, PETROINDUSTRIAL, solicitó a JARVAL CIA. LTDA. en abril/2001 la “Provisión, cambio e instalación de cables para alimentación eléctrica del sistema de válvulas motorizadas “AUMA” en los tanques de Setría de la Refinería Estatal de Esmeraldas”.

5.1.2 ALCANCE

A continuación se detalla los requerimientos solicitados por Petroindustrial.

Los cables de fuerza deben recorrer dos rutas, un primer grupo frente a la subestación “B”, como se indica en el PLANO 1, y un segundo grupo en la parte posterior de la misma. Los dos grupos deben bajar desde los breakers correspondientes para cada válvula, ubicados en el cuarto de máquinas de “válvulas motorizadas” a 460 V., trifásico, 60 Hz, localizado en el interior de la subestación “B”, hasta el entre piso y continuarían por las bandejas existentes (longitud aproximada 8m), hasta empatar con tubería conduit de 2-1/2” (también

existentes) que permiten salir de la subestación frontal y posteriormente (3.0m. aprox.).

Luego, a través de una zanja de 30 x 1 x 1.2 m (longitud x ancho x profundidad), se tenderá tubería conduit con sus respectivos accesorios a fin de permitir el cruce de calle de los cables de fuerza, que van frente a la subestación "B".

Luego del cruce de calle, bajo áreas no pavimentadas, el primer grupo de cables irá directamente enterrado. Para el segundo grupo de cables, la ruta estará ubicada en la parte posterior de la subestación "B", por la que se realizará una zanja de hormigón reforzado de 3 x 1 x 1 m. Luego los cables irán directamente enterrados bajo áreas no pavimentadas, teniendo en cuenta lo siguiente:

- a. La profundidad de enterramiento hasta la parte superior de la superficie del cable, debe ser mínima 800 mm. El ancho de la zanja dependerá del número de cables: mayor a 3 cables será de 800 mm, dos cables, 700 mm, y un cable, 600 mm.
- b. Los cables deberán estar colocados en la parte superior de una capa de arena de 150 mm. de espesor y luego estar cubiertos con otra capa de arena de 150 mm. de profundidad. En donde sea posible, los cables deberán estar colocados de preferencia dentro de un solo nivel horizontal.
- c. La zanja deberá estar cubierta con plancha de hormigón color rojo, con espesor no menor de 50 mm.
- d. El rumbo de la zanja para los cables deberá evitar las obstrucciones sobre la tierra y subterráneas, de tal manera de mantener el acceso a los cables enterrados.
- e. En donde los cables abandonan las zanjas, deberán estar protegidos mecánicamente por tubería de acero galvanizado. La tubería se deberá extender un mínimo de 200 mm, por debajo de la superficie y 250 mm, por encima de la superficie. En los extremos de esta tubería se colocarán los respectivos accesorios (boquillas), sellados con masilla, para proteger los cables.
- f. Desde la tubería de acero galvanizado, el cable irá conectado a la respectiva caja de conexiones de las válvulas.



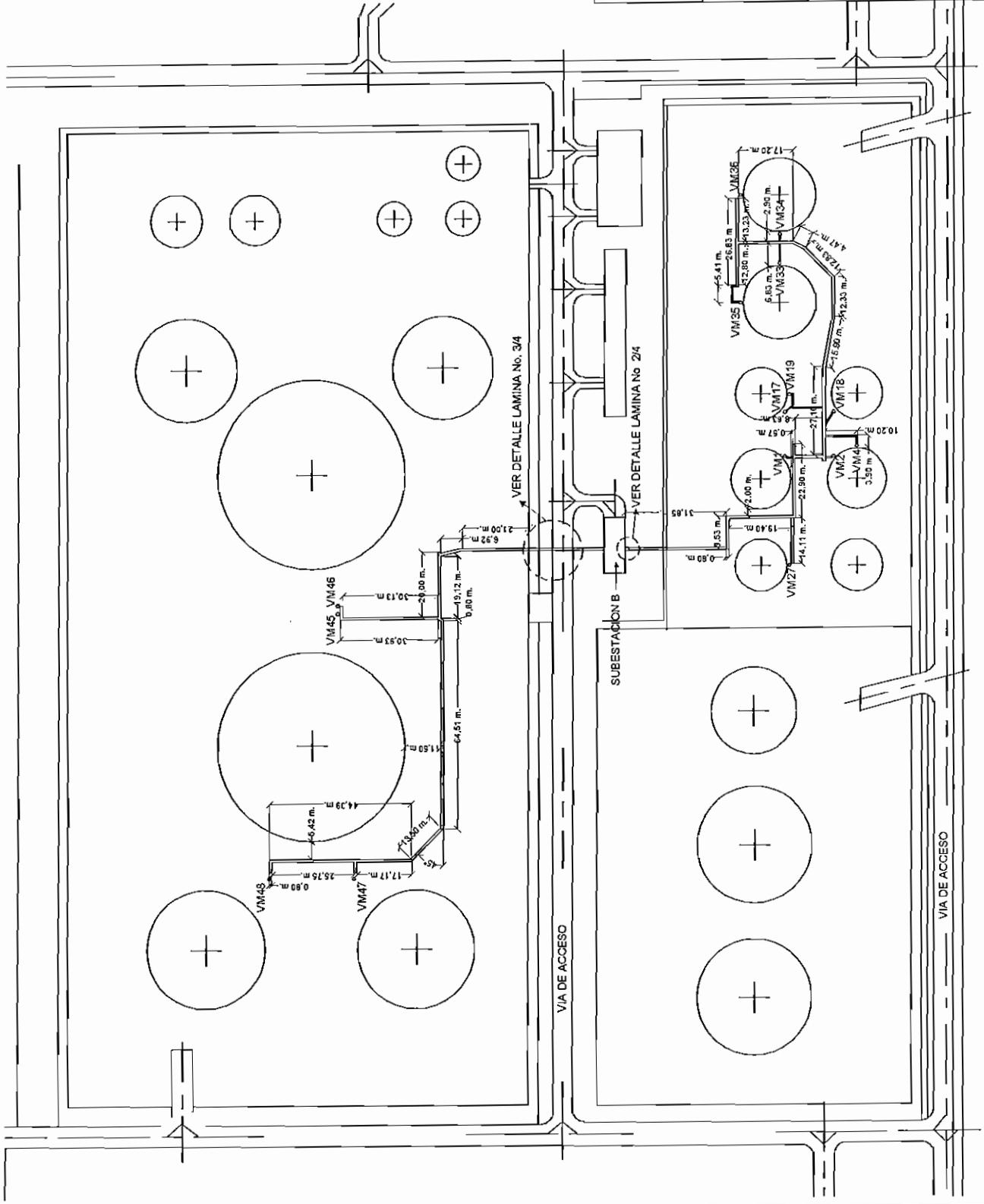
ALIMENTACION ELECTRICA DEL SISTEMA DE VALVULAS MOTORIZADAS "AUMA" EN LOS TANQUES DE SETRIA

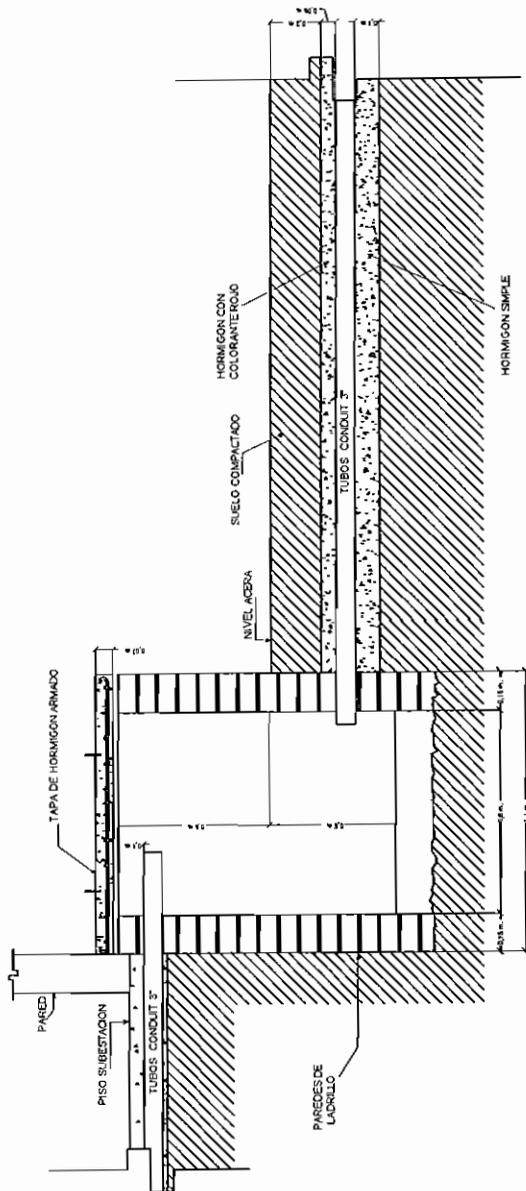
CONTRATISTA
PETROINDUSTRIAL FILIAL DE PETROECUADOR
JARVAL CIA. LTDA.

CONTIENE

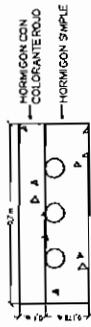
TRAZADO DE ZANJAS PARA CABLEADO

DISEÑADO POR ING FRANCISCO ERASO	REVISADO POR ING EDWIN SUQUILLO	FISCALIZADOR ING GUSTAVO MARTINEZ
DIBUJO MAURICIO ESPIN	FECHA 23-07-2001	ESCALA 1:1250
		LAMINA No 1/4

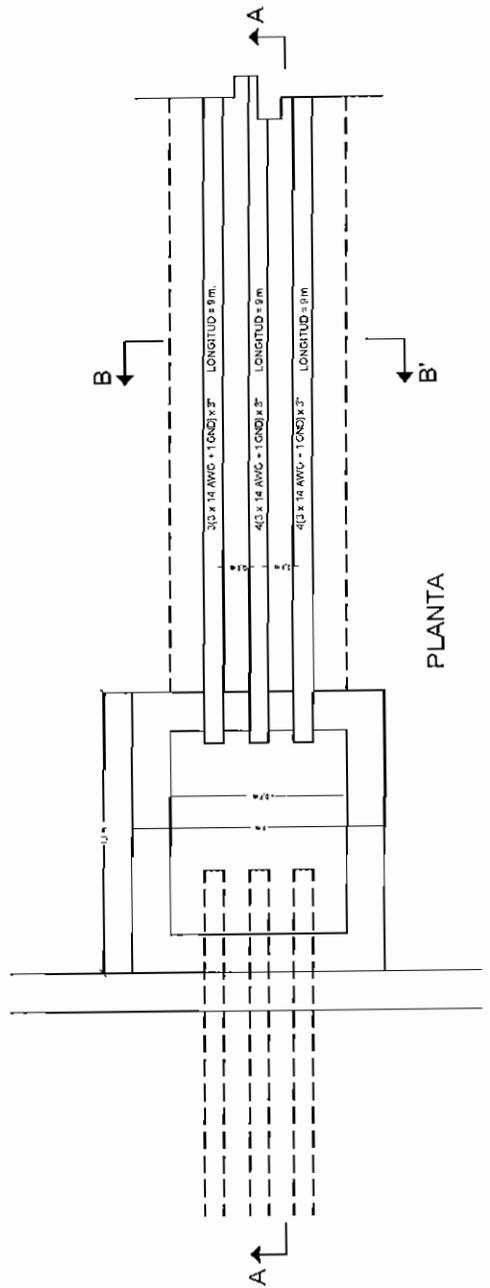




SECCION A-A'

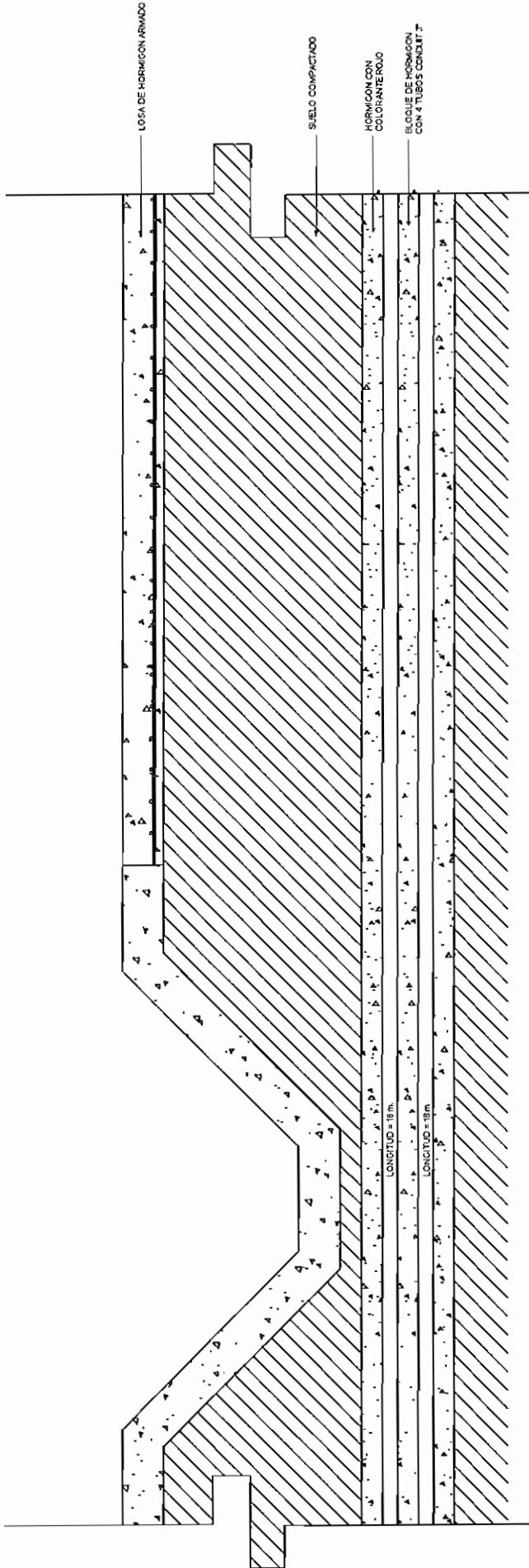


SECCION B-B'

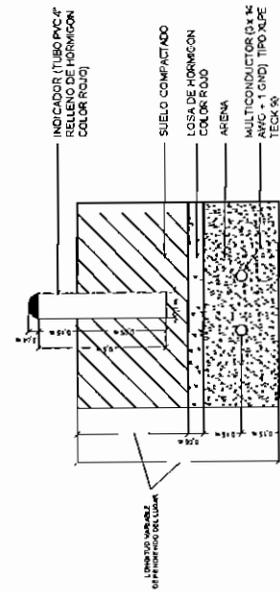


PLANTA

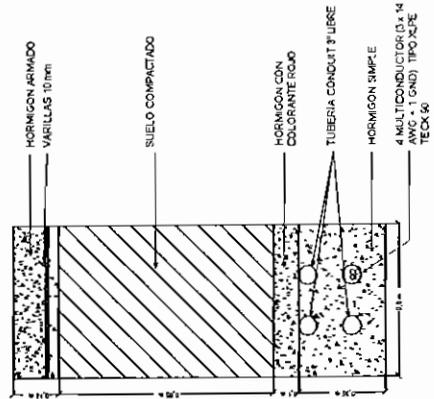
ALIMENTACION ELECTRICA DEL SISTEMA DE VALVULAS MOTORIZADAS "AUMA" EN LOS TANQUES DE SETRIA		CONTRATISTA	
PETROINDUSTRIAL FILIAL DE PETROECUADOR		JARVAL CIA. LTDA.	
CONTIENE			
DETALLE DE CAJA DE CONEXION A PARTE POSTERIOR DE SUBESTACION			
DISEÑADO POR	REVISADO POR	FISCALIZADOR	
ING FRANCISCO RAZO	ING EDWIN SIBUELLO	ING. CUSTAVO MARTINEZ	
DIBUJO	FECHA	ESCALA	LAMINA No.
MAURICIO ESPIN	23-07-2001	1:20	2/4



DETALLE DE ZANJA EN ZONA PAVIMENTADA
(SECCION LONGITUDINAL)



DETALLE DE ZANJA EN ZONA NO PAVIMENTADA
(SECCION TRANSVERSAL)

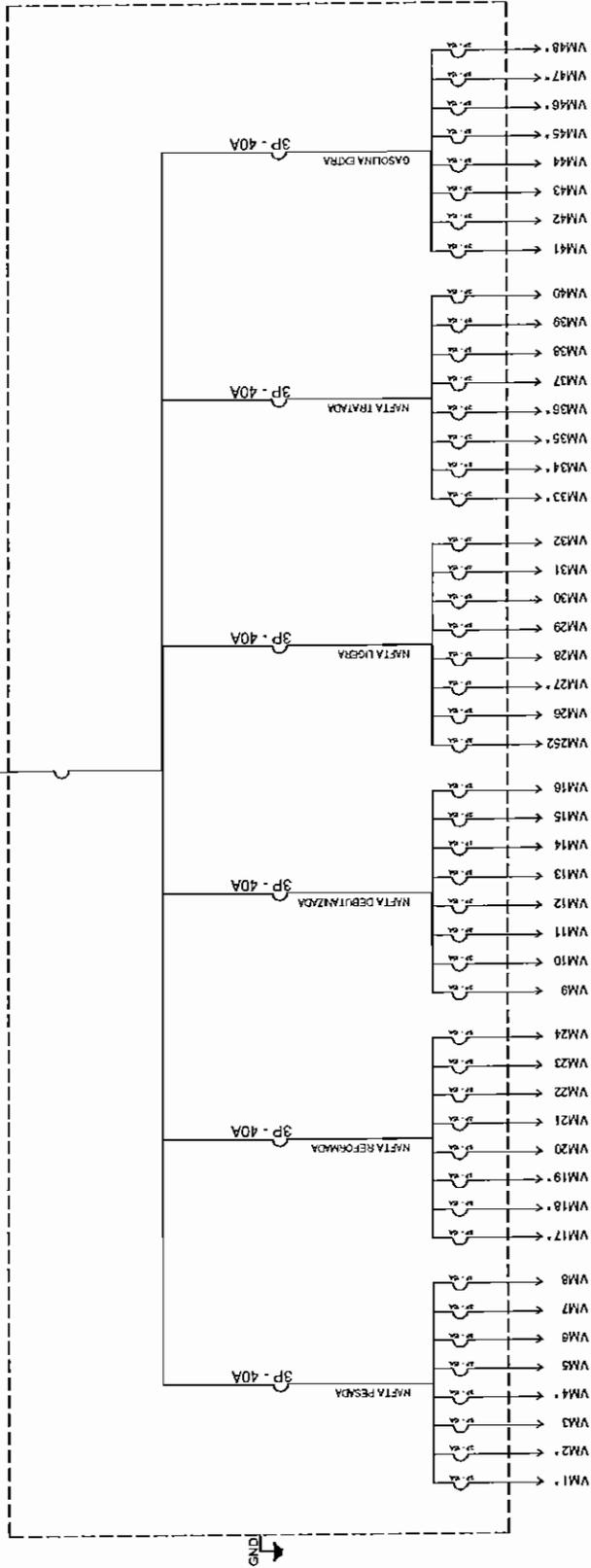


DETALLE DE ZANJA EN ZONA PAVIMENTADA
(SECCION TRANSVERSAL)

ALIMENTACION ELECTRICA DEL SISTEMA DE VALVULAS MOTORIZADAS "AUMA" EN LOS TANQUES DE SETRIA		CONTRATISTA	
PETROINDUSTRIAL FILIAL DE PETROECUADOR		JARVAL CIA. LTDA.	
CONTIENE			
DETALLE DE ZANJAS			
DISEÑADO POR	REVISADO POR	FISCALIZADOR	
ING. FRANCISCO BRAZO	ING. EDWIN SUJULLO	ING. GUSTAVO MARTINEZ	
DIBUJO	FECHA	ESCALA	LÁMINA No
MAURICIO ESPIN	23-07-2001	1:20	3/4

TABLERO GENERAL

ACOMETIDA
3P - 460 V - 60 Hz



* VALVULAS MOTORIZADAS ALIMENTADAS CON MULTICONDUCTOR (3x14 AWG + 1 GND) TIPO XLPE, TECK 90

ALIMENTACION ELECTRICA DEL
SISTEMA DE VALVULAS MOTORIZADAS
"AJUMA" EN LOS TANQUES DE SETRIA

CONTRATISTA	
PETROINDUSTRIAL FILIAL DE PETROECUADOR	JARVAL CIA. LTDA.

CONTIENE
**DIAGRAMA UNIFILAR DEL
TABLERO GENERAL DE
ALIMENTACION**

DISEÑADO POR	REVISADO POR	FISCALIZADOR
ING EDWIN SUGILLO	ING GUSTAVO MARTINEZ	
DIBUJO	FECHA	LAMINA No
MAURICIO ESPIN	23-07-2001	4/4

Las partes metálicas de las válvulas motorizadas, deberán estar conectados a tierra por seguridad, a la red de tierra ubicada en el interior del panel “válvulas motorizadas”, localizado en la subestación “B”.

5.2 SOLUCION AL PROYECTO

En base a los requerimientos de Petroindustrial, se realizó el siguiente análisis:

5.2.1 DESCRIPCIÓN GEOGRAFICA

Las características del lugar de la instalación del cable son:

Altura sobre el nivel del mar: no mayor a 1000 metros

Temperatura ambiente máxima: 40°C

Humedad relativa máxima: 100%

Ambiente: Polvoriento, corrosivo, salino y tropical

En la fotografía 5.1, se observa las características del lugar en que el cable fue instalado.



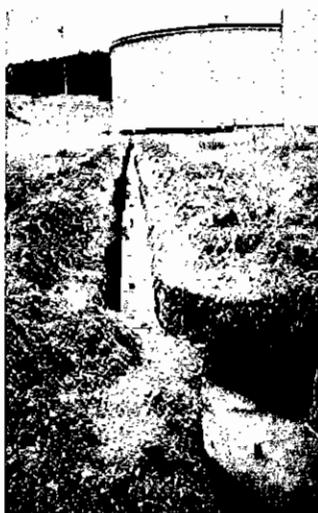
Fotografía 5.1

Las válvulas cuyo cableado se cambiará son: VM01, VM02, VM04, VM17, VM18, VM19, VM27, VM33, VM34, VM35, VM36, VM45, VM46, VM47 Y VM-48. De acuerdo a lo observado en el PLANO1, para los cálculos se considera que aproximadamente la longitud del cable a cada válvula es en promedio de 120 metros. Como son 15 válvulas, la longitud total a suministrarse es de aproximadamente 2500 metros.

La ruta general de los cables, fue realizada según lo solicitado por Petroindustrial como se observa en el PLANO 1.

El área donde debían ser instalados los cables, son áreas peligrosas clasificadas en las cuales se manipulan gases, por lo tanto son Clase I, los gases están normalmente en contenedores cerrados, por lo tanto es División 2 debido a que son condiciones anormales, es decir, no están presentes constantemente en la atmósfera; el tipo de gases almacenados se observa en el diagrama unifilar (PLANO 4) proporcionado: nafta pesada, nafta reformada, nafta debutanizada, nafta ligera, nafta tratada y gasolina extra; es decir son combustibles procesados, por lo tanto pertenecen al Grupo D, la temperatura es T3 según NEC (Código Nacional Eléctrico) pues la máxima temperatura de ignición de la nafta es 200°C. Ver **ANEXO 2 y CUADRO 3.2.**

En la fotografía 5.2 se observa las características de los tanques de almacenamiento.



Fotografía 5.2. Tanques de almacenamiento

A continuación en las siguientes figuras 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 , se observa los datos ingresados y los resultados obtenidos mediante el uso de "SECAR" para determinar el tipo de área peligrosa:

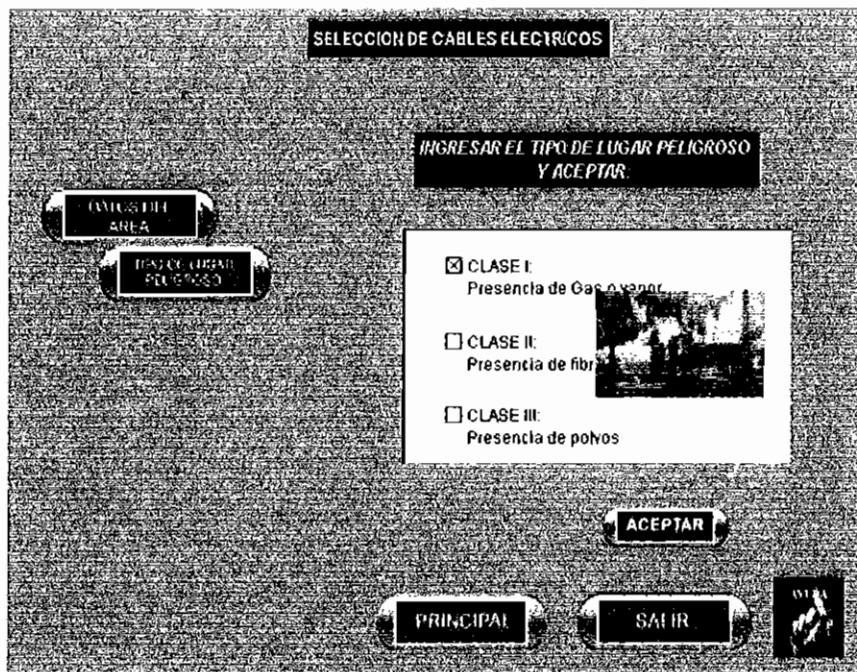


Figura 5.1 TIPO DE LUGAR PELIGROSO

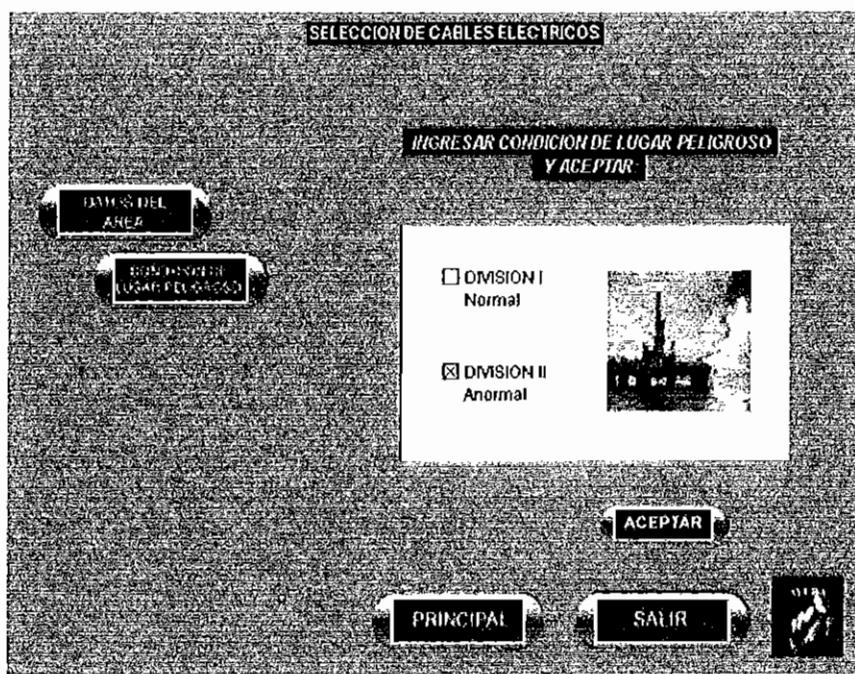


Figura 5.2 CONDICION DE LUGAR PELIGROSO

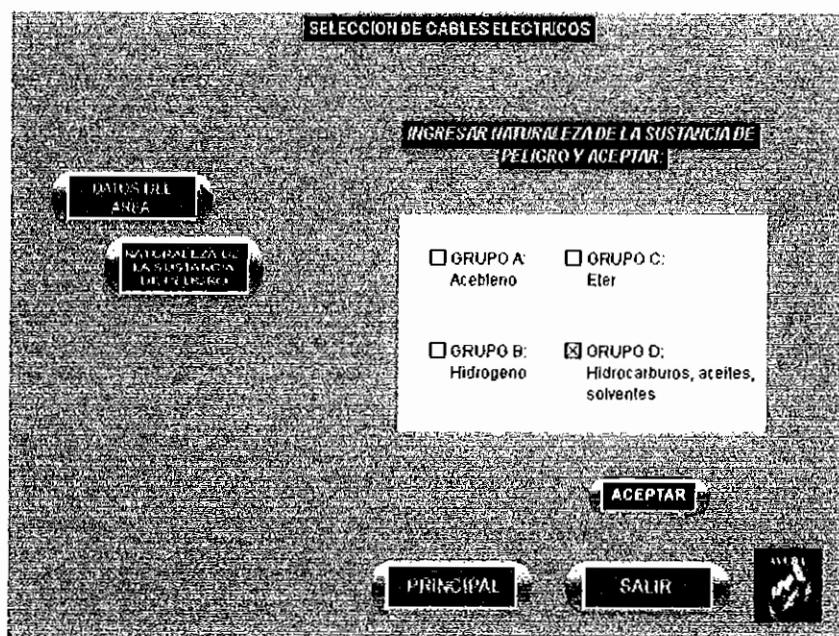


Figura 5.3 NATURALEZA DE LA SUSTANCIA DE PELIGRO

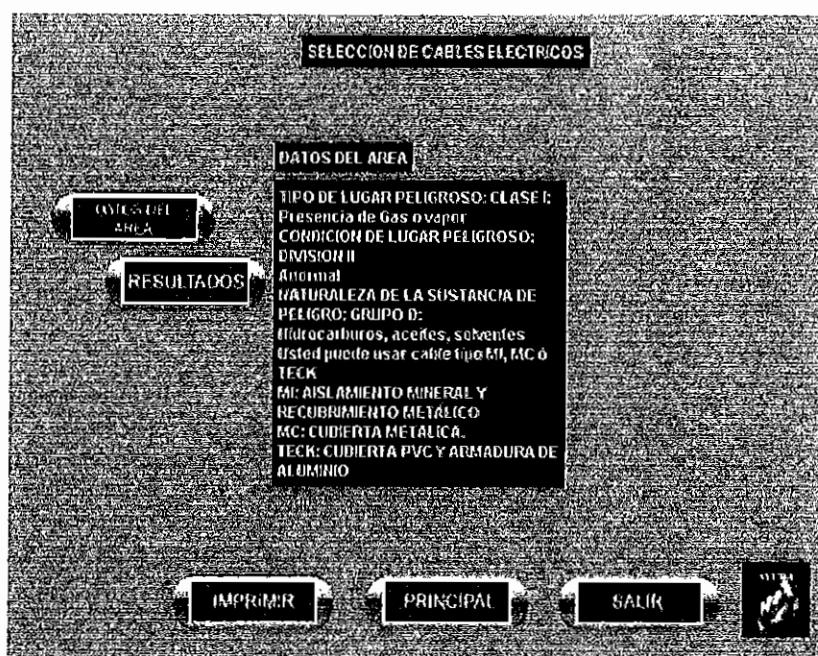


Figura 5.4 RESULTADOS

5.2.2 DETERMINACION DEL TIPO DE CABLE

Se procede a determinar la sección usando "SECAR", considerando la carga de las válvulas de 10A, y son alimentadas con 460V. Los datos obtenidos con el programa de ANIXTER es 2.5 mm^2 , como se observa en el Figura 5.5, que

equivale según el **ANEXO 6** a 14 AWG, como es un sistema trifásico, se requiere un MULTICONDUCTOR 3 x 14 AWG +1 conductor de tierra (solicitado). Otro dato que me proporciona este programa es la caída de voltaje de 11.06 V, es decir un 2.7% (está dentro de los límites permitidos), que es un dato necesario en el caso de usar CEPER.

The screenshot shows the 'Anixter Cable Sizing Program' window. The interface includes a menu bar with 'File' and 'Defaults'. The main area contains several input fields and dropdown menus:

- Select Cable Type:** Radio buttons for 'Single-core (XLPE/AWA)' and 'Multi-core (XLPE/SWA)'. 'Multi-core (XLPE/SWA)' is selected.
- Phase:** Dropdown menu set to 'Three Phase'.
- Installation Type:** Dropdown menu set to 'Buried Direct'.
- Run Length (Metres):** Text input field containing '120'.
- Current:** Text input field containing '10' with the unit 'Amps'.
- OR**
- Power:** Text input field containing '6.9' with a dropdown menu set to 'KW'.
- Depth (Metres):** Text input field containing '0.8m'.
- Voltage:** Dropdown menu set to '400'.
- Ambient Temp °C:** Text input field containing '15'.
- Voltage Drop %:** Dropdown menu set to '3.0'.
- Thermal Resistivity (°C m/W):** Text input field containing '1.2'.
- Frequency (Hz):** Dropdown menu set to '60'.
- Power Factor:** Dropdown menu set to '0.70'.

Below the input fields is a section titled 'Results and notes' with a text box containing the output: 'Cable Size 2,5mm², There is 1 cable . Volt drop = 11,06 Volts'. A 'Calculate' button is located at the bottom right of the window.

Figura 5.5 Resultados obtenidos con "ANIXTER"

Con CEPER, se obtiene resultados similares, sin embargo este programa me da además de la sección del conductor, diferentes soluciones, como se observa en la Figura 5.6.



Figura 5.6 Resultados obtenidos con "CEPER"

Se analiza las 4 soluciones obtenidas, en el caso de la primera, es un cable unipolar, pero para facilidad de la instalación se recomienda un cable tripolar, además al igual que la solución 2 y 3, tiene un aislamiento de PVC no recomendado.

La cuarta solución nos sugiere la misma sección que ANIXTER; nos sugiere el aislante XLPE, que es ideal para áreas de riesgo Clase I.

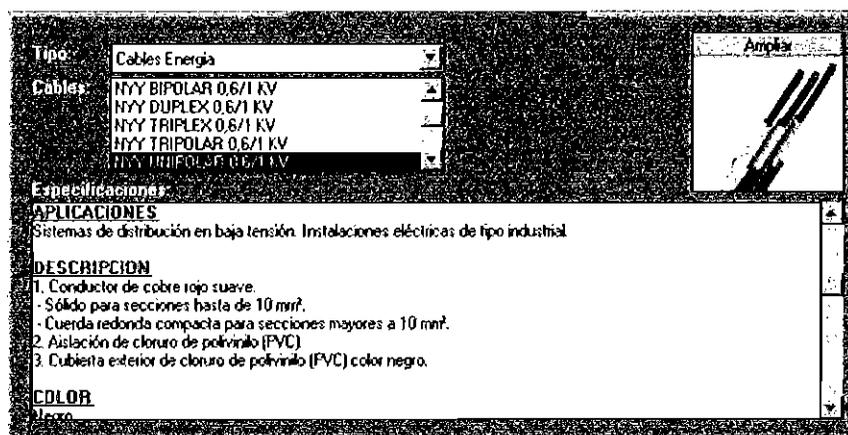
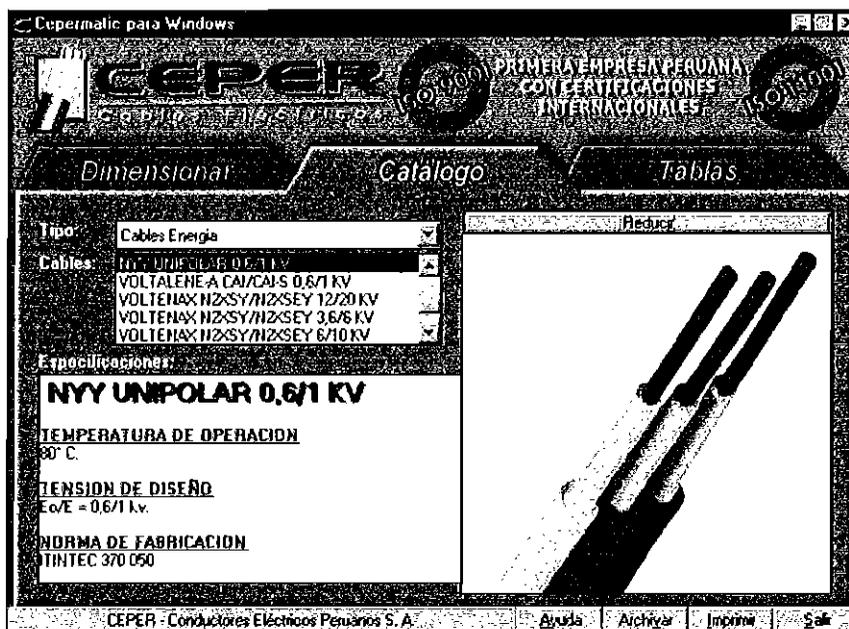


Figura 5.7 Primera solución obtenida con "CEPER"

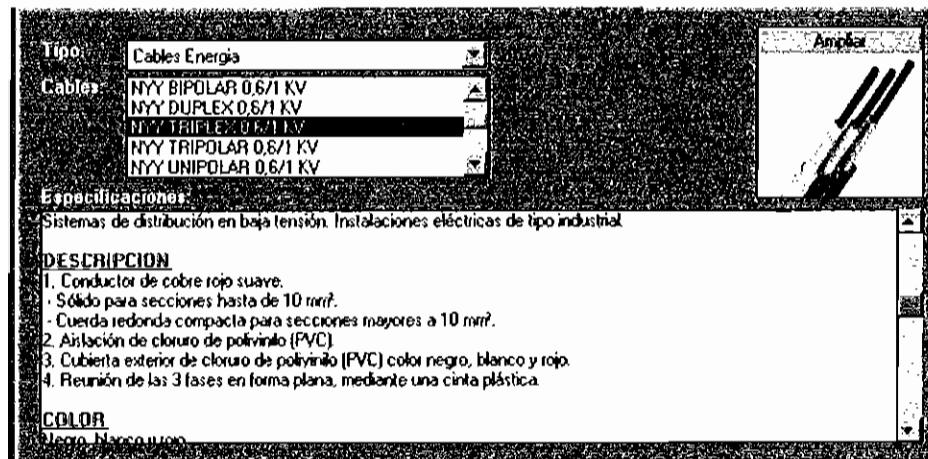
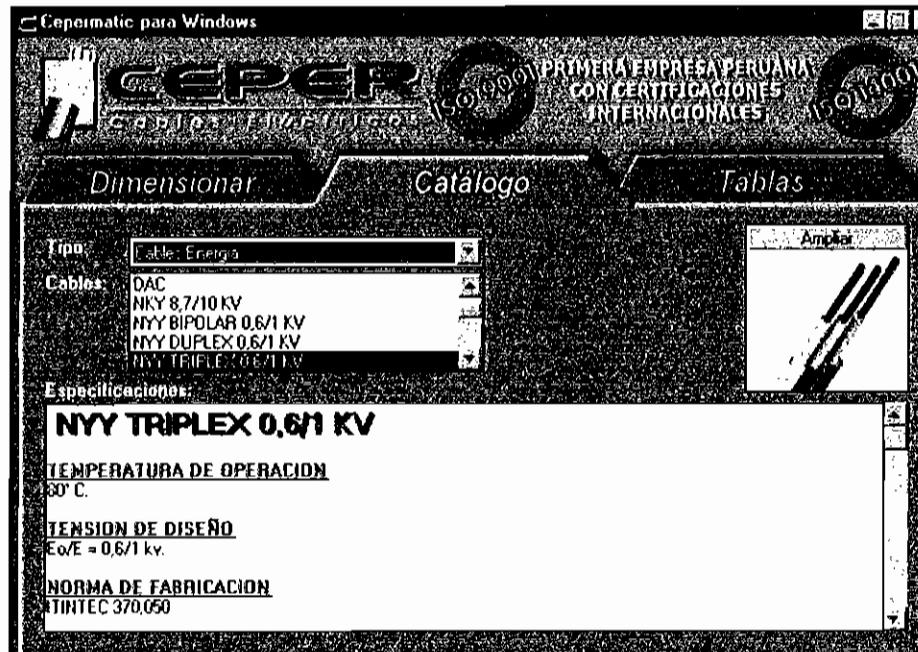


Figura 5.8 Segunda solución obtenida con "CEPER"

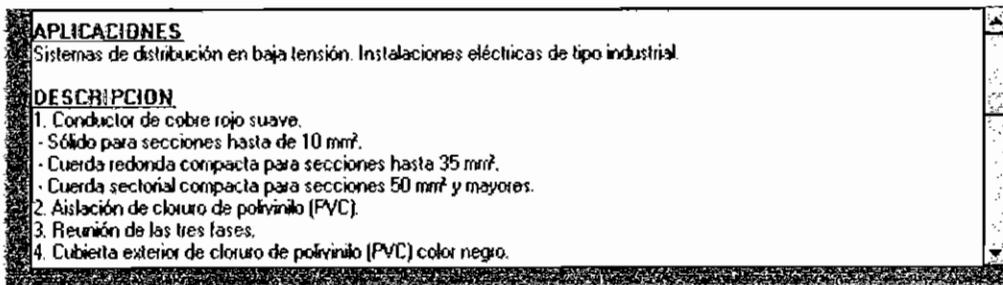
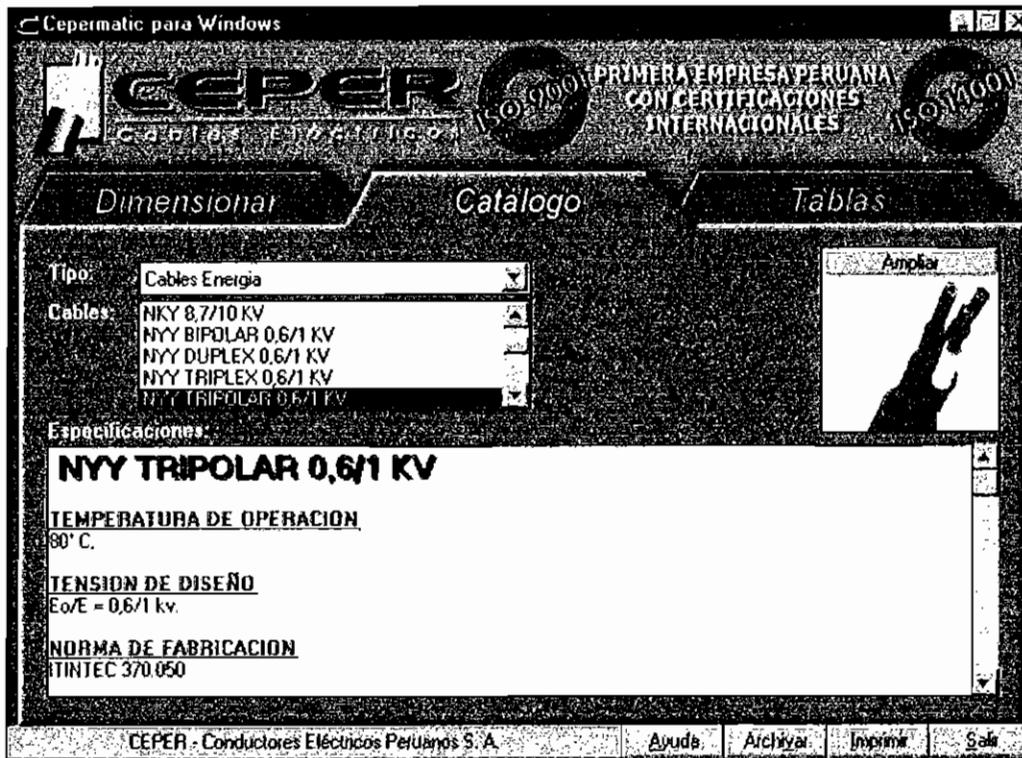


Figura 5.9 Tercera solución obtenida con "CEPER"

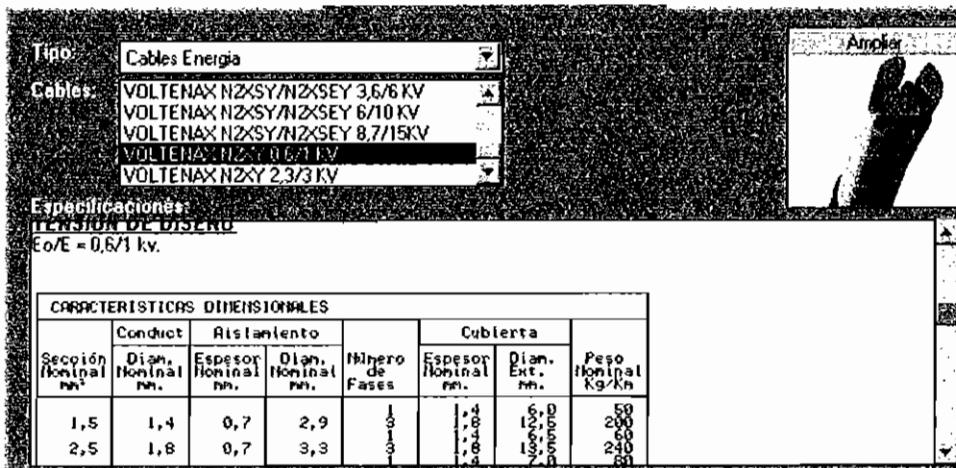
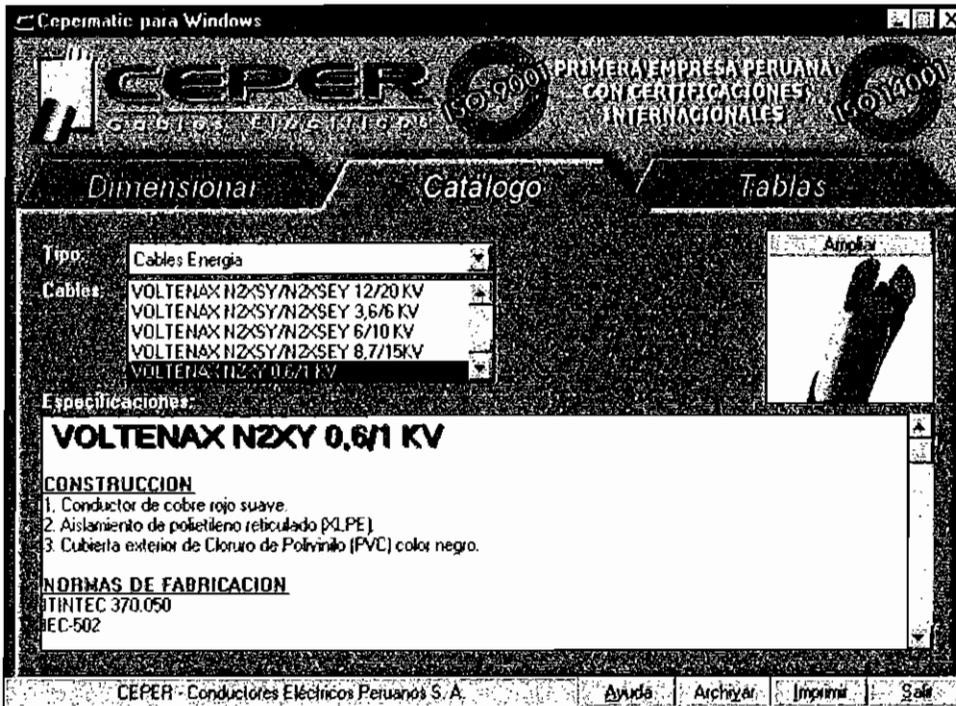


Figura 5.10 Cuarta solución, aceptada.

Los resultados obtenidos con CEPER y ANIXTER son:

- Sección del cable: 14 AWG
- Aislamiento: XLPE
- Nivel de aislamiento: 1000 V
- Cubierta exterior: PVC.
- Caída de tensión: 2.7%

Como es un cable para fuerza y control y debe ir enterrado directamente, se debe escoger un cable con cubierta metálica para mayor seguridad de la instalación.

En base a los criterios anteriores se escogió el Cable TECK , que tiene las siguientes características:

- 3 x 14 AWG + 1 conductor de tierra
- Aislamiento XLPE, 1000V
- Cable usado en áreas de riesgo Clase I, División 2
- Armadura de aluminio sobre los conductores

Además, se escogió este cable por la factibilidad comercial y económica. Este cable es fabricado por AETNA en Estados Unidos. Ver ANEXO 7

En las fotografías 5.3 y 5.4, se observa el cable instalado.



Fotografía 5.3 Carrete de cable usado en el proyecto



Fotografía 5.4 Cable del proyecto

5.2.3 INSTALACION DEL CABLE

Previa la instalación del cable, de acuerdo a los requerimientos solicitados por Petroindustrial, se hizo la comprobación de dichos parámetros.

Petroindustrial solicita 0.8 m como mínimo. Según el **ANEXO 4**, recomienda un mínimo de 24" (0.6 m) de profundidad.



Fotografía 5.5 Vista de la zanja sin el cable

En la fotografía 5.6 se observa la profundidad a que el cable fue enterrado.



Fotografía 5.6 Profundidad de enterramiento del cable

En el caso del cruce de calle, Petroindustrial solicita 1.2m de profundidad y dentro de tubos conduit. El NEC exige mínimo 0.6 m de profundidad mínima y dentro de canalización metálica (Ver ANEXO 4).

En la fotografía 5.7 se observa la profundidad de enterramiento del cable en el cruce de calle.



Fotografía 5.7 Cruce de calle

El tipo de cable seleccionado tiene una cubierta metálica que se constituye en una canalización para los conductores contenidos. Debido a esto, como se observa en el **ANEXO 4**, se debe cubrir con un envolvente de hormigón no inferior a 2" (5.08 cm) de espesor. Esta condición cumple con lo pedido por Petroindustrial que es 5 cm. El color rojo es una medida de seguridad que permite identificar que se trata de una canalización de cable en caso de una eventual excavación.

En las fotografía 5.8, 5.9 , 5.10 se observa la cubierta de hormigón.



Fotografía 5.8 Capa de hormigón



Fotografía 5.9 Capa de hormigón

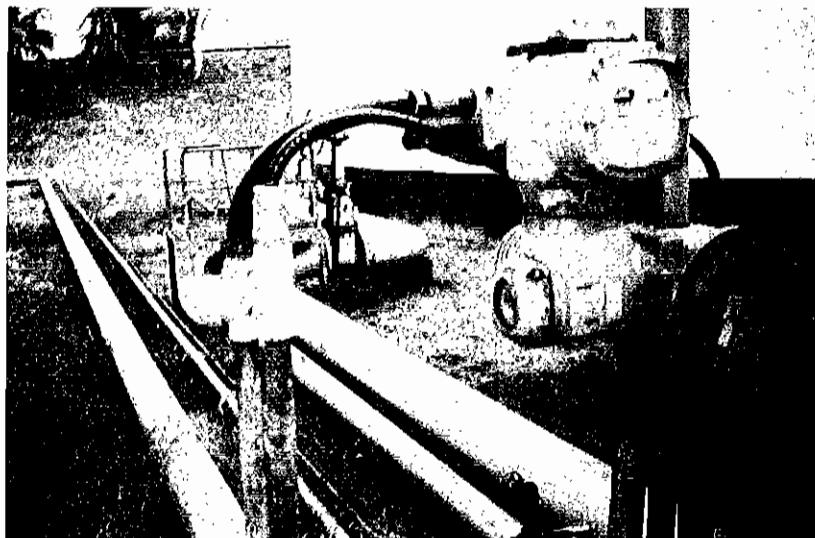


Fotografía 5.10 Capa de hormigón en el cruce de calle

En la práctica se cumplió todas estas condiciones. Todo el cable estuvo dentro de las zanjias, a excepción del cable que ingresó a la subestación B, el cual fue

instalado en las canaletas existentes y el que salía de las zanjas para la conexión con las válvulas. Esta instalación estuvo cubierta con tubería de acero galvanizado y el respectivo sellamiento.

En las fotografías 5.11 y 5.12 se observa el cable que ingresa a la conexión de válvulas.



Fotografía 5.11 Conexión de cables a válvulas



Fotografía 5.12 Cable que ingresa a válvulas

En las fotografías 5.13 y 5.14 se observa el ingreso de cable en la subestación.



Figura 5.13 Ducto para Ingreso a subestación



Figura 5.14 Interior de subestación

5.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.3.1 CONCLUSIONES

1. En este trabajo, se determina que, para una adecuada selección técnica de cables, es importante conocer: la estructura, forma, componentes de los materiales, las características generales del lugar de instalación, parámetros eléctricos y las características del medio en el que va a funcionar. El conocimiento de todos estos parámetros, permite simplificar la selección de cables eléctricos en áreas de riesgo.
2. Para que una instalación industrial tenga un alto grado de seguridad es necesario conjugar algunos aspectos que la seguridad industrial exige, relacionada con el equipo eléctrico, así como también de los cables, que deberán estar acordes al grado de riesgo que tenga la instalación.
3. El CD elaborado se convierte en una guía para la selección de cables eléctricos para áreas de riesgo, lo cual se logra, si se tiene la mayor información posible del uso y forma de instalación del cable, pues así se introduce datos reales y obtiene mejores resultados. Los principales parámetros para determinar el tipo de cable son: Voltaje, corriente de carga, factor de potencia, longitud del cable, caída de tensión, entre otros. Además el CD es una fuente de información rápida en lo que se refiere a Cables Eléctricos, Áreas de Riesgo, vínculos con diferentes fabricantes a través del Internet, glosario de términos de cables, entre otros temas.
4. Con el caso práctico, se demuestra que es posible combinar las características técnicas de la instalación industrial, las condiciones del área de riesgo, así como también la información proporcionada por los fabricantes de cables.
5. Con la ayuda del CD "SECAR", se puede simplificar procedimientos técnicos para la selección de cables, con la información proporcionada por los distintos fabricantes de cables industriales.

5.3.2 RECOMENDACIONES

1. Para instalaciones industriales en áreas en donde lo más importante es la seguridad, como en el área petrolera, se debe tener presente las normas técnicas que pueden dar los criterios para la adecuada instalación.
2. Es importante tomar en cuenta el factor económico; muchas veces por desconocimiento se importa un cable que existe en nuestro mercado, y que es de excelente calidad.
3. Adicionalmente a los criterios técnicos empleados para la selección de cables se debe tomar en cuenta las recomendaciones que se observa en los catálogos de los fabricantes, donde se especifican normas técnicas y pruebas de ensayo a las que han sido sometidos los cables; esto debido a que los fabricantes de cables frecuentemente están realizando pruebas en los materiales empleados en la fabricación de los mismos, con el objeto de obtener mejores productos, sobre todo en lo que se refiere a productos antiexplosivos.
4. Es necesario investigar si en la instalación existen o existirán equipos que introducen armónicos, este parámetro indica que se debe tener mucho cuidado en la selección del conductor del neutro, debido a que los armónicos producen calentamiento del neutro de la instalación y de sus conexiones, pudiendo provocar sobretensiones que dañan los equipos. Estas corrientes pueden llegar a ser hasta el doble de la corriente de fase, por esta razón, la sección del neutro debería ser igual o el doble de la sección de fase. Esto contradice al criterio común de selección, que considera la sección del neutro como la mitad de la sección del conductor de fase, en cables de sección grande. Actualmente en la industria, especialmente en Europa, se está adoptando el criterio de selección del neutro considerando armónicos. En el resto del mundo se fabrican cables con neutros de sección grandes, pero solo bajo pedido.
5. Es importante analizar la información empleando las herramientas nuevas existentes, como por ejemplo el software disponible en el Internet, de los diferentes fabricantes de cables para la selección. Esto ha facilitado la elaboración del CD.

6. Siempre debe primar el criterio técnico de quien selecciona el cable; el CD "SECAR" es una guía, de fácil manejo, que indica los diferentes parámetros que se deben conocer para la selección de cables eléctricos en áreas de riesgo; primero se debe seleccionar si es o no de riesgo; si lo es, a continuación se identifica varios tipos de cables para esta área definida, luego se determina la sección y finalmente el cable deseado.

BIBLIOGRAFIA

- APPLETON NEC CODE REVIEW (1996), “**Guide for use of Electrical Products in Hazardous Location**”, USA.
- BELOVE, Charles, PANIAGUA, Francisco, (1994) "ENCICLOPEDIA DE LA ELECTRONICA, INGENIERIA Y TECNICA", Oceano/Centrum.
- CATALOGO DE CABLES AETNA INSULATED WIRE COMPANY, Usa.
- CATALOGO DE CABLES ANIXTER, Inglaterra.
- CATALOGO DE CABLES ELECTRICOS ICONEL Phelps Dodge, Venezuela.
- CATALOGO DE CABLES PIRELLI S.A.I.C, Buenos Aires, Argentina.
- CODIGO ELECTRICO NACIONAL, COVENIN 200, Venezuela.
- CURSO MACROMEDIA: DIRECTOR 8, FLASH 5, DREAMWEAVER 4.
www.macromedia.com
- HINDS Crouse, JAZECKH Eberhand, (1987), “**Requisitos eléctricos para áreas peligrosas**”, Ed. Mepandina S.A. , Ecuador.
- MAGISON C. ERNEST (1980), “**Electrical Instruments in hazardous location**”, Tercera Edición, Washington-Usa., ISA Instrument Society of América, Honeywell Inc.

- NORMA No. 864, “**Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico en instalaciones de producción de hidrocarburos**”, México.1973
- RAMIREZ VAZQUEZ JOSE (1973), “**Instalaciones Eléctricas Generales**”, Enciclopedia CEAC DE ELECTRICIDAD, Ediciones CEAC, S.A., Barcelona-España.
- RAMIREZ VAZQUEZ JOSE (1974), “**Instalaciones Eléctricas Baja Tensión, Cálculo de líneas eléctricas**”, Enciclopedia CEAC DE ELECTRICIDAD, Ediciones CEAC, S.A., Barcelona-España.
- STEWART MAURICE, (1994), “**Recommended Practice for Classification of locations for Electrical Installation at Petroleum Facilities RP500**”, Primera Edición, Louisiana-USA.
- TAPIA CALVOPIÑA LUIS (1973), “**Capacidad térmica de cables en ductos y bandejas. Método Digital**”. EPN (TESIS), Quito-Ecuador
- www.aetnawire.com
- [www.ar. Pirelli.com/cables](http://www.ar.Pirelli.com/cables)
- www.ar. Pirelli.com/cables/revista-on-line
- www.texca.com

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1: Características de los diferentes materiales usados como aislantes.
- ANEXO 2: Aplicaciones y aislamiento de los conductores
- ANEXO 3: Factores de corrección de la intensidad máxima admisible para cables
- ANEXO 4: Requisitos mínimos de profundidad de los cables enterrados en instalaciones de 0-600 voltios nominales
- ANEXO 5: Requisitos mínimos de profundidad de los cables enterrados en instalaciones de más de 600 voltios nominales
- ANEXO 6: Calibres estandarizados de los conductores
- ANEXO 7: Hojas técnicas de cables de diferentes fabricantes
- ANEXO 8: Estándares internacionales relacionados con la Seguridad y Riesgos Eléctricos
- ANEXO 9: Resumen de la clasificación de atmósferas peligrosas
- ANEXO 10: Artículos NEC: Areas Clase I (500-5), Clase II (500-6), Clase III (500-7), Zonas (505)
- ANEXO 11: Artículo NEC: Equipo de seguridad intrínseca (504)
- ANEXO 12: Glosario de cables eléctricos.

ANEXO 1

**Características de los diferentes materiales usados como
aislantes**

ANEXO 1: CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES MATERIALES USADOS COMO AISLANTES

		10^9	10^{15}	5×10^{14}	10^{18}	10^{16}	10^{13}	10^{15}	10^{12}	10^{14}	10^{10}	10^{12}	10^{14}	10^{13}	
CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS	Resistividad a 20°C	ohm m													
	Rigidez dieléctrica a 20°C	KV/mm	40	35	30	15	30	30	25	25	16	25	30	18	
	Constante dieléctrica ϵ a 50 Hz y 20°C		4.0 a 4.3	5	2.3	3			5	2.7	15	8	2		
	Constante dieléctrica ϵ a 50 Hz y 80°C														
	Factor de pérdidas (tg δ) a 50 Hz y 20°C		0.0025 a 0.0045	0.09	0.0002 a 0.0045	0.002	0.03	0.0002	0.05	0.002	0.02	0.2	0.04	0.02	0.05
	Factor de pérdidas (tg δ) a 50 Hz y 80°C			0.04											
CARACT. QUIMICAS	Resistencia al ozono		Excelente	Excelente	Muy bueno	Excelente	Excepcional	Buena	Mediana	Mediana	Mediano	bueno	Bueno	Muy buena	
	Resistencia a la humedad (Higroscopicidad)		Bueno	Muy bueno	Excepcional	Excelente	Mediana	Excepcional	Regular	Buena	Muy malo	Medioocre	Bueno	Regular	
	Resistencia a aceites y grasas minerales		Excelente	Excelente	Mediano	Excelente	Mediana	Excepcional	Buena	Malo	Muy bueno	bueno	Malo	Mediana	

ANEXO 1: CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES MATERIALES USADOS COMO AISLANTES

OTRAS	Constancia de caract. aislantes al aumentar la temp.	Malo	Mediocre	Mediocre	Buena	Buena	Buena	Buena	Mediocre	Regular	Mediocre	Muy malo	Muy malo	Muy malo	Muy bueno	
	Constancia de caract. aislantes al aumentar la humedad.	Muy malo	Buena	Buena	Excepcional	Excepcional	Excepcional	Regular	Mediocre	Regular	Buena	Muy malo	Mediocre	Excepcional	Regular	
	Resistencia a soluciones ácidas diluidas		Muy bueno	Muy bueno												
	Resistencia a soluciones de sales metálicas		Muy bueno	Muy bueno												
	Resistencia a mohos y bacterias		Muy bueno	Muy bueno												

NOTA: espacios en blanco no definidos por el fabricante

ANEXO 2

Aplicaciones y aislamiento de los conductores

ANEXO 2
TABLA 310-13. APLICACIONES Y AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMPERATURA MAXIMA DE SERVICIO	APLICACIONES PREVISTAS	AISLAMIENTO	AWG / Kcmil	ESPESOR DE AISLAMIENTO (mm)	CUBIERTA EXTERNA (I)
ETILENO-PROPILENO FLUORADO	FEP 6	90 °C	❖ LUGARES SECOS Y HUMEDOS	ETILENO-PROPILENO FLUORADO	14 - 10 8 - 2	0,51 0,76	❖ NINGUNA
	FEPB	200 °C	❖ LUGARES SECOS EN APLICACIONES ESPECIALES (3)	ETILENO-PROPILENO FLUORADO	14 - 8 6 - 2	0,36 0,36	❖ TRENZA DE FIBRA DE VIDRIO ❖ TRENZA DE ASBESTO U OTRO MATERIAL ADECUADO
AISLAMIENTO MINERAL (CON RECUBRIMIENTO METALICO)	MI	90° C	❖ LUGARES SECOS Y HUMEDOS	OXIDO DE MAGNESIO	18 - 16 (2) 16 - 10 9 - 4 3 - 500	0,58 0,91 1,27 1,40	COBRE 6 ALEACION DE ACERO
		250° C	❖ PARA APLICACIONES ESPECIALES (3)				
TERMOPLASTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD, AL CALOR Y AL ACEITE	MTW	60° C	❖ INSTALACIONES DE MAQUINAS HERRAMIENTAS EN LUGARES MOJADOS, COMO PERMITE NFPA 79 (VER SECCION 670)	TERMOPLASTICO RETARDANTE DE LA LLAMA Y RESISTENTE A LA HUMEDAD, AL CALOR Y AL ACEITE	22 - 12 10 8 6 4 - 2 1 - 4/0 213 - 500 501 - 1000	(A) 0,76 0,76 1,14 1,52 2,03 2,41 2,79	(A) NINGUNA (B) CUBIERTA DE NYLON EQUIVALENTE
		90° C	❖ INSTALACIONES DE MAQUINAS HERRAMIENTAS EN LUGARES SECOS, COMO PERMITE NFPA 79 (VER SECCION 670)				
PAPEL	---	85° C	PARA CONDUCTORES DE ACOMETIDAS SUBTERRANEAS 6 CON PERMISO ESPECIAL	PAPEL	---	---	CUBIERTA DE PLOMO
PERFLUOROALCOXI XI	PFA	90° C	❖ LUGARES SECOS 6 HUMEDOS	PERFLUOROALCOXI	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0	0,50 0,76 1,14	NINGUNA
		200° C	❖ LUGARES SECOS EN APLICACIONES ESPECIALES (3)				

TABLA 310-13. (Continuación)

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMPERATURA MAXIMA DE SERVICIO	APLICACIONES PREVIAS	AISLAMIENTO	AWG / Kcmil	ESPESOR DE AISLAMIENTO (mm)	CUBIERTA EXTERNA (1)
PERFLUOROALCOXI	PFAH	250° C	SOLO PARA LUGARES SECOS Y CABLES DENTRO DE APARATOS ó DENTRO DE CANALIZACIONES CONECTADOS A APARATOS (EL CONDUCTOR SERA SOLAMENTE DE NIQUEL ó DE COBRE RECUBIERTO DE NIQUEL)	PERFLUOROALCOXI	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0	0,51 0,76 1,14	NINGUNA
POLIMERO RESISTENTE AL CALOR	RH RHH	75° C 90° C	❖ LUGARES SECOS ó HUMEDOS ❖ LUGARES SECOS ó HUMEDOS	POLIMERO SINTÉTICO RESISTENTE AL CALOR Y RETARDANTE DE LA LLAMA	14 - 12 (5) 10 8 - 2 1 - 4/0 213 - 500 501 - 1000 1001 - 2000 PARA 601 - 2000 VER TABLA 310-62	0,76 1,14 1,52 2,05 2,41 2,79 3,18	CUBIERTA NO METALICA, RESISTENTE A LA HUMEDAD Y RETARDANTE DE LA LLAMA (4)
POLIMERO RESISTENTE AL CALOR Y A LA HUMEDAD	RHW(6)	75° C	LUGARES SECOS ó HUMEDOS. PARA TENSIONES MAYORES DE 2000 VOLT, EL AISLANTE DEBE SER RESISTENTE AL OZONO	POLIMERO SINTÉTICO RESISTENTE AL CALOR, RESISTENTE A LA HUMEDAD Y RETARDANTE DE LA LLAMA	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0 213 - 500 501 - 1000 1001 - 2000 PARA 601 - 2000 VER TABLA 310-62	1,14 1,52 2,05 2,41 2,79 3,18	CUBIERTA NO METALICA, RESISTENTE A LA HUMEDAD Y RETARDANTE DE LA LLAMA (4)
POLIMERO RESISTENTE AL CALOR Y A LA HUMEDAD	RHW-2	90° C	LUGARES SECOS ó HUMEDOS	POLIMERO SINTÉTICO, RESISTENTE AL CALOR, RESISTENTE A LA HUMEDAD Y RETARDANTE DE LA LLAMA	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0 213 - 500 501 - 1000 1001 - 2000 PARA 601 - 2000 VER TABLA 310-62	1,14 1,52 2,05 2,41 2,79 3,18	CUBIERTA NO METALICA, RESISTENTE A LA HUMEDAD Y RETARDANTE DE LA LLAMA (4)
SILICONA	SA	90° C 200° C	❖ LUGARES SECOS ó HUMEDOS PARA APLICACIONES ESPECIALES (3)	GOMA DE SILICONA	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0 213 - 500 501 - 1000 1001 - 2000	1,14 1,52 2,03 2,41 2,79 3,18	TRENZADO DE FIBRA DE VIDRIO U OTRO MATERIAL ADECUADO

TABLA 310-13. (Continuación)

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMPERATURA MAXIMA DE SERVICIO	APLICACIONES PREVISTAS	AISLAMIENTO	AWG / Kcmil	ESPESOR DE AISLAMIENTO (mm)	CUBIERTA EXTERNA (1)
POLIMERO SINTEITICO TERMOESTABLE RESISTENTE AL CALOR	SIS	90° C	SOLO PARA CABLEADO DE TABLEROS	POLIMERO RESISTENTE AL CALOR Y RETARDANTE DE LA LLAMA	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0	0,76 1,14 1,40	NINGUNA
TERMOPLASTICO Y MALLA EXTERNA FIBROSA	TBS	90° C	SOLO PARA CABLEADO DE TABLEROS	TERMOPLASTICO	14 - 10 8 6 - 2 1 - 4/0	0,76 1,14 1,52 2,05	TRENZADO NO METALICO RETARDANTE DE LA LLAMA
POLITETRAFLUOROETILE NO EXTENDIDO	TFE	250° C	SOLO PARA LUGARES SECOS Y CABLES DENTRO DE APARATOS ó DENTRO DE CANALIZACIONES CONECTADAS A APARATOS O COMO CABLE A LA VISTA (EL CONDUCTOR SERA SOLAMENTE DE NIQUEL ó DE COBRE RECUBIERTO DE NIQUEL)	POLITETRAFLUROETI LENO EXTENDIDO	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0	0,51 0,76 1,14	NINGUNA
TERMOPLASTICO RESISTENTE AL CALOR	THHN	90° C	LUGARES SECOS ó HUMEDOS	TERMOPLASTICO RESISTENTE AL CALOR Y RETARDANTE DE LA LLAMA	14 - 12 10 8 - 6 4 - 2 1 - 4/0 250 - 500 501 - 1000	0,38 0,51 0,76 1,02 1,27 1,52 1,78	CUBIERTA DE NYLON ó EQUIVALENTE
TERMOPLASTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD Y AL CALOR	THHW	75° C 90° C	❖ LUGARES HUMEDOS ❖ LUGARES SECOS	TERMOPLASTICO RETARDANTE DE LA LLAMA Y RESISTENTE A LA HUMEDAD Y AL CALOR	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0 215 - 500 501 - 1000	1,14 1,52 2,05 2,41 2,79	NINGUNA
TERMOPLASTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD Y AL CALOR	THW (6)	75° C 90° C	❖ LUGARES SECOS ó HUMEDOS ❖ APLICACIONES ESPECIALES EN EQUIPOS DE ILUMINACION POR DESCARGA LIMITADO A 1000 VOLT EN CIRCUITO ABIERTO ó MENOS (SOLO CABLES DE CALIBRES 14 AL 8, COMO PERMITE LA SECCION 410-15)	TERMOPLASTICO RETARDANTE DE LA LLAMA Y RESISTENTE A LA HUMEDAD Y AL CALOR	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0 215 - 500 501 - 1000 1001 - 2000	1,14 1,52 2,05 2,41 2,79 3,18	NINGUNA

TABLA 310-13. (Continuación)

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMPERATURA MÁXIMA DE SERVICIO	APLICACIONES PREVISTAS	AISLAMIENTO	AWG / Kcmil	ESPESOR DE AISLAMIENTO (mm)	CUBIERTA EXTERNA (1)
TERMOPLÁSTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD Y AL CALOR	THWN (6)	75° C	LUGARES SECOS ó HUMEDOS	TERMOPLÁSTICO RETARDANTE DE LA LLAMA Y RESISTENTE A LA HUMEDAD Y AL CALOR	14 - 12 10 8 - 6 4 - 2 1 - 4/0 250 - 500 501 - 1000	0,38 0,51 0,76 1,02 1,27 1,52 1,78	CUBIERTA DE NYLON ó EQUIVALENTE
TERMOPLÁSTICO RESISTENTE A LA HUMEDAD	TW	60° C	LUGARES SECOS ó HUMEDOS	TERMOPLÁSTICO RETARDANTE DE LA LLAMA Y RESISTENTE A LA HUMEDAD Y AL CALOR	14 - 10 8 6 - 2 1 - 4/0 215 - 500 501 - 1000 1001 - 2000	0,76 1,14 1,52 2,03 2,41 2,79 3,18	NINGUNA
CABLE DE UN SOLO CONDUCTOR PARA ALIMENTADORES Y CIRCUITOS RAMALES SUBTERRANEOS (PARA CABLES TIPO UF MULTICONDUCTORES, VER EL SECCIÓN 339)	UF	60° C 75° C	VER SECCIÓN 339	❖ RESISTENTE A LA HUMEDAD ❖ RESISTENTE AL CALOR Y A LA HUMEDAD	14 - 10 (8) 8 - 2 (8) 1 - 4/0 (8)	1,52 (4) 2,03 (4) 2,41 (4)	INTEGRADA CON EL AISLANTE
CABLE DE UN SOLO CONDUCTOR PARA ACOMETIDAS SUBTERRANEAS (PARA CABLES TIPO USE MULTICONDUCTORES, VER EL SECCIÓN 338)	USE (6)	75° C	VER SECCIÓN 338	RESISTENTE AL CALOR Y A LA HUMEDAD	12 - 10 8 - 2 1 - 4/0 215 - 500 (9) 501 - 1000 1001 - 2000	1,14 1,52 2,03 2,41 (8) 2,79 3,18	CUBIERTA NO METÁLICA RESISTENTE A LA HUMEDAD, VER ARTICULO 338-1 (b)
POLIMERO RESISTENTE AL CALOR	XHH	90° C	LUGARES SECOS ó HUMEDOS	POLIMERO RESISTENTE AL CALOR Y RETARDANTE DE LA LLAMA	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0 215 - 500 501 - 1000 1001 - 2000	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03 2,41	NINGUNA
POLIMERO SINTÉTICO TERMOESTABLE RESISTENTE A LA HUMEDAD	XHHW (6)	90° C 75° C	❖ LUGARES SECOS ó HUMEDOS ❖ LUGARES MOJADOS	POLIMERO SINTÉTICO RETARDANTE DE LA LLAMA Y RESISTENTE AL CALOR	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0 215 - 500 501 - 1000 1001 - 2000	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03 2,41	NINGUNA

TABLA 310-13. (Continuación)

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMPERATURA MAXIMA DE SERVICIO	APLICACIONES PREVISTAS	AISLAMIENTO	AWG / Kcmil	ESESOR DE AISLAMIENTO (mm)	CUBIERTA EXTERNA (1)
POLIMERO SINTETICO TERMOESTABLE RESISTENTE A LA HUMEDAD	XHHW-2	90° C	LUGARES SECOS ó HUMEDOS	POLIMERO SINTETICO RETARDANTE DE LA LLAMA Y RESISTENTE AL CALOR	14 - 10 8 - 2 1 - 4/0 213 - 500 501 - 1000 1001 - 2000	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03 2,41	NINGUNA
ETILENO - TETRAFLUOROETILENO MODIFICADO	Z	90° C 150° C	❖ LUGARES SECOS ó HUMEDOS ❖ LUGARES SECOS, APLICACIONES ESPECIALES (3)	ETILENO - TETRAFLUOROETILENO MODIFICADO	14 - 12 10 8 - 4 3 - 1 1/0 - 4/0	0,38 0,51 0,64 0,89 1,14	NINGUNA
ETILENO - TETRAFLUOROETILENO MODIFICADO	ZW (6)	75° C 90° C 150° C	❖ LUGARES HUMEDOS ❖ LUGARES SECOS ó HUMEDOS ❖ LUGARES SECOS, APLICACIONES ESPECIALES (3)	ETILENO - TETRAFLUOROETILENO MODIFICADO	14 - 10 8 - 2	0,76 1,14	NINGUNA

NOTAS:

- (1) Algunos aislamientos no requieren cubierta externa
- (2) Para circuitos de señales que permiten un aislamiento de 300 Volt.
- (3) Cuando las condiciones de diseño requieren que la temperatura máxima de funcionamiento del conductor sea superior a 90 °C.
- (4) Algunos aislantes de gomas no requieren cubierta externa.
- (5) Para los calibres 14 - 12, el cable RHH debe tener un aislamiento de 1,14 mm de espesor.
- (6) Los cables listados con sufijo " - 2 " se pueden utilizar a temperatura de funcionamiento continua de 90 °C en lugares secos o húmedos.
- (7) En cuanto a la limitación de la capacidad, ver el Artículo 339-5.
- (8) En los conductores tipo USE que hayan sido sometidos a investigación especial, se permite que el aislamiento sea de 2,03 mm de espesor. No se requiere que la cubierta no metálica individual de conductores aislados de cables con cubierta de aluminio y de cables forrados con plomo ó de cables multiconductores, sea retardante de la llama. Para los cables tipo MC, ver el Artículo 334-20. Para los cables con cubierta no metálica, ver el Artículo 336-25. Para los cables tipo UF, ver el Artículo 339-1.

TABLA 310-61.- Aplicaciones y aislamiento de los conductores.

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMPERATURA MÁXIMA DE FUNCIONAMIENTO	APLICACIONES PREVISTAS	AISLAMIENTO	CUBIERTA EXTERNA
DIELECTRICO SOLIDO DE MEDIA TENSION	MV-90 MV-105*	90 °C 105 °C	LUGARES SECOS O HÚMEDOS, PARA 2001 VOLT EN ADELANTE	TERMOPLÁSTICO O PLÁSTICOS TERMOESTABLES	ENVOLTURA, CUBIERTA ó ARMADURA

* Cuando las condiciones de proyecto exijan que los conductores funcionen a temperaturas de más de 90° C.

TABLA 310-62.- Espesor del aislamiento de cables no apantallados, Tipos RHH Y RHW, para 601 a 2.000 Volt (en mm)

CALIBRE DEL CONDUCTOR EN AWG / Kcmil	A	B
14-10	2,03	1,52
8	2,03	1,78
6-2	2,41	1,78
1-2/0	2,79	2,29
3/0-4/0	2,79	2,29
213-500	3,18	2,67
501-1000	3,56	3,05

Nota 1: La columna A aplica a gomas naturales, SBR y butílicas.

Nota 2: La columna B aplica a polietileno vulcanizados, goma de etileno-propileno y derivados de los mismos.

TABLA 310- 63.- Espesor de aislamiento y de cubierta para cables aislados con dieléctrico sólido, no apantallados, de 2001 A 8000 Volt (en mm)

CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG/Kcmil	2001 – 5000 VOLT						5001 – 8000 VOLT, NIVEL DE AISLAMIENTO 100 % PARA LUGARES HÚMEDOS O SECOS		
	CABLE MONOPOLAR PARA LUGARES SECOS			PARA LUGARES SECOS O HÚMEDOS			CABLE MONOPOLAR	CABLE MULTIPOLAR *	
	SIN CUBIERTA	CON CUBIERTA		CABLE MONOPOLAR	CABLE MULTIPOLAR *				
	Aislamiento	Aislamiento	Chaqueta	Aislamiento	Chaqueta	Aislamiento	Aislamiento	Chaqueta	Aislamiento
8	2,79	2,29	0,76	3,18	2,03	2,29	4,57	2,03	4,57
6	2,79	2,29	0,76	3,18	2,03	2,29	4,57	2,03	4,57
4-2	2,79	2,29	1,14	3,18	2,03	2,29	4,57	2,41	4,57
1 – 2/0	2,79	2,29	1,14	3,18	2,03	2,29	4,57	2,41	4,57
3/0 – 4/0	2,79	2,29	1,65	3,18	2,41	2,29	4,57	2,79	4,57
213 – 500	3,05	2,29	1,65	3,56	2,79	2,29	5,33	2,79	5,33
501 – 750	3,30	2,29	1,65	3,94	3,18	2,29	5,97	3,18	5,97
751 – 1000	3,30	2,29	1,65	3,94	3,18	2,29	6,35	3,56	6,35

* Bajo una única cubierta general, como forro, cubierta metálica continua ó armadura.

TABLA 310-64.- Espesor de aislamiento para cables aislados con dieléctrico sólido de 2001 a 35000 Volt (en mm)

CALIBRE DEL	VOLT
-------------	------

CONDUCTOR EN AWG / Kcmils	2001- 5000	5001-8000		8001-15000		15001-25000		25001-28000		28001-35000	
	NIVEL DE AISLAMIENTO										
	100%- 133%	100 %	133%	100%	133%	100%	133%	100 %	133%	100%	133%
8	2,29	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6 - 4	2,29	2,9	3,56	---	---	---	---	---	---	---	---
2	2,29	2	3,56	4,45	5,46	---	---	---	---	---	---
1	2,29	2,9	3,56	4,45	5,46	6,60	8,76	7,11	8,76	---	---
1/0 - 1000	2,29	2	3,56	4,45	5,46	6,60	8,76	7,11	8,76	8,76	10,67
		2,9									
		2									

Definiciones:

Nivel de aislamiento 100%. Se permite utilizar cables de esta categoría cuando la instalación tenga protección por relés, de modo que las fallas a tierra se eliminen lo más rápidamente posible y en cualquier caso antes de un minuto. Aunque estos cables se pueden utilizar en la gran mayoría de las instalaciones con neutro a tierra, también está permitido utilizarlos en otras instalaciones en las que sea aceptable su uso, siempre que se cumplan los anteriores requisitos, desactivando completamente la sección en la que se produzca la falla.

Nivel de aislamiento 133%. Este nivel de aislamiento corresponde al que se establecía anteriormente para instalaciones sin puesta a tierra. Se permite utilizar cables de esta categoría cuando no se puedan alcanzar los requisitos de 100% de aislamiento pero sea necesario mantener un nivel de seguridad adecuado para que la parte en que se haya producido la falla quede sin corriente en menos de una hora. Se permite también utilizarlos cuando se quiera conseguir un nivel de aislamiento superior al 100%.

ANEXO 3

**Factores de corrección de la intensidad máxima
admisible para cables**

ANEXO 3

FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE PARA CABLES

Tipo de aislamiento	Tipo de tendido	Temperatura (°C)									
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Todos los tipos	fijo en aire	1,25	1,20	1,15	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,83	0,77
Todos los tipos	fijo en tierra	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	-	-

Cuadro 3.1 Factores de corrección de la intensidad máxima admisible para cables a temperatura ambiente distinta de 40°C

Resistividad térmica del terreno	(°C * cm / W)					
	80	100	120	150	200	250
Unipolares	1,09	1,00	0,93	0,85	0,75	0,68
Tripolares	1,07	1,00	0,94	0,87	0,78	0,71

Cuadro 3.2 Factores de corrección de la intensidad máxima admisible para cables con resistividad térmica del terreno distinta a 100 °C*cm / W

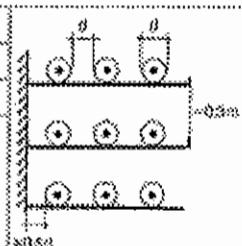
CABLES INSTALADOS AL AIRE EN CANALES O GALERIAS (Cables tripolares o ternas de cables unipolares instalados al aire y agrupados):

En ciertas condiciones de instalación el calor disipado por los cables no puede difundirse libremente y provoca un aumento de la temperatura ambiente. La magnitud depende de muchos factores y debe ser determinada en cada caso.

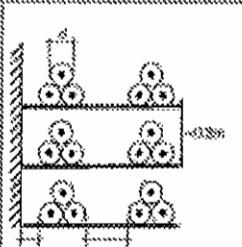
En una valoración aproximada debe tenerse presente que el aumento de temperatura es del orden de los 10 – 15 ° C, por lo que la intensidad admisible deberá reducirse con los factores de corrección indicados.

Numero de bandejas	Numero de cables por bandeja	Numero de cables por bandeja			
		2	3	6	9
1		0,84	0,80	0,75	0,73
2		0,80	0,76	0,71	0,69
3		0,78	0,74	0,70	0,68
6		0,76	0,72	0,68	0,66

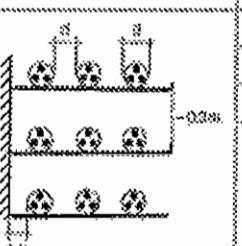
Cuadro 3.3 Factor de corrección para bandejas continuas en contacto con la pared y entre sí y con las bandejas separadas más de 20 cm

Numero de bandejas		Numero de sistemas de cables unipolares por bandeja		
		1	2	3
1		0,92	0,89	0,88
2		0,87	0,84	0,83
3		0,84	0,82	0,81
6		0,82	0,80	0,79

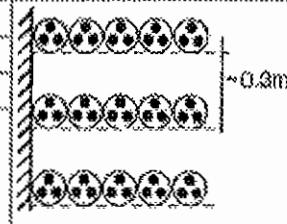
Cuadro 3.4 Factor de corrección para bandejas continuas, distanciados de la pared más de 20 mm. y separados entre sí un diámetro.

Numero de bandejas		Numero de cables por bandeja			
		1	2	3	6
1		0,95	0,90	0,88	0,85
2		0,90	0,85	0,83	0,81
3		0,88	0,83	0,81	0,79
6		0,86	0,81	0,79	0,77

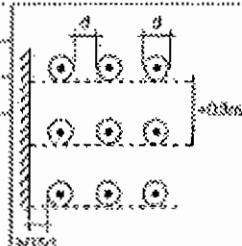
Cuadro 3.5 Factor de corrección para bandejas continuas, distanciados de la pared más de 20 mm. y separados entre sí dos diámetros.

Numero de bandejas		Numero de cables tripolares por bandeja			
		1	2	3	6
1		0,95	0,90	0,88	0,85
2		0,90	0,85	0,83	0,81
3		0,88	0,83	0,81	0,79
6		0,86	0,81	0,79	0,77

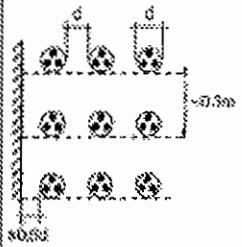
Cuadro 3.6 Factor de corrección para bandejas continuas, distanciados de la pared más de 20 mm. y separados entre sí un diámetro

Numero de bandejas		Numero de cables tripolares por bandeja			
		2	3	6	9
1		0,84	0,80	0,75	0,73
2		0,80	0,76	0,71	0,69
3		0,78	0,74	0,70	0,68
6		0,76	0,72	0,68	0,66

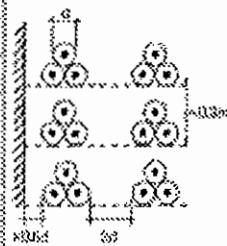
Cuadro 3.7 Factor de corrección para bandejas perforadas, en contacto entre sí.

Numero de bandejas		Numero de sistemas de cables unipolares por bandeja		
		1	2	3
1		1,00	0,97	0,96
2		0,97	0,94	0,93
3		0,96	0,93	0,92
6		0,94	0,91	0,90

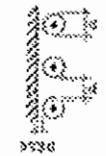
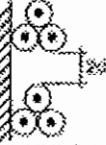
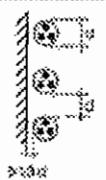
Cuadro 3.8 Factor de corrección para bandejas perforadas, separados un diámetro.

Numero de bandejas		Numero de cables tripolares por bandeja			
		2	3	6	9
1		1,00	0,98	0,96	0,93
2		1,00	0,95	0,93	0,90
3		1,00	0,94	0,92	0,89
6		1,00	0,93	0,90	0,87

Cuadro 3.9 Factor de corrección para bandejas perforadas, separados un diámetro.

Numero de bandejas		Numero de sistemas de cables unipolares por bandeja			
		2	3	6	9
1		1,00	0,98	0,96	0,93
2		1,00	0,95	0,93	0,90
3		1,00	0,94	0,92	0,89
6		1,00	0,93	0,90	0,87

Cuadro 3.10 Factor de corrección para bandejas perforadas, separados dos diámetros.

		Numero de cables o sistemas			
		1	2	3	6
Unipolares separados de la pared y entre si		0,94	0,91	0,89	-
Unipolares en trébol sobre pared		0,89	0,86	0,84	-
Multipolares en contacto sobre la pared		0,95	0,78	0,73	0,68
Multipolares separados de la pared y entre si un diámetro		1,00	0,93	0,90	0,87

Cuadro 3.11 Factor de corrección para Verticales, dispuestos sobre pared y separados.

Nota: Para separaciones entre sí mayores a dos diámetros (o 4d en los cables unipolares en trébol) no se requiere corrección.

FACTORES DE CORRECCIÓN PARA LOS CABLES ENTERRADOS

Si los cables están enterrados a temperatura diferente de la prevista (25°C), se multiplicará el valor de la intensidad máxima de servicio por los factores de corrección expuestos en los siguientes Cuadros:

Factor de corrección = 0.8

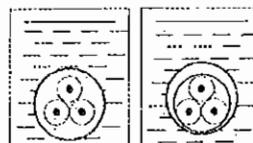
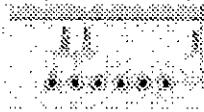
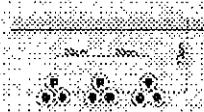
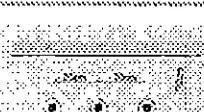
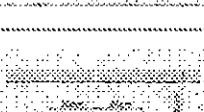


Figura 3.1 Factor de corrección para cables enterrados en ductos

		Numero de cables o sistemas			
		2	3	4	5
Numero de sistemas separados entre si 7cm y a 70cm de profundidad		0,84	0,73	0,68	0,65
Tres cables unipolares en trébol separados 7cm y a 70cm de profundidad		0,82	0,70	0,64	0,60
Tres cables unipolares en trébol separados 25cm y a 70cm de profundidad		0,86	0,77	0,74	0,69
Un cable tripolar por ducto separado 7cm entre si y a 70cm de profundidad		0,84	0,73	0,67	0,63
Un cable tripolar por ducto con los ductos en contacto entre si y a 70cm de profundidad		0,80	0,70	0,64	0,60

Cuadro 3.12 Factor de corrección para Cables directamente enterrados

Ejemplo de aplicación de los factores de corrección:

Supongamos un cable subterráneo tripolar de cobre para 3,6/6 kV, aislado con papel impreganado, con una sección de 16mm². Vamos a suponer que llevamos este cable, a través de un ducto sobre un terreno en el que, por mediciones, sabemos que la temperatura es de 15°C. Según las Cuadros tendremos:

Intensidad máxima admisible en condiciones normales: 65 A (**Anexo 2**)

Factor de corrección en ductos: 0.80 (Fig. 3.1)

Factor de corrección para una temperatura ambiente de 15C: 1.07 (Cuadro 3.3)

Intensidad máxima admisible en servicio permanente:

$$65 \times 0.8 \times 1.07 = 55.6 \text{ A}$$

TABLA 310-16.- Capacidades de corriente (A) permisibles de conductores aislados de 0 a 2000 Volt y 60 °C a 90 °C no más de tres conductores activos en una canalización, cables o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30° C.

CALIBRE	TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR (VER TABLA 310-13)						SECCIÓN
	60° C	75° C	90° C	60° C	75° C	90° C	
AWG/ Kcmil	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USI-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XIII, XIIIW, XIIIW-2, ZW-2	AWG/ Kcmil
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18	....	....	14	....	....	....	....
16	....	....	18	....	....	....	....
14	20*	20*	25*	....	....	....	....
12	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
10	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000

FACTORES DE CORRECCION							
TEMPERATURA AMBIENTE EN °C	PARA TEMPERATURA AMBIENTE DISTINTA DE 30 °C, MULTIPLICAR LAS ANTERIORES CAPACIDADES DE CORRIENTE POR EL CORRESPONDIENTE FACTOR ABAJO INDICADO						
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	

* Si no se permite otra cosa específicamente en otro lugar de este Código, la protección contra sobreintensidad de los conductores marcados con un asterisco (*), no deben superar los 15 Ampere para el número 14 AWG; 20 Ampere para el número 12 AWG y 30 Ampere para el número 10 AWG, todos de cobre; o 15 Ampere para el número 12 AWG y 25 Ampere para el número 10 AWG de aluminio y aluminio recubierto de cobre, una vez aplicados todos los factores de corrección por la temperatura ambiente y el número de conductores.

TABLA 310-17.- Capacidad de corriente (A) permisible en cables monoplares aislados de 0 a 2000 Volt al aire libre, para una temperatura ambiente de 30° C

CALIBRE AWG / Kcmil	TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR (VER TABLA 310-13)						SECCIÓN AWG / Kcmil
	60° C	75° C	90° C	60° C	75° C	90° C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THV-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XIII, XHHW, XHHW- 2, ZW-2	
COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
18	...	...	18	...	...	...	...
16	...	...	24	...	...	...	...
14	25*	30*	35*	...	...	...	...
12	30*	35*	40*	25*	30*	35*	12
10	40	50*	55*	35*	40*	40*	10
8	60	70	80	45	55	60	8
6	80	95	105	60	75	80	6
4	105	125	140	80	100	110	4
3	120	145	165	95	115	130	3
2	140	170	190	110	135	150	2
1	165	195	220	130	155	175	1
1/0	195	230	260	150	180	205	1/0
2/0	225	265	300	175	210	235	2/0
3/0	260	310	350	200	240	275	3/0
4/0	300	360	405	235	280	315	4/0
250	340	405	455	265	315	355	250
300	375	445	505	290	350	395	300
350	420	505	570	330	395	445	350
400	455	545	615	355	425	480	400
500	515	620	700	405	485	545	500
600	575	690	780	455	540	615	600
700	630	755	855	500	595	675	700
750	655	785	855	515	620	700	750
800	680	815	920	535	645	725	800
900	730	870	985	580	700	785	900
1000	780	935	1055	625	750	845	1000
1250	890	1065	1200	710	855	960	1250
1500	980	1175	1325	795	950	1075	1500
1750	1070	1280	1445	875	1050	1185	1750
2000	1155	1385	1560	960	1150	1335	2000

FACTORES DE CORRECCION

TEMPERATURA AMBIENTE EN °C	PARA TEMPERATURA AMBIENTE DISTINTA DE 30° C, MULTIPLICAR LAS ANTERIORES CAPACIDADES DE CORRIENTE POR EL CORRESPONDIENTE FACTOR ABAJO INDICADO					
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

* Si no se permite otra cosa específicamente en otro lugar de este Código, la protección contra sobreintensidad de los conductores marcados con un asterisco (*), no deberá superar los 15 Ampere para el número 14; 20 Ampere para el número 12 y 30 Ampere para el número 10, todos de cobre; o 15 Ampere para el número 12 y 25 Ampere para el número 10 de aluminio y aluminio recubierto de cobre.

TABLA 310-18.- Capacidad de corriente (A) permisible en tres cables monoplares aislados de 0 a 2000 Volt y 150° C a 250° C en canalizaciones o cables, para una temperatura ambiente de 40° C

CALIBRE	TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR (VER TABLA 310-13)				CALIBRE
AWG / Kcmil	150° C	200° C	250° C	150° C	AWG/ Kcmil
	TIPO Z	TIPOS FEP, FEPB, PFA	TIPOS PFAH, TFE	TIPO Z	
	COBRE		NIQUEL O NIQUEL RECUBIERTO DE COBRE	ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	
14	34	36	39	...	14
12	43	45	54	30	12
10	55	60	73	44	10
8	76	83	93	57	8
6	96	110	117	75	6
4	120	125	148	94	4
3	143	152	166	109	3
2	160	171	191	124	2
1	186	197	215	145	1
1/0	215	229	244	169	1/0
2/0	251	260	273	198	2/0
3/0	288	297	308	227	3/0
4/0	332	346	361	260	4/0
250	...	...	...	...	250
300	...	...	...	...	300
350	...	...	...	...	350
400	...	...	...	...	400
500	...	...	...	...	500
600	...	...	...	...	600
700	...	...	...	...	700
750	...	...	...	...	750
800	...	...	...	...	800
1000	...	...	...	...	1000
1500	...	...	...	...	1500
2000	...	...	...	...	2000
FACTORES DE CORRECCION					
TEMPERATURA AMBIENTE EN °C	PARA TEMPERATURA AMBIENTE DISTINTA DE 40° C, MULTIPLICAR LAS ANTERIORES CAPACIDADES DE CORRIENTE POR EL CORRESPONDIENTE FACTOR ABAJO INDICADO				
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 310-19.- Capacidad de corriente (A) permisible en cables monopolares aislados de 0 A 2000 Volt, 150 °C A 250 °C al aire libre para una temperatura ambiente de 40 °C

CALIBRE	TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR (VER TABLA 310-13)	CALIBRE
---------	--	---------

AWG / Kcmil	150° C	200° C	CONDUCTORES DESNUDOS O CUBIERTOS	250° C	150° C	AWG / Kcmil
	TIPO Z	TIPOS FEP, FEPB, PFA		TIPOS PFAH, TFE	TIPO Z	
	COBRE			NIQUEL O DE COBRE RECUBIERTO DE NIQUEL	ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	
14	46	54	30	59	....	14
12	60	68	35	78	47	12
10	80	90	50	107	63	10
8	106	124	70	142	83	8
6	155	165	95	205	112	6
4	190	220	125	278	148	4
3	214	252	150	327	170	3
2	255	293	175	381	198	2
1	293	344	200	440	228	1
1/0	339	399	235	532	263	1/0
2/0	390	467	275	591	305	2/0
3/0	451	546	320	708	351	3/0
4/0	529	629	370	830	411	4/0
250	....	....	415	....	....	250
300	....	....	460	....	....	300
350	....	....	520	....	....	350
400	....	....	560	....	....	400
500	....	....	635	....	....	500
600	....	....	710	....	....	600
700	....	....	780	....	....	700
750	....	....	805	....	....	750
800	....	....	835	....	....	800
900	....	....	865	....	....	900
1000	....	....	895	....	....	1000
1500	....	....	1205	....	....	1500
2000	....	....	1420	....	....	2000

FACTORES DE CORRECCION

TEMPERA-TURA AMBIENTE EN °C	PARA TEMPERATURA AMBIENTE DISTINTA DE 40° C, MULTIPLICAR LAS ANTERIORES CAPACIDADES DE CORRIENTES POR EL CORRESPONDIENTE FACTOR ABAJO INDICADO					
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	....

ANEXO 4

**Requisitos mínimos de profundidad de los cables
enterrados en instalaciones de 0-600 voltios nominales**

TABLA 300-5. Requisitos de recubrimiento mínimo para sistemas de 0 a 600 Volt nominal, recubrimiento en centímetros (recubrimiento definido como la distancia media entre el punto superior de la superficie de cualquiera conductor, cable, tubería o canalización enterrada y el punto superior de la superficie terminada).

Ubicación del método de cableado o circuito	Método de cableado o circuito				
	1 Conductores o cables directamente enterrados	2 Tubo metálico rígido o tubo metálico intermedio	3 Canalizaciones no metálicas aprobadas para ser directamente enterrada sin ser embutidos en concreto	4 Circuitos ramales residenciales a 120 Volt o menos con protección GFCI y protección de sobre corriente máxima de 20 Ampere	5 Circuitos para control de irrigación e iluminación limitado o no a más de 30 Volt e instalado con cable tipo UF o en otro tipo de cable o canalización
Todas las instalaciones no indicadas abajo	61	15,2	45	30	15
En trinchera debajo de una capa de concreto de 2" (5,08 cm) de espesor o equivalente	45	15	30	15	15
Debajo de un edificio	(En canalización solamente)	0	0	0 (En canalización solamente)	0 (En canalización solamente)
Bajo una losa de concreto de 4" (10,2 cm) de espesor como mínimo, con tráfico no vehicular y losa extendida a no menos de 6" (15,2 cm) fuera del alcance de la instalación subterránea	45	10	10	15 (Directamente enterrado) 10 (En canalización)	15 (Directamente enterrado) 10 (En canalización)
Bajo calles, autopistas, caminos, callejones, calzada de entrada y estacionamientos	61	61	61	61	61
Calzadas de una o dos habitaciones familiares, área de estacionamientos y usadas solamente para propósitos habitacionales.	45	45	45	30	45
En o debajo de pistas de aterrizaje de aeropuertos, incluyendo áreas adyacentes donde el piso esté prohibido.	45	45	45	45	45
<p>Nota 1: Canalizaciones aprobados para ser embutidos en concreto, requiere ser envueltas en no menos de 5 cm de espesor de concreto.</p> <p>Nota 2: Recubrimientos menores permitidos donde se requieran salidas de cables y conductores para terminaciones o empalmes o accesos.</p> <p>Nota 3: En donde uno de los métodos de cableados listados en las columnas 1 – 3 es usado para uno de los circuitos indicados es la columna 4 y 5, se permitirán recubrimientos menores.</p> <p>Nota 4: En donde exista roca sólida, los cableados serán instalados en canalizaciones metálicas, o no metálicas, permitidas para ser directamente enterradas. Las canalizaciones serán cubiertas con un mínimo de 5 cm de concreto.</p>					

ANEXO 5

**Requisitos mínimos de profundidad de los cables
enterrados en instalaciones de más de 600 voltios
nominales**

Tabla 710-4(b). Requisitos mínimos de profundidad de los cables enterrados (en centímetros) (1)

Voltaje del circuito	Cables directamente enterrados	Tubería rígida no metálica aprobada para colocarse directamente enterrada (2)	Tubería metálica rígida y tubería metálica intermedia
De 600 V hasta 22 kV	75	45	15
De 22 kV a 40 kV	90	60	15
De más de 40 kV	105	75	15

NOTAS DE LA TABLA:

- (1) *Se define profundidad como la distancia más corta en cm, medida entre un punto situado en la superficie más alta de cualquier cable, conduit, conductor u otra canalización que se encuentren directamente enterrados, y la parte superior de la superficie del suelo, bien sea piso acabado, concreto o cubierta similares.*
- (2) *Estas tuberías deben estar aprobadas por un organismo calificado como adecuado para estar directamente enterradas. Todos los demás sistemas no metálicos requerirán una capa de concreto de 5 cm por encima de la tubería además de la profundidad indicada en la tabla.*

ANEXO 6

Calibres estandarizados de los conductores

ANEXO 6
CALIBRES ESTANDARIZADOS DE LOS CONDUCTORES

AWG ó MCM	mm²	AWG ó MCM	mm²
25	0.163	1/0	53.46
24	0.205	2/0	67.49
23	0.259	3/0	84.85
22	0.325	4/0	107.15
21	0.412	250	126.9
20	0.519	300	152.3
19	0.653	350	177.5
18	0.817	400	203.2
17	1.039	500	253.3
16	1.307	600	303.2
15	1.651	700	253.9
14	2.087	750	380.8
13	2.63	800	404.3
12	3.301		
11	4.15		
10	5.27		
9	6.65		
8	8.35		
7	10.52		
6	13.27		
5	16.76		
4	21.16		
3	26.69		
2	33.59		
1	42.43		

ANEXO 7

Hojas técnicas de cables de diferentes fabricantes

**TECK 90 (MINUS 40°C) HL ARMORED POWER CABLE
FT-4, 600 TO 1000 VOLT
CROSS-LINKED POLYETHYLENE INSULATION (XLP) (RW90)
SINGLE AND MULTI-CONDUCTOR
90°C CONDUCTOR TEMPERATURE**

DESCRIPTION:

This specification covers single and multi-conductor Teck 90 (minus 40°C) HL armored power cables insulated with cross-linked polyethylene (XLP), the insulated conductors cabled with ground wire, the entire assembly covered with an inner PVC jacket, then encased in interlocked armor and a protective PVC jacket overall. All cables produced under this specification are suitable for a maximum of 1000 volt operation. Type Teck 90 cables meet the requirements of the Canadian Electric Code (CEC), Part 1 and conform to the Canadian Standards Association (CSA) Standards. These cables also comply in all respects with UL, ICEA and NEMA Standards and can be dual rated UL and CSA upon request.

APPLICATION:

The cables are intended for use in industrial applications in power, lighting and control circuits, such as pulp and paper mills, mines, industrial plants, or generating stations. Teck cables are recommended for severe operating conditions, in wet or dry locations, installed in corrosive environments and are resistant to mechanical abuse, moisture and ozone. They may be installed in racks, trays, ladders or cable troughs, indoors or outdoors, at maximum continuous conductor temperature of 90°C, 130°C emergency overload, and 250°C short circuit condition. They are also listed for direct burial use.

CONSTRUCTION DATA AND SPECIFICATIONS:

Conductors - The conductors consist of uncoated soft copper meeting the requirements of ASTM B-3. Unless otherwise specified, Class B stranding will be supplied. The stranding meets the requirements of ASTM B-8 for copper conductors.

Insulation - The insulation is cross-linked polyethylene (XLP), extruded concentrically over the conductor to the wall thickness, as specified by UL 44, ICEA S-66-524, NEMA WC-7 and C22.2 No. 38 for RW90 of the CSA. Ethylene-propylene rubber (EPR) insulation conforming to ICEA S-68-516, NEMA WC-8 and CSA C22.2 No. 131 is available upon request.

Conductor Coding - Phase identification is provided by a suitable marking on each insulated conductor.

Grounding Conductor - In single conductor cable the ground conductor is a serving of concentric uncoated bare-copper wires applied helically with a suitable lay, over the insulated conductor, per CSA C22.2 No. 131, part 4.2.3. In multi-conductor assemblies, one stranded uncoated bare-copper ground conductor will be located in one of the outer interstices, when specified, per CSA C22.2 No. 131, part 4.2.2 and Table 1. Special ground wire requirements are available upon request, such as 50% of phase conductor or more than the normal one ground conductor.

Assembly - The assembly of multi-conductor cables is done by cabling together the required number of insulated conductors and ground wire, with a suitable left hand lay in accordance with CSA, UL 1569 and ICEA-NEMA Standards. Suitable fillers will be used in the interstices when required to make the cable round. A binder tape is applied over the entire assembly.

Inner Jacket - Over the taped cable assembly is extruded an inner jacket of polyvinyl chloride (PVC), suitable for temperatures down to minus 40°C per CSA C22.2 No. 131, part 4.1.

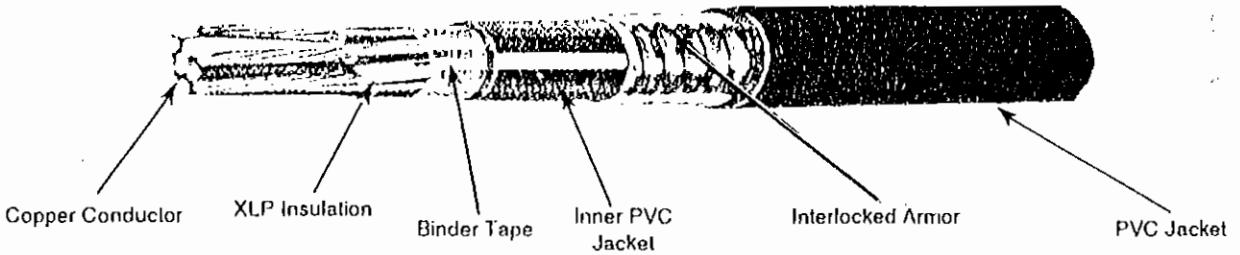
Armor - Applied over the inner PVC jacket, is a positively interlocking armor of either galvanized steel or aluminum, which meets the requirements of UL 1569, ICEA S-66-524, NEMA WC-7 Standards and CSA C22.2 No. 131.

Overall Jacket - When required, a protective sunlight and ozone resistant jacket of polyvinyl chloride (PVC), suitable for installation in temperatures down to minus 40°C, is extruded over the interlocked armor following the corrugations of the armor and adhering tightly throughout. The jacket is applied to the dimensions as specified by UL 1569, and meets the requirements of ICEA S-66-524, NEMA WC-7 and CSA C22.2 No. 131.

Tests - The finished cable will meet all test requirements as specified by CSA C22.2 No. 131, ICEA S-66-524, NEMA WC-7, UL 44 and 1569. 1000 volt is not recognized by UL. The cables are approved for use in hazardous locations per CSA C22.2 No. 174 and pass FT-4 70,000 BTU/HR Cable Flame Test per CSA 22.2 No.0.3.

EXECUTIVE OFFICES: BELLMAWR, N.J. 08099-0638
SALES OFFICES: ATLANTA, GA. / CITY OF INDUSTRY, CA. / BELLMAWR, N.J.
MANUFACTURING PLANT: VIRGINIA BEACH, VA.
TELEPHONE: (609) 933-1000 / (800) 257-0167 FAX: (609) 933-1006





90°C CONDUCTOR TEMPERATURE

No. of Conductors	#14AWG - 7 Strand				#12AWG - 7 Strand				#10AWG - 7 Strand			
	Inner PVC Jacket In Mils	Approximate O.D. in Inches		Approximate Not Weight* LBS/ MFT	Inner PVC Jacket In Mils	Approximate O.D. in Inches		Approximate Not Weight* LBS/ MFT	Inner PVC Jacket In Mils	Approximate O.D. in Inches		Approximate Not Weight* LBS/ MFT
		Over Inner Jacket	Over Armor			Over Overall Jacket	Over Inner Jacket			Over Armor	Over Overall Jacket		Over Inner Jacket	Over Armor	Over Overall Jacket
	Insulation: 45 Mils Ground Conductor: 14AWG				Insulation: 45 Mils Ground Conductor: 14AWG				Insulation: 45 Mils Ground Conductor: 12AWG			

MULTI-CONDUCTOR 1000 VOLT

2	45	0.41	0.63	0.75	211	45	0.45	0.67	0.73	237	45	0.51	0.73	0.84	288
3	45	0.43	0.65	0.76	232	45	0.47	0.69	0.81	273	45	0.53	0.76	0.88	340
4	45	0.49	0.70	0.83	267	45	0.53	0.74	0.87	314	45	0.61	0.83	0.95	402
5	45	0.54	0.75	0.87	299	45	0.58	0.80	0.92	360	60	0.69	0.91	1.02	477
6	45	0.57	0.79	0.91	329	60	0.67	0.88	1.00	427	60	0.75	0.97	1.09	541
7	45	0.58	0.80	0.92	350	60	0.68	0.90	1.01	453	60	0.76	0.98	1.10	587
8	60	0.66	0.88	1.00	407	60	0.74	0.96	1.07	500	60	0.83	1.07	1.19	680
9	60	0.70	0.92	1.03	438	60	0.77	0.99	1.11	537	60	0.87	1.11	1.23	736
10	60	0.75	0.97	1.08	474	60	0.83	1.07	1.19	618	60	0.94	1.17	1.29	798
11	60	0.75	0.98	1.08	489	60	0.84	1.08	1.20	648	60	0.95	1.19	1.30	845
12	60	0.78	1.00	1.11	510	60	0.87	1.10	1.22	690	80	1.02	1.27	1.38	942
13	60	0.79	1.01	1.12	536	60	0.88	1.12	1.24	721	80	1.03	1.28	1.40	989
14	60	0.84	1.08	1.19	611	60	0.92	1.16	1.28	762	80	1.09	1.33	1.44	1050
15	60	0.86	1.08	1.20	628	60	0.94	1.18	1.29	793	80	1.10	1.34	1.45	1092
16	60	0.88	1.10	1.22	649	60	0.97	1.20	1.32	824	80	1.13	1.38	1.49	1154
17	60	0.89	1.12	1.24	679	80	1.03	1.28	1.39	916	80	1.16	1.40	1.52	1215
18	60	0.91	1.14	1.27	711	80	1.06	1.30	1.42	948	80	1.19	1.43	1.55	1255
19	60	0.92	1.16	1.28	732	80	1.07	1.31	1.43	978	80	1.20	1.44	1.56	1298
20	60	0.94	1.18	1.29	752	80	1.09	1.33	1.44	1009	80	1.22	1.46	1.58	1360
25	80	1.09	1.33	1.45	927	80	1.21	1.45	1.57	1195	80	1.38	1.62	1.74	1607
30	80	1.17	1.42	1.54	1071	80	1.31	1.55	1.66	1380	80	1.49	1.73	1.85	1895
40	80	1.30	1.55	1.67	1298	80	1.47	1.71	1.83	1710	80	1.67	1.95	2.09	2420
50	80	1.43	1.67	1.79	1504	80	1.61	1.85	1.97	2060	80	1.82	2.09	2.22	2885
60	80	1.56	1.80	1.93	1772	80	1.75	2.02	2.17	2472	-	-	-	-	-
70	80	1.65	1.93	2.07	2039	80	1.85	2.12	2.27	2781	-	-	-	-	-
80	80	1.75	2.02	2.17	2266	110	2.02	2.29	2.44	3245	-	-	-	-	-
90	80	1.83	2.09	2.22	2525	110	2.15	2.42	2.55	3605	-	-	-	-	-
100	110	2.00	2.27	2.42	2884	110	2.24	2.51	2.68	3965	-	-	-	-	-

*Weights based on aluminum armor assembly.
 Ampacity: Size 14AWG - 15 Amps; Size 12AWG - 20 Amps; Size 10AWG - 30 Amps.

The above data is approximate and subject to normal manufacturing tolerances.

EXECUTIVE OFFICES: BELLMAWR, N.J. 08099-0638
 SALES OFFICES: ATLANTA, GA. / CITY OF INDUSTRY, CA / BELLMAWR, N.J.
 MANUFACTURING PLANT: VIRGINIA BEACH, VA.
 TELEPHONE: (609) 933-1000 / (800) 257-8167 FAX: (609) 933-1006



INTERLOCKED ARMORED POWER CABLE 5000 TO 35000 VOLT, SHIELDED CROSS-LINKED POLYETHYLENE INSULATION (XLP) TYPE MV-90 OR TYPE MC, MULTI-CONDUCTOR

DESCRIPTION:

This specification covers multi-conductor power cable insulated with cross-linked polyethylene (XLP), the insulated conductors cabled with ground wire, the entire assembly encased in interlocked armor, with a protective PVC jacket over the armor. All cables produced under this specification are suitable for 5000 to 35000 volt operation at 100 and 133% insulation levels. Multi-conductor shielded interlocked armored cables are Type MC, metal clad or Type MV-90 per Article 326 and 334 of the NEC. Multi-conductor interlocked armored cables meet the requirements for use in NEC Class I and II, Division 2 and Class III, Division 1 and 2, Hazardous Locations. These cables comply in all respects with ICEA and NEMA Standards.

APPLICATION:

The cables are intended for use in industrial applications where the protection of steel or aluminum armor is necessary. The cables may be used in wet or dry locations, installed in racks, trays or aerially, indoors or outdoors, at continuous conductor temperature of 90°C, 130°C emergency overload, and 250°C short circuit conditions. They are also listed for direct burial use.

CONSTRUCTION DATA AND SPECIFICATIONS:

Conductors - The conductors consist of uncoated soft copper meeting the requirements of ASTM B-3. Unless otherwise specified, Class B stranding will be supplied. The stranding meets the requirements of ASTM B-8 for copper conductors.

Conductor Shield - The conductor shielding consists of an extruded semi-conducting layer meeting the requirements of UL 1072 and ICEA S-66-524.

Insulation - The insulation is cross-linked polyethylene (XLP), extruded concentrically over the conductor to the wall thickness, as specified by UL 1072, ICEA S-66-524, and NEMA WC-7.

Insulation Shielding - Insulation shielding consists of a semi-conducting extruded compound or semi-conducting tape and an uncoated lapped copper metallic tape or a serving of uncoated copper wires meeting the requirements of UL 1072, ICEA S-66-524 and NEMA WC-7.

Conductor Coding - Phase identification is provided by a suitable marking on each insulated conductor.

Ground Wire - One stranded uncoated bare-copper ground conductor will be located in one of the outer interstices (3-conductor) or one in each of two opposite interstices (4-conductor) when specified, per UL 1072, Table 20-1. Special ground wire requirements are available upon request, such as 50% of phase conductor or more than the normal one ground conductor.

Assembly - The assembly of multi-conductor cables is done by cabling together the required number of insulated conductors and ground wire, with a suitable left hand lay in accordance with UL 1072 and ICEA-NEMA Standards. Suitable fillers will be used in the interstices when required to make the cable round. A binder tape is applied over the entire assembly.

Armor - Over the taped cable assembly there is a positively interlocking armor of either galvanized steel or aluminum, which meets the requirements of UL 1072, ICEA S-66-524 and NEMA WC-7 Standards.

Jacket - When required a protective sunlight and ozone resistant jacket of polyvinyl chloride (PVC) is extruded over the interlocked armor following the corrugations of the armor and adhering tightly throughout. The jacket is applied to the dimensions as specified by UL 1072, and meets the requirements of ICEA S-66-524 and NEMA WC-7. Polyethylene (PE), chlorinated polyethylene (CPE) and (-40°C) PVC jackets are available upon request.

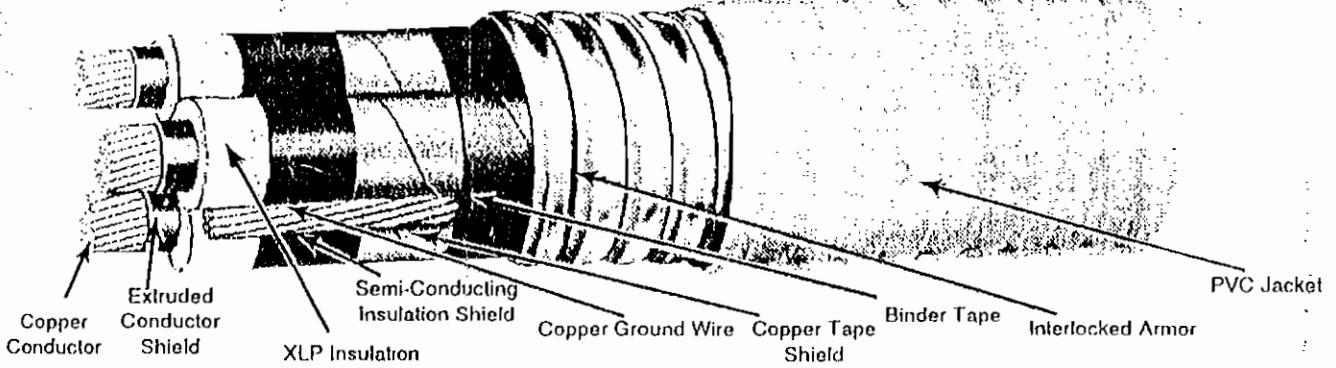
Tests - The finished cable will meet all test requirements as specified by ICEA S-66-524, NEMA WC-7 and UL 1072. Cables pass UL and IEEE-383 Ribbon Burner Flame Tests and are suitable for CT Use. When requested, cables can be supplied that pass the ICEA 210,000 BTU/HR Ribbon Burner Flame Tests.

EXECUTIVE OFFICES: BELLMAWR, N.J. 03099-0630
SALES OFFICES: ATLANTA, GA. / CITY OF INDUSTRY, GA. / BELLMAWR, N.J.
MANUFACTURING PLANT: VIRGINIA BEACH, VA.
TELEPHONE: (609) 933-1000 / (800) 257-8167 FAX: (609) 933-1006



**INTERLOCKED ARMORED POWER CABLE, 8000 VOLT
XLP, SHIELDED**

SPEC 3-62-2
5M-3-1



90°C CONDUCTOR TEMPERATURE, WET OR DRY, 100% (GROUNDED) OR 133% (UNGROUNDED) INSULATION LEVEL

Product Code		Conductor		Insulation in Mills	Overall Jacket in Mills	Size* AWG Copper Ground Wire	Approximate O.D. in Inches	Ampacity+ 40°C Ambient	Approximate Net Weight ^ LBS/MFT
Aluminum Armor	Galvanized Armor	Size AWG or MCM	No. of Strands						

**THREE CONDUCTOR 5000 VOLT, SHIELDED, 133% INSULATION LEVEL (UNGROUNDED)
THREE CONDUCTOR 8000 VOLT, SHIELDED, 100% INSULATION LEVEL (GROUNDED)**

		6	7	115	50	6	1.65	79	928
		4	7	115	50	8	1.75	105	1253
		2	7	115	60	6	1.91	140	1608
		1	19	115	60	4	1.99	160	1932
		1/0	19	115	60	4	2.08	185	2228
		2/0	19	115	60	4	2.17	215	2512
		3/0	19	115	75	3	2.33	250	3070
		4/0	19	115	75	3	2.45	285	3591
		250	37	115	75	3	2.56	320	4043
		300	37	115	75	2	2.68	355	4728
		350	37	115	75	2	2.80	395	5440
		400	37	115	75	2	2.91	420	5988
		500	37	115	75	1	3.08	485	7113
		600	61	115	85	1	3.28	540	8234
		750	61	115	85	1/0	3.52	615	9867
		1000	61	115	85	1/0	4.03	705	12550

THREE CONDUCTOR 8000 VOLT, SHIELDED, 133% INSULATION LEVEL (UNGROUNDED)

		4	7	140	50	6	1.87	120	1380
		2	7	140	60	6	2.10	165	1763
		1	19	140	60	4	2.12	185	2097
		1/0	19	140	60	4	2.20	215	2304
		2/0	19	140	75	4	2.34	245	2685
		3/0	19	140	75	3	2.45	285	3171
		4/0	19	140	75	3	2.58	325	2688
		250	37	140	75	3	2.67	365	4137
		300	37	140	75	2	2.73	400	4776
		350	37	140	75	2	2.91	435	5465
		400	37	140	75	2	3.02	470	6016
		500	37	140	85	1	3.21	535	7126
		600	61	140	85	1	3.41	600	8357
		750	61	140	85	1/0	3.63	670	9913
		1000	61	140	85	1/0	4.12	770	12612

Note: *One ground conductor sized in accordance with UL 1072, Table 20-1. Other ground wire combinations are available.
+Based on three conductor cable isolated in air per NEC. For other installations refer to the NEC.

*Weights based on aluminum armor assembly.
The above data is approximate and subject to normal manufacturing tolerances.

EXECUTIVE OFFICES: BELLMAWN, N.J. 08099-0639
SALES OFFICES: ATLANTA, GA. / CITY OF INDUSTRY, GA. / BELLMAWN, N.J.
MANUFACTURING PLANT: VIRGINIA BEACH, VA.
TELEPHONE: (609) 933-1000 / (800) 257-0167 FAX: (609) 933-1006



INTERLOCKED ARMORED POWER CABLE 5000 TO 35000 VOLT, SHIELDED ETHYLENE-PROPYLENE RUBBER INSULATION (EPR) TYPE MV-90 OR TYPE MC, MULTI-CONDUCTOR

DESCRIPTION:

This specification covers multi-conductor power cable insulated with ethylene-propylene rubber (EPR), the insulated conductors cabled with ground wire, the entire assembly encased in interlocked armor, with a protective PVC jacket over the armor. All cables produced under this specification are suitable for 5000 to 35000 volt operation at 100 and 133% insulation levels. Multi-conductor shielded interlocked armored cables are Type MC, metal clad or Type MV-90 per Article 326 and 334 of the NEC. Multi-conductor interlocked armored cables meet the requirements for use in NEC Class I and II, Division 2 and Class III, Division 1 and 2, Hazardous Locations. These cables comply in all respects with ICEA and NEMA Standards.

APPLICATION:

The cables are intended for use in industrial applications where the protection of steel or aluminum armor is necessary. The cables may be used in wet or dry locations, installed in racks, trays or aerially, indoors or outdoors, at continuous conductor temperature of 90°C, 130°C emergency overload, and 250°C short circuit conditions. They are also listed for direct burial use.

CONSTRUCTION DATA AND SPECIFICATIONS:

Conductors - The conductors consist of uncoated soft copper meeting the requirements of ASTM B-3. Unless otherwise specified, Class B stranding will be supplied. The stranding meets the requirements of ASTM B-8 for copper conductors.

Conductor Shield - The conductor shielding consists of an extruded semi-conducting layer meeting the requirements of AEIC CS6, UL 1072 and ICEA S-68-516.

Insulation - The insulation is ethylene-propylene rubber (EPR), extruded concentrically over the conductor to the wall thickness, as specified by AEIC CS6, UL 1072, ICEA S-68-516, and NEMA WC-8.

Insulation Shielding - Insulation shielding consists of a

semi-conducting extruded compound or semi-conducting tape and an uncoated lapped copper (metallic tape or a serving of uncoated copper wires meeting the requirements of AEIC CS6, UL 1072, ICEA S-68-516 and NEMA WC-8 Standards.

Conductor Coding - Phase identification is provided by a suitable marking on each insulated conductor.

Ground Wire - One stranded uncoated bare-copper ground conductor will be located in one of the outer interstices (3-conductor) or one in each of two opposite interstices (4-conductor) when specified, per UL 1072, Table 20-1. Special ground wire requirements are available upon request, such as 50% of phase conductor or more than the normal one ground conductor.

Assembly - The assembly of multi-conductor cables is done by cabling together the required number of insulated conductors and ground wire, with a suitable left hand lay in accordance with UL 1072 and ICEA-NEMA Standards. Suitable fillers will be used in the interstices when required to make the cable round. A binder tape is applied over the entire assembly.

Armor - Over the taped cable assembly there is a positively interlocking armor of either galvanized steel or aluminum, which meets the requirements of UL 1072, ICEA S-68-516 and NEMA WC-8 Standards.

Jacket - When required a protective sunlight and ozone resistant jacket of polyvinyl chloride (PVC) is extruded over the interlocked armor following the corrugations of the armor and adhering tightly throughout. The jacket is applied to the dimensions as specified by UL 1072, and meets the requirements of ICEA S-68-516 and NEMA WC-8. Polyethylene (PE), (-40°C) PVC and chlorinated polyethylene (CPE) jackets are available upon request.

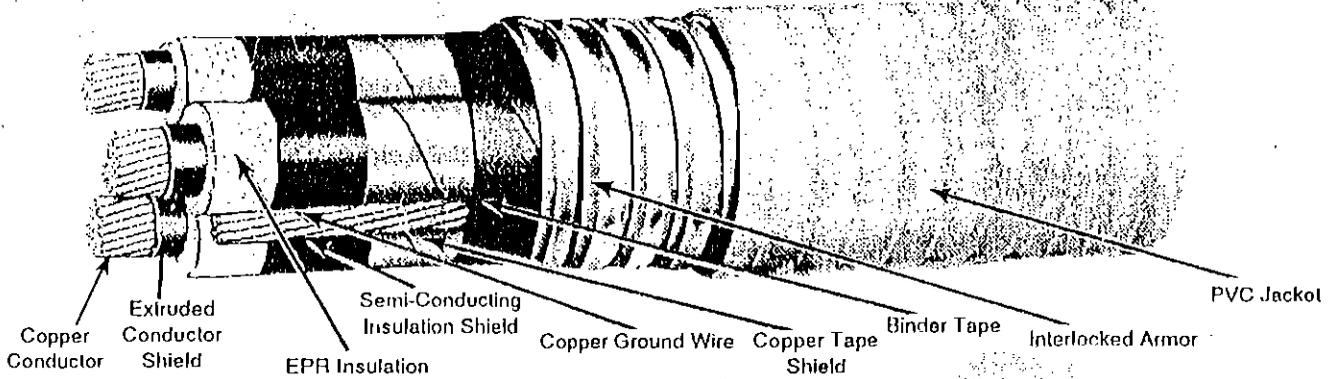
Tests - The finished cable will meet all test requirements as specified by ICEA S-68-516, NEMA WC-8 and UL 1072. Cables pass UL and IEEE-383 Ribbon Burner Flame Tests and are suitable for CT Use. When requested, cables can be supplied that pass the ICEA 210,000 BTU/HR Ribbon Burner Flame Tests.

EXECUTIVE OFFICES: BELLMAWR, N.J. 08099-0638
SALES OFFICES: ATLANTA, GA. / CITY OF INDUSTRY, CA. / BELLMAWR, N.J.
MANUFACTURING PLANT: VIRGINIA BEACH, VA.
TELEPHONE: (609) 933-1000 / (800) 257-8167 FAX: (609) 933-1006



**INTERLOCKED ARMORED POWER CABLE, 5000/8000 VOLT
EPR, SHIELDED**

SPEC 3-82-2
5M-3-1



90°C CONDUCTOR TEMPERATURE, WET OR DRY, 100% (GROUNDED) OR 133% (UNGROUNDED) INSULATION LEVEL

Product Code		Conductor		Insulation In Mils	Overall Jacket In Mils	Size* AWG Copper Ground Wire	Approximate O.D. In Inches	Capacity 40°C Ambient	Approximate Net Weight ^ LBS/MFT
Aluminum Armor	Galvanized Armor	Size AWG or MCM	No. of Strands						

**THREE CONDUCTOR 5000 VOLT, SHIELDED, 133% INSULATION LEVEL (UNGROUNDED)
THREE CONDUCTOR 8000 VOLT, SHIELDED, 100% INSULATION LEVEL (GROUNDED)**

		6	7	115	60	6	1.65	79	956
		4	7	115	50	6	1.75	105	1290
		2	7	115	60	6	1.91	140	1640
		1	19	115	60	4	1.89	160	1970
		1/0	19	115	60	4	2.00	185	2272
		2/0	19	115	60	4	2.17	215	2562
		3/0	19	115	75	3	2.33	250	3100
		4/0	19	115	75	3	2.45	285	3663
		250	37	115	75	3	2.56	320	4083
		300	37	115	75	2	2.68	355	4775
		350	37	115	75	2	2.80	395	5465
		400	37	115	75	2	2.91	420	6018
		500	37	115	75	1	3.08	485	7163
		600	61	115	85	1	3.20	540	8264
		750	61	115	85	1/0	3.52	615	9097
		1000	61	115	85	1/0	4.03	705	12580

THREE CONDUCTOR 8000 VOLT, SHIELDED, 133% INSULATION LEVEL (UNGROUNDED)

		4	7	140	50	6	1.87	120	1421
		2	7	140	60	6	2.10	165	1796
		1	19	140	60	4	2.12	185	2139
		1/0	19	140	60	4	2.20	215	2350
		2/0	19	140	75	4	2.34	245	2739
		3/0	19	140	75	3	2.45	285	3203
		4/0	19	140	75	3	2.58	325	3762
		250	37	140	75	3	2.67	365	4178
		300	37	140	75	2	2.73	400	4824
		350	37	140	75	2	2.91	435	5475
		400	37	140	75	2	3.02	470	6046
		500	37	140	85	1	3.21	535	7186
		600	61	140	85	1	3.41	600	8397
		750	61	140	85	1/0	3.63	670	9974
		1000	61	140	85	1/0	4.12	770	12665

Note: *One ground conductor sized in accordance with UL 1072, Table 20-1. Other ground wire combinations are available.
^Based on three conductor cable isolated in air per NEC. For other installations refer to the NEC.

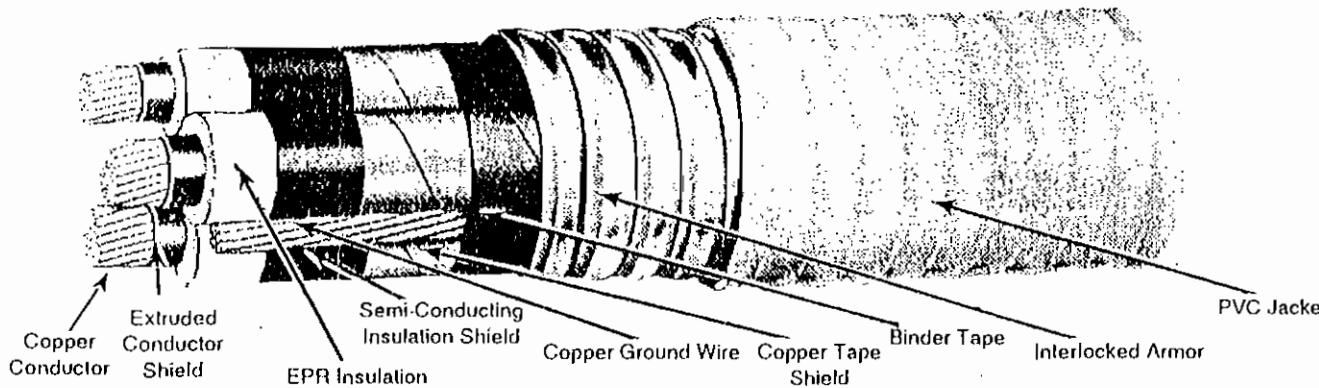
*Weights based on aluminum armor assembly.
The above data is approximate and subject to normal manufacturing tolerances.

EXECUTIVE OFFICES: BELLMAWR, N.J. 08099-0638
SALES OFFICES: ATLANTA, GA. / CITY OF INDUSTRY, CA. / BELLMAWR, N.J.
MANUFACTURING PLANT: VIRGINIA BEACH, VA.
TELEPHONE: (609) 933-1000 / (800) 257-8167 FAX: (609) 933-1006



**INTERLOCKED ARMORED POWER CABLE, 15000 VOLT
EPR, SHIELDED**

SPEC 3-82-3
SM-3-1



90°C CONDUCTOR TEMPERATURE, WET OR DRY, 100% (GROUNDED) OR 133% (UNGROUNDED) INSULATION LEVEL

Product Code		Conductor		Insulation In Mils	Overall Jacket In Mils	Size* AWG Copper Ground Wire	Approximate O.D. In Inches	Amperacity+ 40°C Ambient	Approximate Net Weight^ LBS/MFT
Aluminum Armor	Galvanized Armor	Size AWG or MCM	No. of Strands						

THREE CONDUCTOR 15000 VOLT, SHIELDED, 100% INSULATION LEVEL (GROUNDED)

		2	7	175	60	6	2.09	165	1879
		1	19	175	60	4	2.17	185	2174
		1/0	19	175	60	4	2.26	215	2449
		2/0	19	175	60	4	2.38	245	2796
		3/0	19	175	75	3	2.50	285	3255
		4/0	19	175	75	3	2.62	325	3796
		250	37	175	75	3	2.71	365	4273
		300	37	175	75	2	2.88	400	4919
		350	37	175	75	2	2.99	435	5498
		400	37	175	75	2	3.08	470	6064
		500	37	175	85	1	3.28	535	7233
		600	61	175	85	1	3.47	600	8449
		750	61	175	85	1/0	3.68	670	10050
		1000	61	175	85	1/0	4.05	770	12742

THREE CONDUCTOR 15000 VOLT, SHIELDED, 133% INSULATION LEVEL (UNGROUNDED)

		2	7	220	60	6	2.27	165	2094
		1	19	220	60	4	2.34	185	2408
		1/0	19	220	75	4	2.46	215	2669
		2/0	19	220	75	4	2.56	245	3028
		3/0	19	220	75	3	2.67	285	3499
		4/0	19	220	75	3	2.84	325	4048
		250	37	220	75	3	2.93	365	4539
		300	37	220	75	2	3.05	400	5185
		350	37	220	75	2	3.16	435	5778
		400	37	220	85	2	3.27	470	6346
		500	37	220	85	1	3.45	535	7513
		600	61	220	85	1	3.64	600	8864
		750	61	220	85	1/0	3.86	670	11081
		1000	61	220	85	1/0	4.22	770	13099

Note: *One ground conductor sized in accordance with UL 1072, Table 20-1. Other ground wire combinations are available.
+Based on three conductor cable isolated in air per NEC. For other installations refer to the NEC.

*Weights based on aluminum armor assembly. The above data is approximate and subject to normal manufacturing tolerances.

EXECUTIVE OFFICES: BELLMAWR, N.J. 08099-0638
SALES OFFICES: ATLANTA, GA. / CITY OF INDUSTRY, CA. / BELLMAWR, N.J.
MANUFACTURING PLANT, VIRGINIA BEACH, VA.
TELEPHONE: (609) 933-1000 / (800) 257-8167 FAX: (609) 933-1006



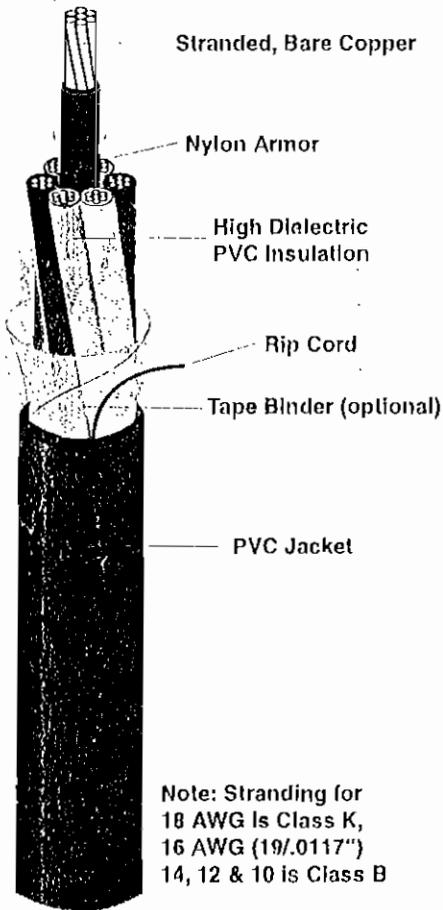
TYPE TC - CONTROL OR INSTRUMENTATION CABLE

PVC/Nylon Insulation with Overall PVC Jacket

18 - 10 AWG • 600 Volts • 90°C Dry and 75°C Wet



OSHA
ACCEPTABLE



Scope

This specification covers multiconductor cables having TFFN or VW-1 THHN/THWN (PVC/Nylon) conductors with an overall gas/vapor-light polyvinyl chloride (PVC) jacket, conforming to Article 318 "Cable Trays" and Article 340 "Power and Control Cable Type TC" of the 1999 National Electrical Code, and Standard 1277 of Underwriters Laboratories, Inc. They meet the requirements of the ICEA T-29-520 and T-30-520 flame tests as well as the 70,000 BTU "Cable Tray Propagation Test" per IEEE-383 and show reserve capabilities by also passing the 210,000 BTU flame test. Rated 600 volts, 90°C dry and 75°C wet. UL file no. E60749. They also meet the CSA FT4 and the IEEE 1202 70,000 BTU flame test.

Applications

UL listed and OSHA acceptable. Recognized for use in Class 1 or 2, Division 2 hazardous locations and for installation in trays, wireways, troughs, channels, ducts and conduit. Specifically approved for direct burial, wet or dry locations and outdoors in cable trays where a sunlight resistant rating is required. Designed for control, power, lighting, telemetering, signals and relay or traffic control.

Construction

Conductors

Bare, soft annealed copper per ASTM B-3

Sizes 18 and 16 AWG (TFFN)

Bunch stranded. Size 18 (16/.010") and Size 16 (19/.0117") per UL-62 Table 11.1

Sizes 14, 12 and 10 AWG (THHN/THWN)

Concentric stranded, class B (7 strands) per ASTM B-8 and UL-83 Table 13.1

Insulation

High dielectric polyvinyl chloride

UL-1581 table 50.145 (THWN 75°C)

UL-1581 table 50.155 (THHN 90°C)

UL-1581 table 50.155 Class 12B (TFFN 90°C)

Thickness

UL-83 table 15.8 for THHN/THWN

UL-62 table 6.2 for TFFN

Insulation Armor

Nylon

UL-83 paragraph 14.1 for THHN/THWN

UL-62 paragraph 22.1 for TFFN

Thickness

UL-83 table 15.8 for THHN/THWN

UL-62 paragraph 28.3 for TFFN

Cabling

Three or more conductors are assembled with fillers in the core as needed. A nylon rip cord is inserted under the jacket for ease of stripping. Two conductors are assembled flat parallel (round, with fillers as needed, is available upon request).

Overall Jacket

Gas/vapor-light Polyvinyl Chloride (black) - UL 1277 table 11.1

Thickness - Specified herein. The surface profile of the jacket shall approximate that of the underlying assembly.

Color Coding

Method 3 Table K-2, except colors and numbers are printed on solid base colors for easy identification. (See table 1 in "Color Code" section, page 38.)

Construction Options

Consult factory for specifications on cables with available shields. (See pages 12 and 13 for cable specifications with an aluminum/polyester tape shield.) Cables made in accordance with Dupont Spec. SE-33.4 B are also available.

Cable Identification

Sizes 18 and 16 AWG

Ink print on jacket

"Size AWG/No. of Cdrs. Type TC 90°C
dry 75°C wet Sunlight Resistant 600V.
A.I.W. Corp. (UL) Direct Burial sequential
footage"

Sizes 14, 12 and 10 AWG

Ink print on jacket

"Size AWG/No. of Cdrs. Type TC
THHN or THWN cdrs. Sunlight
Resistant 600V A.I.W. Corp. (UL)
Direct Burial sequential footage"

CONDUCTOR DATA

SIZE (AWG)	STRANDS HO/O.D. (INCHES)	PVC INSUL. (INCHES)	NYLON ARMOR (INCHES)	APPROX. O.D. (INCHES)
18	16/.010	.015	.004	.089
16	19/.0117	.015	.004	.100
14	7/.0242	.015	.004	.113
12	7/.0305	.015	.004	.132
10	7/.0385	.020	.004	.166

CABLE DATA

NO. OF COYDS.	18 AWG ES-08136			16 AWG ES-08137			14 AWG ES-12300			12 AWG ES-12301			10 AWG ES-12302		
	OVERALL JACKET THICKNESS (MILS)	APPROX. OUTSIDE DIAMETER (INCHES)	APPROX. WEIGHT 1000 FT. (POUNDS)	OVERALL JACKET THICKNESS (MILS)	APPROX. OUTSIDE DIAMETER (INCHES)	APPROX. WEIGHT 1000 FT. (POUNDS)	OVERALL JACKET THICKNESS (MILS)	APPROX. OUTSIDE DIAMETER (INCHES)	APPROX. WEIGHT 1000 FT. (POUNDS)	OVERALL JACKET THICKNESS (MILS)	APPROX. OUTSIDE DIAMETER (INCHES)	APPROX. WEIGHT 1000 FT. (POUNDS)	OVERALL JACKET THICKNESS (MILS)	APPROX. OUTSIDE DIAMETER (INCHES)	APPROX. WEIGHT 1000 FT. (POUNDS)
2 FL	45	.185x.275	41	45	.195x.295	49	45	.210x.325	64	45	.230x.365	83	45	.265x.430	115
2 RD	45	.275	46	45	.295	54	45	.325	71	45	.370	92	45	.430	127
3	45	.290	50	45	.310	66	45	.340	87	45	.390	113	45	.455	167
4	45	.310	60	45	.335	79	45	.370	107	45	.420	145	45	.500	212
5	45	.340	71	45	.365	94	45	.405	129	45	.460	175	60	.575	269
6	45	.365	85	45	.395	109	45	.440	147	45	.500	199	60	.630	317
7	45	.365	89	45	.395	118	45	.440	162	45	.505	223	60	.630	352
8	45	.395	99	45	.430	133	45	.475	184	60	.575	268	60	.680	399
9	45	.420	112	45	.460	147	45	.515	221	60	.615	304	60	.730	445
10	45	.445	121	45	.475	162	60	.565	237	60	.640	327	60	.760	490
11	45	.455	130	45	.490	176	60	.580	257	60	.655	357	60	.780	527
12	45	.465	156	45	.500	202	60	.595	281	60	.675	388	60	.810	579
13	45	.485	158	60	.520	217	60	.615	293	60	.700	413	80	.880	657
14	45	.500	160	60	.570	230	60	.635	316	60	.720	442	80	.910	706
15	45	.510	169	60	.580	243	60	.650	340	60	.740	466	80	.930	750
16	60	.555	192	60	.595	258	60	.665	356	60	.760	500	80	.955	795
17	60	.570	203	60	.620	274	60	.685	375	60	.780	530	80	.985	844
18	60	.580	214	60	.630	284	60	.700	393	60	.800	558	80	1.005	893
19	60	.580	220	60	.630	296	60	.700	408	60	.800	581	80	1.005	918
20	60	.595	228	60	.650	310	60	.720	424	60	.825	647	80	1.035	975
21	60	.610	239	60	.665	327	60	.735	450	80	.880	680	80	1.055	1011
22	60	.625	251	60	.680	340	60	.755	469	80	.905	711	80	1.085	1058
23	60	.635	259	60	.695	353	60	.770	488	80	.920	738	80	1.105	1104
24	60	.645	268	60	.705	367	60	.785	508	80	.935	768	80	1.125	1151
25	60	.655	279	60	.715	379	60	.795	526	80	.950	796	80	1.145	1204
26	60	.665	287	60	.725	391	60	.805	582	80	.965	822	80	1.160	1238
27	60	.670	298	60	.730	405	60	.815	601	80	.975	850	80	1.175	1273
28	60	.680	306	60	.745	418	80	.870	621	80	.990	880	80	1.195	1317
29	60	.690	314	60	.755	431	80	.880	640	80	1.005	907	80	1.210	1360
30	60	.705	325	60	.770	456	80	.900	666	80	1.030	938	80	1.240	1404
31	60	.710	333	60	.775	458	80	.905	679	80	1.035	964	80	1.245	1450
32	60	.720	343	60	.785	507	80	.915	698	80	1.050	992	80	1.265	1495
33	60	.735	353	60	.800	522	80	.935	718	80	1.070	1022	80	1.290	1540
34	60	.740	361	60	.810	536	80	.940	737	80	1.075	1050	80	1.300	1585
35	60	.750	371	80	.820	549	80	.955	756	80	1.090	1077	80	1.315	1625
36	60	.760	381	80	.870	564	80	.970	780	80	1.110	1106	80	1.340	1675
37	60	.760	390	80	.870	580	80	.970	794	80	1.110	1134	80	1.340	1700

The data listed above is approximate and subject to normal manufacturing tolerances. Specifications are subject to change without notice.

CONSULT FACTORY FOR ALTERNATE CONSTRUCTIONS OR MATERIALS

TYPE TC - POWER CABLE w/GROUND

PVC/Nylon Insulation with Overall PVC Jacket

8 AWG - 500 KCMIL • 600 Volts • 90°C Dry and 75°C Wet



OSHA
ACCEPTABLE

Scope

This specification covers two, three or four conductor cables having VW-1 THHN/THWN (PVC/Nylon) insulation, one uninsulated ground wire, and an overall gas/vapor light polyvinyl chloride (PVC) jacket; conforming to Article 318 "Cable Trays" and Article 340 "Power and Control Cable Type TC" of the 1999 National Electrical Code, and Standard 1277 of Underwriters Laboratories, Inc. They meet the requirements of the ICEA T-29-520 and T-30-520 flame tests as well as the 70,000 BTU "Cable Tray Propagation Test" per IEEE-383 and show reserve capabilities by also passing the 210,000 BTU flame test. Rated 600 volts, 90°C dry and 75°C wet. UL file no. E60749. They also meet the CSA FT4 and the IEEE 1202 70,000 BTU flame tests.

Applications

UL listed and OSHA acceptable. Recognized for use in Class 1 or 2, Division 2 hazardous locations and for installation in trays, wireways, troughs, channels, ducts and conduit. Specifically approved for direct burial, wet or dry locations and outdoors in cable trays where a sunlight resistant rating is required. Designed to supply power motors, or for connection to other power devices.

Construction

Conductors

Bare, soft annealed copper per ASTM B-3

Sizes 8 thru 2 AWG

Concentric, compressed stranded, class B (7 strands) per ASTM B-8 and UL-83 table 13.1

Sizes 1 thru 4/0 AWG

Concentric, compressed stranded, class B (19 strands) per ASTM B-8 and UL-83 table 13.1

Sizes 250 thru 500 KCMIL

Concentric, compressed stranded, class B (37 strands) per ASTM B-8 and UL-83 table 13.1

Insulation

High dielectric polyvinyl chloride

UL-1581 table 50.145 (THWN 75°C)

UL-1581 table 50.155 (THHN 90°C)

Thickness - UL-83 table 15.8

Insulation Armor

Nylon - UL-83 paragraph 14.1

Thickness - UL-83 table 15.8

Ground Wire

Sizes 10 thru 2 AWG

Bare, soft annealed copper per ASTM B-3

Concentric stranded, class B (7 strands) per ASTM B-8 & UL-1277 section 6

Cabling

Two or more conductors and one ground wire are assembled round.

Overall Jacket

Gas/vapor-light Polyvinyl Chloride (black) - UL 1277 Table 10.1

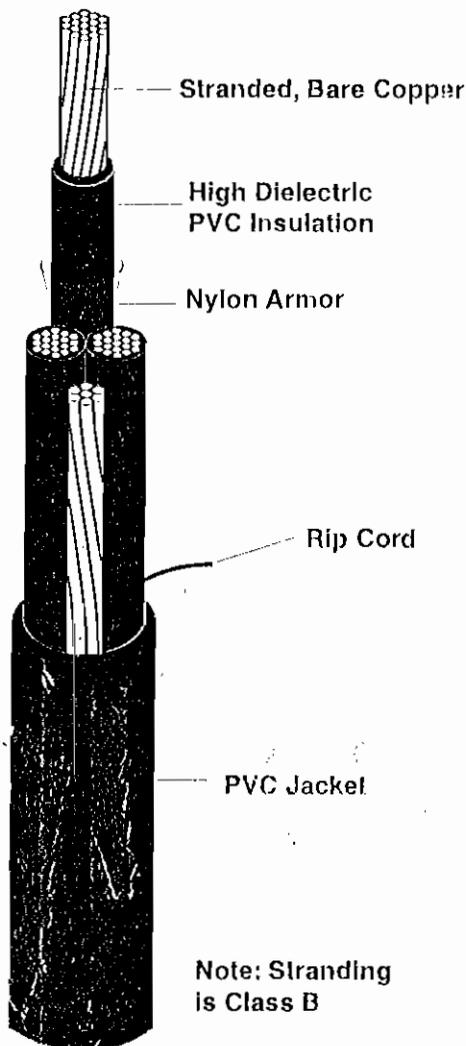
Thickness - Specified herein. The surface profile of the jacket shall approximate that of the underlying assembly.

Color Coding

Black insulation with ICEA Method 4 printed numbers. (See table 2 in "Color Code" section, page 38.)

Construction Options

Consult factory for cable specifications on cables with 3 ground wires.



Cable Identification

Ink print on jacket

"Size AWG/No. of Cdrs. w/ground Type
TC THHN or THWN cdrs. Sun. Res.
600V A.I.W. Corp. (UL) Direct Burial
sequential print"

CONDUCTOR DATA

GROUND WIRE DATA

SIZE (AWG)	STRANDS NO./O.D. (INCHES)
10	7/.0385
8	7/.0486
6	7/.0612
4	7/.0772
3	7/.0867
2	7/.0974

SIZE (AWG OR KCMIL)	STRANDS NO./O.D. (INCHES)	PVC INSUL (INCHES)	NYLON ARMOR (INCHES)	APPROX. O.D. (INCHES)
8	7/.0486	.030	.005	.218
6	7/.0612	.030	.005	.256
4	7/.0772	.040	.006	.325
2	7/.0974	.040	.006	.384
1	19/.0664	.050	.007	.447
1/0	19/.0745	.050	.007	.487
2/0	19/.0837	.050	.007	.532
3/0	19/.0940	.050	.007	.582
4/0	19/.1055	.050	.007	.638
250	37/.0822	.060	.008	.706
300	37/.0900	.060	.008	.759
350	37/.0973	.060	.008	.809
400	37/.1040	.060	.008	.854
500	37/.1162	.060	.008	.943

CABLE DATA

ES-10326 (for sizes 8 AWG - 500 KCMIL.)

SIZE	NO. OF CONDS	OVERALL JACKET THICKNESS (MILS)	APPROX. OUTSIDE DIAMETER (INCHES)	APPROX. WEIGHT 1000 FT. (POUNDS)
8 AWG	2	60	.565	248
w/10 AWG	3	60	.600	315
GROUND	4	60	.660	384
6 AWG	2	60	.645	350
w/8 AWG	3	60	.690	451
GROUND	4	60	.765	557
4 AWG	2	60	.785	485
w/8 AWG	3	80	.875	704
GROUND	4	80	.960	879
2 AWG	2	80	.945	757
w/6 AWG	3	80	1.005	1029
GROUND	4	80	1.115	1287
1 AWG	2	80	1.070	914
w/6 AWG	3	80	1.135	1203
GROUND	4	80	1.255	1643
1/0 AWG	2	80	1.160	1180
w/6 AWG	3	80	1.225	1517
GROUND	4	80	1.355	1931
2/0 AWG	2	80	1.240	1409
w/6 AWG	3	80	1.320	1831
GROUND	4	80	1.460	2426

SIZE	NO. OF CONDS	OVERALL JACKET THICKNESS (MILS)	APPROX. OUTSIDE DIAMETER (INCHES)	APPROX. WEIGHT 1000 FT. (POUNDS)
3/0 AWG	2	80	1.345	1748
w/4 AWG	3	80	1.430	2249
GROUND	4	80	1.585	2879
4/0 AWG	2	80	1.460	2091
w/4 AWG	3	80	1.555	2739
GROUND	4	110	1.780	3609
250 KCMIL	2	80	1.595	3025
w/4 AWG	3	110	1.760	3319
GROUND	4	110	1.945	4248
300 KCMIL	2	110	1.765	2774
w/3 AWG	3	110	1.875	4084
GROUND	4	110	2.075	5177
350 KCMIL	2	110	1.860	3365
w/3 AWG	3	110	1.985	4315
GROUND	4	110	2.195	5695
400 KCMIL	2	110	1.955	3473
w/3 AWG	3	110	2.085	4945
GROUND	4	110	2.315	6443
500 KCMIL	2	110	2.120	4234
w/2 AWG	3	110	2.265	6185
GROUND	4	110	2.515	7873

The data listed above is approximate and subject to normal manufacturing tolerances. Specifications are subject to change without notice.

CONSULT FACTORY FOR ALTERNATE CONSTRUCTIONS OR MATERIALS

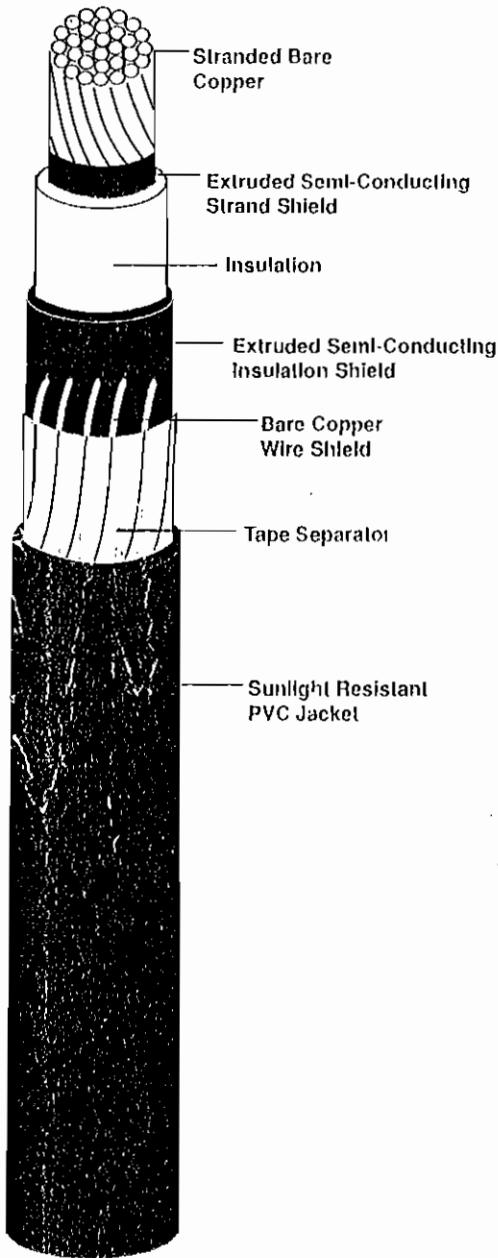
TYPE MV-90 POWER CABLE - 5kV

XLP Insulation with PVC Jacket - Shielded

8 AWG - 1000 MCM • Single Conductor • 90°C Wet or Dry Locations



OSHA Acceptable



Scope

This specification covers shielded, single conductor cables having stranded, bare copper conductors; extruded semi-conducting strand shield; cross-linked polyethylene (XLP) insulation; extruded semi-conducting insulation shield with bare copper wire shield; and polyvinyl chloride (PVC) jacket. Cables are rated 5000 volts, 90°C in wet or dry locations, and meet the requirements of ICEA S-66-524 (NEMA WC-7), AEIC CS-5, Articles 326 and 310 of the National Electrical Code, and UL-1072.

Applications

UL listed and OSHA acceptable. Where NEC requirements apply, cables are suitable for use in wet or dry locations at maximum operating temperature of 90°C for normal operation; 130°C for emergency overload conditions; and 250°C for short circuit conditions. Cables may be installed in conduit, duct or aerially when properly supported by a messenger. Cables are also suitable for direct burial if installed in a system with a grounding conductor that is in close proximity and conforms with Article 250-2d of the 1999 NEC.

Construction

Conductor:

Compressed class B stranded annealed uncoated copper.

Conductor Shield:

Extruded semi-conducting co-polymer compound.

Insulation:

90°C rated Cross-linked Polyethylene (XLPE) per ICEA S-66-524 part 3 and UL-1072.

Insulation Shield:

Extruded semi-conducting co-polymer compound applied directly over the insulation.

The conductor shield, insulation and insulation shield are applied in one tandem operation.

Shield:

Uncoated helically applied copper wires.

Jacket:

Extruded PVC jacket with excellent mechanical properties. Jacket is UL recognized as being "sunlight resistant."

Tests:

The finished cable shall be tested in accordance with and meet the requirements of ICEA S-66-524, UL-1072, and AEIC CS-5.

Optional Constructions:

Consult factory for cable specifications with alternate constructions or materials.

The data listed above is approximate and subject to change without notice.

AMERICAN INSULATED WIRE CORP., P. O. Box 800, Pawtucket, Rhode Island 02862-0800 • 401-726-0700 • 800-366-2492 • FAX 401-723-1420

CABLE DATA

5kV XLP-PVC • Copper Conductor • 90°C Rating 100% or 133%* Insulation Level • Insulation Thickness 90 Mils

Size AWG or MCM	Stranding	Nominal Conductor Diameter		Nominal Insulation Diameter		Nominal Insulation Shld. Diameter		Min. Avg. Jacket Thickness		Approximate O.D.		Approx. Net Weight Lbs./M Ft.	Amps ¹
		Inches	MM	Inches	MM	Inches	MM	Inches	MM	Inches	MM		
8 AWG	7/0486	.143	3.63	.390	9.91	.470	11.94	.060	1.52	.640	16.25	195	55
6 AWG	7/0612	.180	4.57	.425	10.80	.505	12.83	.060	1.52	.675	17.15	244	75
4 AWG	7/0772	.227	5.77	.475	12.07	.555	14.10	.060	1.52	.725	18.42	309	97
2 AWG	7/0974	.285	7.24	.530	13.46	.610	15.49	.060	1.52	.780	19.82	409	130
1 AWG	19/0664	.325	8.26	.570	14.48	.650	16.51	.060	1.52	.820	20.82	475	155
1/0 AWG	19/0745	.365	9.27	.610	15.49	.690	17.53	.080	2.03	.900	22.86	559	180
2/0 AWG	19/0837	.409	10.39	.655	16.64	.735	18.67	.080	2.03	.945	24.00	661	205
3/0 AWG	19/0940	.460	11.68	.710	18.03	.790	20.07	.080	2.03	1.000	25.40	822	240
4/0 AWG	19/1055	.516	13.11	.765	19.43	.845	21.46	.080	2.03	1.055	26.80	983	280
250 MCM	37/0822	.562	14.27	.820	20.83	.900	22.86	.080	2.03	1.120	28.45	1127	315
350 MCM	37/0973	.666	16.92	.925	23.50	1.005	25.53	.080	2.03	1.225	31.12	1482	385
500 MCM	37/1162	.795	20.19	1.055	26.80	1.155	29.34	.080	2.03	1.375	34.93	2069	475
750 MCM	61/1109	.975	24.77	1.255	31.88	1.355	34.42	.080	2.03	1.575	40.01	2940	600
1000 MCM	61/1280	1.126	28.60	1.405	35.69	1.505	38.23	.110	2.79	1.785	45.34	3789	690

*Note: AEIC requires 115 mils of insulation for a 133% insulation level. See below.

5/8 kV XLP-PVC • Copper Conductor • 90°C Rating 5kV 133%/8kV 100% Insulation Level • Insulation Thickness 115 Mils

6 AWG	7/0612	.180	4.57	.475	12.06	.580	14.73	.060	1.52	.715	18.16	266	83
4 AWG	7/0772	.227	5.77	.525	13.34	.630	16.00	.060	1.52	.765	19.43	335	110
2 AWG	7/0974	.285	7.24	.585	14.86	.690	17.53	.080	2.03	.865	21.97	432	150
1 AWG	19/0664	.325	8.26	.625	15.88	.730	18.54	.080	2.03	.905	22.99	505	170
1/0 AWG	19/0745	.365	9.27	.665	16.89	.770	19.56	.080	2.03	.945	24.00	589	195
2/0 AWG	19/0837	.409	10.39	.710	17.78	.815	20.70	.080	2.03	.990	25.15	694	225
3/0 AWG	19/0940	.460	11.68	.760	19.30	.865	21.97	.080	2.03	1.040	26.42	858	260
4/0 AWG	19/1055	.516	13.11	.815	20.70	.920	23.37	.080	2.03	1.095	27.81	1020	295
250 MCM	37/0822	.562	14.27	.870	22.10	.975	24.77	.080	2.03	1.150	29.21	1166	330
350 MCM	37/0973	.666	16.92	.975	24.77	1.080	27.43	.080	2.03	1.255	31.88	1565	395
500 MCM	37/1162	.795	20.19	1.105	28.07	1.235	31.37	.080	2.03	1.410	35.81	2117	480
750 MCM	61/1109	.975	24.77	1.305	33.15	1.435	36.45	.080	2.03	1.610	40.89	2997	585
1000 MCM	61/1280	1.125	28.60	1.455	36.96	1.585	40.25	.110	2.79	1.800	45.72	3850	675

¹Ampacities are based on three single conductor cables in isolated conduit in air, conductor temperature of 90°C and ambient air temperature of 40°C per Table 310-73 of the 1999 NEC.

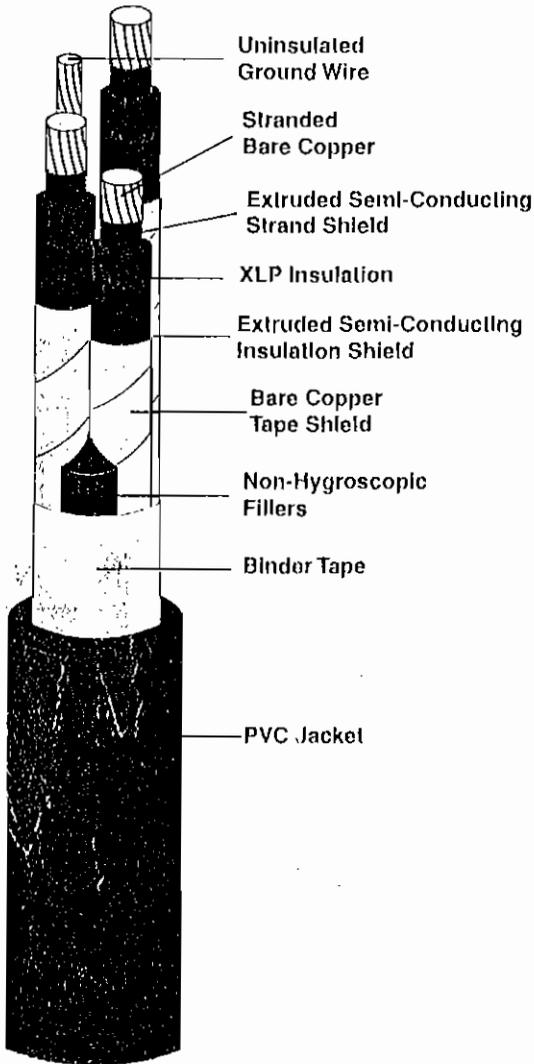
TYPE MV-90 POWER CABLE - 15kV • 3 Conductors

XLP Insulation with PVC Jacket - Shielded

2 AWG - 500 MCM • Three Conductor • 90°C Wet or Dry Locations



OSHA Acceptable



Scope

This specification covers shielded, three conductor cables having stranded, bare copper conductors; extruded semi-conducting strand shield; cross-linked polyethylene (XLP) insulation; extruded semi-conducting insulation shield with bare copper tape shield cabled with a ground wire and fillers; with an overall polyvinyl chloride (PVC) jacket. Cables are rated 15,000 volts, 90°C wet or dry locations, and meet the requirements of ICEA S-66-524 (NEMA WC-7), AEIC CS-5, Articles 326 and 310 of the National Electrical Code, and UL-1072.

Applications

UL listed and OSHA acceptable. Where NEC requirements apply, cables are suitable for use in wet or dry locations at maximum operating temperature of 90°C for normal operation; 130°C for emergency overload conditions; and 250°C for short circuit conditions. Cables may be installed in conduit, duct or aerially when properly supported by a messenger. Cables are also suitable for direct burial if they contain a ground wire.

Construction

Conductor:

Compressed class B stranded annealed uncoated copper.

Conductor Shield:

Extruded semi-conducting co-polymer compound.

Insulation:

90°C rated Cross-linked Polyethylene (XLPE) per ICEA S-66-524 part 3 and UL-1072.

Insulation Shield:

Extruded semi-conducting co-polymer compound applied directly over the insulation.

The conductor shield, insulation and insulation shield are applied in one tandem operation.

Phase Identification:

Suitable markings under the copper tape shield.

Shield:

Uncoated helically applied copper tape, 5 mils thick with a 12.5% minimum overlap.

Assembly:

The single conductors are cabled with fillers as required and a single **uninsulated bare copper ground wire (when specified)**. A binder tape is applied over the core.

Jacket:

Extruded sunlight resistant PVC jacket with excellent mechanical properties.

Tests:

The finished cable shall be tested in accordance with and meet the requirements of ICEA S-66-524, UL-1072, and AEIC CS-5.

Optional Constructions:

Consult factory for cable specifications with alternate constructions or materials.

CABLE DATA

3 Conductor • 15kV XLP-PVC • Copper Conductor • 90°C Rating 100% Insulation Level • Insulation Thickness 175 Mils

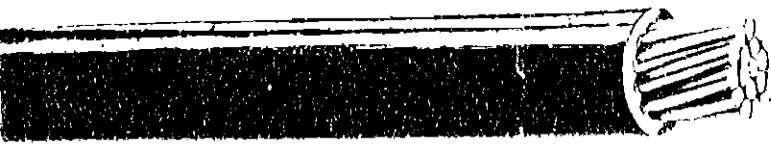
Size AWG or MCM	Stranding	Nominal Conductor Diameter		Copper Ground Conductor Size	Nominal Insulation Shld. Diameter		Min. Avg. Jacket Thickness		Approximate O.D.		Approx. Net Weight Lbs./M Ft.	Amps ¹
		Inches	MM		Inches	MM	Inches	MM	Inches	MM		
2 AWG	7/0.0974	.285	7.24	6	.775	19.68	.110	2.79	1.950	49.53	2150	145
1 AWG	19/0.0664	.325	8.26	4	.810	20.57	.110	2.79	2.020	51.30	2385	165
1/0 AWG	19/0.0745	.365	9.27	4	.850	21.59	.110	2.79	2.110	53.60	2755	195
2/0 AWG	19/0.0837	.409	10.39	4	.895	22.73	.110	2.79	2.205	56.00	3090	220
3/0 AWG	19/0.0940	.460	11.68	3	.945	24.00	.110	2.79	2.315	58.80	3555	250
4/0 AWG	19/0.1055	.516	13.11	3	1.000	25.40	.110	2.79	2.430	61.72	4095	290
250 MCM	37/0.0822	.562	14.27	3	1.060	26.92	.110	2.79	2.560	65.02	4645	315
350 MCM	37/0.0973	.666	16.92	2	1.175	29.85	.140	3.56	2.870	72.90	6170	385
500 MCM	37/0.1162	.795	20.19	1	1.305	33.15	.140	3.56	3.150	80.00	7955	470

3 Conductor • 15kV XLP-PVC • Copper Conductor • 90°C Rating 133% Insulation Level • Insulation Thickness 220 Mils

2 AWG	7/0.0974	.285	7.24	6	.870	22.10	.110	2.79	2.150	54.61	2445	145
1 AWG	19/0.0664	.325	8.26	4	.905	22.99	.110	2.79	2.230	56.64	2700	165
1/0 AWG	19/0.0745	.365	9.27	4	.945	24.00	.110	2.79	2.315	58.80	3060	195
2/0 AWG	19/0.0837	.409	10.39	4	.990	25.15	.110	2.79	2.410	61.21	3410	220
3/0 AWG	19/0.0940	.460	11.68	3	1.040	26.42	.110	2.79	2.520	64.00	3885	250
4/0 AWG	19/0.1055	.516	13.11	3	1.110	28.19	.110	2.79	2.570	65.28	4450	290
250 MCM	37/0.0822	.562	14.27	3	1.175	29.85	.140	3.56	2.870	72.90	5626	315
350 MCM	37/0.0973	.666	16.92	2	1.280	32.51	.140	3.56	3.095	78.61	6590	385
500 MCM	37/0.1162	.795	20.19	1	1.410	35.81	.140	3.56	3.375	85.73	8400	470

¹Ampacities are based on insulated three conductor cable in isolated conduit in air, conductor temperature of 90°C and ambient air temperature of 40°C per Table 310-75 of the 1999 NEC.

The data listed above is approximate and subject to change without notice.



CABLE XHHW- 600 V

CONSTRUCCION : Un conductor de cobre blando, cableado Clase B, aislado con XLPE.

APLICACION : Instalaciones industriales interiores y exteriores con tubería conduit, ductos subterráneos, escalerillas, bandejas portacables y enterrado directo. La temperatura de operación en el conductor no debe exceder de 90°C.

ESPECIFICACION : UL - 44

TABLA N° 06

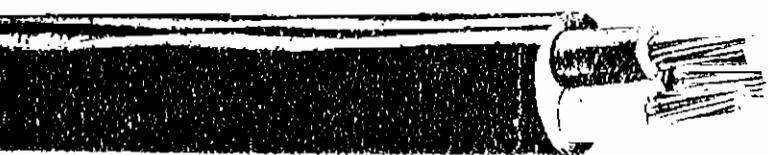
CODIGO ICONEL N°	CALIBRE AWG / MCM	N° DE HILOS	ESPEJOR AISLAMIENTO (mm)	DIAMETRO EXTERIOR (APROX.) mm	RADIO MINIMO DE CURVATURA (mm)	PESO (APROX) Kg/Km
40-016-064	14	7	0.76	3.7	15	26
40-016-077	12	7	0.76	4.2	17	40
40-016-090	10	7	0.76	4.9	20	60
40-016-109	8	7	1.14	6.6	26	99
40-016-130	6	7	1.14	7.6	30	151
40-016-153	4	7	1.14	9.0	36	231
40-016-182	2	7	1.14	10.4	62	358
40-016-200	1	19	1.40	12.1	48	452
40-016-213	1/0	19	1.40	13.2	53	562
40-016-227	2/0	19	1.40	14.4	58	702
40-016-242	3/0	19	1.40	15.8	63	877
40-016-257	4/0	19	1.40	17.4	70	1098
40-016-314	250	37	1.65	19.2	77	1300
40-016-338	300	37	1.65	20.7	83	1551
40-016-363	350	37	1.65	22.1	88	1802
40-016-385	400	37	1.65	23.4	94	2052
40-016-422	500	37	1.65	25.7	129	2551
40-016-467	600	61	2.03	28.7	144	3072
40-016-524	700	61	2.03	30.6	153	3569
40-016-547	750	61	2.03	31.6	158	3818
40-016-572	800	61	2.03	32.4	162	4067
40-016-595	900	61	2.03	34.1	171	4563
40-016-625	1000	61	2.03	35.7	179	5049

Nota: Los datos indicados son aproximados y están sujetos a las tolerancias normales de fabricación

Embalaje: Del 14 al 2 AWG en rollos de 100m.

Del 1 AWG en adelante, en carretes con largos a convenir.

Color: Negro.



**CABLES DE POTENCIA
TRIPOLARES
600 V (PVC-PVC)**

CONSTRUCCION : Tres conductores de cobre blando aislados con PVC de color, cableados, cubierta integral de PVC.

APLICACION : Instalaciones industriales interiores y exteriores en ductos subterráneos, escalerillas, bandejas portacables y enterrado directo. La temperatura de operación en el conductor no debe exceder de 75°C.

ESPECIFICACION : ICEA S-61-402

TABLA N° 17

CODIGO ICONEL N°	CALIBRE AWG / MCM	N° DE HILOS	ESPEJOR AISLAMIENTO (mm)	ESPEJOR CUBIERTA EXTERIOR (mm)	DIAMETRO EXTERIOR (APROX.) mm	RADIO MINIMO DE CURVATURA (mm)	PESO (APROX) Kg/Km
40-213-064	3X14	7	1.14	1.14	12.3	49	191
40-213-077	3X12	7	1.14	1.14	13.5	54	249
40-213-099	3X10	7	1.14	1.52	15.7	63	359
40-213-109	3X8	7	1.52	1.52	19.3	77	552
40-213-130	3X6	7	1.52	1.52	21.6	86	762
40-213-153	3X4	7	1.52	2.03	25.6	128	1129
40-213-182	3X2	7	1.52	2.03	28.7	144	1604
40-213-200	3X1	19	2.03	2.03	33.5	168	2074
40-213-213	3X1/0	19	2.03	2.03	35.8	179	2495
40-213-227	3X2/0	19	2.03	2.03	38.5	193	3017
40-213-242	3X3/0	19	2.03	2.03	41.5	208	3670
40-213-257	3X4/0	19	2.03	2.03	44.9	225	4484
40-213-314	3X250	37	2.41	2.80	51.2	307	5493
40-213-338	3X300	37	2.41	2.80	54.4	326	6421
40-213-363	3X350	37	2.41	2.80	57.4	344	7342
40-213-385	3X400	37	2.41	2.80	60.1	361	8255
40-213-422	3X500	37	2.41	2.80	65.2	391	10067
40-213-467	3X600	61	2.79	2.80	71.6	430	12070
40-213-524	3X700	61	2.79	2.80	75.7	454	13858
40-213-547	3X750	61	2.79	3.60	79.6	478	15012
40-213-572	3X800	61	2.79	3.60	81.4	488	15902
40-213-595	3X900	61	2.79	3.60	85.1	511	17689
40-213-625	3X1000	61	2.79	3.60	88.5	531	19432

Nota: Los datos indicados son aproximados y están sujetos a las tolerancias normales de fabricación

Embalaje: En carretes con largos a convenir.

Identificación: Método No. 1, según ICEA.

Cubierta: Color Negro.



**CABLES DE POTENCIA
TRIPOLARES CON TIERRA
600 V (PVC-PVC)**

CONSTRUCCION : Cuatro conductores de cobre blando aislados con PVC de color, cableados, cubierta integral de PVC.

APLICACION : Instalaciones industriales interiores y exteriores en ductos subterráneos, escalerillas, bandejas portacables y enterrado directo. La temperatura de operación en el conductor no debe exceder de 75°C.

ESPECIFICACION : ICEA S-61-402

TABLA N° 18

CODIGO ICONEL N°	CALIBRE AWG / MCM	N° DE HILOS	ESPESOR AISLAMIENTO (mm)	ESPESOR CUBIERTA EXTERIOR (mm)	DIAMETRO EXTERIOR (APROX.) mm	RADIO MINIMO DE CURVATURA (mm)	PESO (APROX) Kg/Km
40-214-064	3X14 + 1X14	7	1.14	1.14	13.5	54	232
40-214-077	3X12 + 1X12	7	1.14	1.52	15.6	62	329
40-214-090	3X10 + 1X10	7	1.14	1.52	17.2	69	441
40-214-109	3X8 + 1X8	7	1.52	1.52	21.2	85	682
40-214-130	3X6 + 1X6	7	1.52	2.03	24.9	100	1000
40-214-153	3X4 + 1X4	7	1.52	2.03	28.2	141	1411
40-214-182	3X2 + 1X2	7	1.52	2.03	31.7	159	2023
40-214-200	3X1 + 1X1	19	2.03	2.03	37.0	185	2612
40-214-213	3X1/0 + 1X1/0	19	2.03	2.03	39.6	198	3153
40-214-227	3X2/0 + 1X2/0	19	2.03	2.03	42.5	213	3824
40-214-242	3X3/0 + 1X3/0	19	2.03	2.03	45.9	230	4665
40-214-257	3X4/0 + 1X4/0	19	2.03	2.80	51.5	309	5872
40-214-314	3X250 + 1X250	37	2.41	2.80	56.6	340	6971
40-214-338	3X300 + 1X300	37	2.41	2.80	60.2	361	8167
40-214-363	3X350 + 1X350	37	2.41	2.80	63.5	381	9354
40-214-385	3X400 + 1X400	37	2.41	2.80	66.6	400	10531
40-214-422	3X500 + 1X500	37	2.41	2.80	72.3	434	12870
40-214-467	3X600 + 1X600	61	2.79	3.60	81.2	487	15694
40-214-524	3X700 + 1X700	61	2.79	3.60	85.8	515	18019
40-214-547	3X750 + 1X750	61	2.79	3.60	88.2	529	19187
40-214-572	3X800 + 1X800	61	2.79	3.60	90.2	541	20337
40-214-595	3X900 + 1X900	61	2.79	3.60	94.3	566	22644
40-214-625	3X1000 + 1X1000	61	2.79	3.60	98.2	589	24896

Nota: Los datos indicados son aproximados y están sujetos a las tolerancias normales de fabricación.

Embalaje: En carretes con largos a convenir.
Identificación: Método No. 1, según ICEA.
Cubierta: Color Negro.

**CABLES DE POTENCIA
TRIPOLARES CON TIERRA
600 V (XLPE-PVC)**

CONSTRUCCION : Cuatro conductores de cobre blando aislados con XLPE de color, cableados, cubierta integral de PVC.

APLICACION : Instalaciones industriales interiores y exteriores en ductos subterráneos, escalerillas, bandejas portacables y enterrado directo. La temperatura de operación en el conductor no debe exceder de 90°C.

ESPECIFICACION : ICEA S-66-524

TABLA N° 21

CODIGO ICONEL N°	CALIBRE AWG / MCM	N° DE HILOS	ESPESOR AISLAMIENTO (mm)	ESPESOR CUBIERTA EXTERIOR (mm)	DIAMETRO EXTERIOR (APROX.) mm	RADIO MINIMO DE CURVATURA (mm)	PESO (APROX) Kg/Km
40-303-064	3X14 + 1X14	7	0.76	1.14	11.5	46	175
40-303-077	3X12 + 1X12	7	0.76	1.14	12.8	51.2	241
40-303-090	3X10 + 1X10	7	0.76	1.52	15.2	60.8	363
40-303-109	3X8 + 1X8	7	1.14	1.52	19.2	76.8	574
40-303-130	3X6 + 1X6	7	1.14	1.52	21.8	87.2	824
40-303-153	3X4 + 1X4	7	1.14	2.03	26.1	130.5	1258
40-303-182	3X2 + 1X2	7	1.14	2.03	29.6	148	1843
40-303-200	3X1 + 1X1	19	1.40	2.03	33.6	168	2313
40-303-213	3X1/0 + 1X1/0	19	1.40	2.03	36.3	181.5	2828
40-303-227	3X2/0 + 1X2/0	19	1.40	2.03	39.2	196	3468
40-303-242	3X3/0 + 1X3/0	19	1.40	2.03	42.6	213	4275
40-303-257	3X4/0 + 1X4/0	19	1.40	2.80	48.1	240.5	5431
40-303-314	3X250 + 1X250	37	1.65	2.80	52.5	315	6405
40-303-338	3X300 + 1X300	37	1.65	2.80	56.1	336.6	7557
40-303-363	3X350 + 1X350	37	1.65	2.80	59.5	357	8703
40-303-385	3X400 + 1X400	37	1.65	2.80	62.6	375.6	9843
40-303-422	3X500 + 1X500	37	1.65	2.80	68.2	409.2	12111
40-303-467	3X600 + 1X600	61	2.03	2.80	75.4	452.4	14553
40-303-524	3X700 + 1X700	61	2.03	3.60	81.8	490.8	17065
40-303-547	3X750 + 1X750	61	2.03	3.60	84.1	504.6	18202
40-303-572	3X800 + 1X800	61	2.03	3.60	86.2	517.2	19325
40-303-595	3X900 + 1X900	61	2.03	3.60	90.3	541.8	21577
40-303-625	3X1000 + 1X1000	61	2.03	3.60	94.2	565.2	23777

Nota: Los datos indicados son aproximados y están sujetos a las tolerancias normales de fabricación.

Embalaje: En carretes con largos a convenir.

Identificación: Método No. 1, según ICEA.

Cubierta: Color Negro.

**CABLES DE POTENCIA
TRIPOLARES CON TIERRA REDUCIDA
600 V (XLPE-PVC)**

CONSTRUCCION : Cuatro conductores de cobre blando aislados con XLPE de color, cableados, cubierta integral de PVC.

APLICACION : Instalaciones industriales interiores y exteriores en ductos subterráneos, escalerillas, bandejas portacables y enterrado directo. La temperatura de operación en el conductor no debe exceder de 90°C.

ESPECIFICACION : ICEA S-66-524

TABLA N° 22

CODIGO ICONEL N°	CALIBRE AWG / MCM	N° DE HILOS	ESPESOR AISLAMIENTO E FASE (mm)	ESPESOR CUBIERTA EXTERIOR (mm)	DIAMETRO EXTERIOR (APROX.) mm	RADIO MINIMO DE CURVATURA (mm)	PESO (APROX.) Kg/Km
40-305-064	3X14 + 1X14	7/7	0.76	0.76	11.5	46	175
40-305-077	3X12 + 1X12	7/7	0.76	0.76	12.8	51.2	241
40-305-090	3X10 + 1X12	7/7	0.76	0.76	15.2	60.8	343
40-305-109	3X8 + 1X10	7/7	1.14	0.76	19.2	76.8	534
40-305-130	3X6 + 1X8	7/7	1.14	1.14	21.8	87.2	771
40-305-153	3X4 + 1X6	7/7	1.14	1.14	26.1	130.5	1175
40-305-182	3X2 + 1X6	7/7	1.14	1.14	29.6	148	1632
40-305-200	3X1 + 1X4	19/7	1.40	1.14	33.6	168	2088
40-305-213	3X1/0 + 1X4	19/7	1.40	1.14	36.3	181.5	2490
40-305-227	3X2/0 + 1X2	19/7	1.40	1.14	39.2	196	3117
40-305-242	3X3/0 + 1X2	19/7	1.40	1.14	42.6	213	3744
40-305-257	3X4/0 + 1X1/0	19/19	1.40	1.40	48.1	240.5	4885
40-305-314	3X250 + 1X2/0	37/19	1.65	1.40	52.5	315	5794
40-305-338	3X300 + 1X2/0	37/19	1.65	1.40	56.1	336.6	6690
40-305-363	3X350 + 1X3/0	37/19	1.65	1.40	59.5	357	7760
40-305-385	3X400 + 1X4/0	37/19	1.65	1.40	62.6	375.6	8870
40-305-422	3X500 + 1X250	37/37	1.65	1.65	68.2	409.2	10836
40-305-467	3X600 + 1X300	61/37	2.03	1.65	75.4	452.4	13003
40-305-524	3X700 + 1X300	61/37	2.03	1.65	81.8	490.8	15007
40-305-547	3X750 + 1X350	61/37	2.03	1.65	84.1	504.6	16145
40-305-572	3X800 + 1X350	61/37	2.03	1.65	86.2	517.2	17014
40-305-595	3X900 + 1X500	61/37	2.03	1.65	90.3	541.8	19524
40-305-625	3X1000 + 1X500	61/37	2.03	1.65	94.2	565.2	21229

Nota: Los datos indicados son aproximados y están sujetos a las tolerancias normales de fabricación.

Embalaje: En carretes con largos a convenir.

Identificación: Método No. 1, según ICEA.

Cubierta: Color Negro.

ANEXO 8

Estándares internacionales relacionados con la Seguridad y Riesgos Eléctricos

ANEXO 8

ESTANDARES INTERNACIONALES RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD Y RIESGOS ELECTRICOS

Varios países, con la finalidad de evitar riesgos y garantizar la seguridad en las instalaciones eléctricas han desarrollado métodos específicos de seguridad. El primer código de seguridad fue desarrollado en Estados Unidos en 1897 como resultado del trabajo conjunto de varios organismos de seguros, eléctricos, arquitectónicos y otros. La Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (*National Fire Protection Association - NFPA*), es una organización dedicada a promover la ciencia e instruir los métodos de protección contra el fuego, en 1911, lo denominó Código Nacional Eléctrico (*National Electrical Code – NEC*), y desde entonces ha sido la entidad encargada de revisarlo y actualizarlo cada tres años.

El NEC es uno de varios estándares publicados por el NFPA, bajo el auspicio de ANSI (*American National Standards Institute*) que es una organización independiente que desarrolla estándares industriales.

Otras instituciones que publican estándares de seguridad son: La Administración de Ocupación de Salud y Seguridad (*Occupational Health and Safety Administration - OSHA*), es una organización responsable de la seguridad y salud de los empleados para lo cual ha adoptado el NEC como el código a seguir para cumplir con los requerimientos de seguridad de instalaciones y equipos eléctricos. El Instituto Americano de Petróleo (*American Petroleum Institute - API*), el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (*Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE*). El Underwriters Laboratories (*UL*) o Factory Mutual Research Corporation (*FM*), que es una organización independiente sin fines de lucro que realizan pruebas de laboratorio a los equipos eléctricos, garantizando el funcionamiento de los mismos.

La Sociedad de Instrumentos de América (*Instrument Society of America - ISA*), realiza estándares teniendo en cuenta que tanto usuarios como fabricantes

requieren seguridad. Usan el NEC como base punto de partida para una serie de recomendaciones para garantizar la seguridad en instalaciones de instrumentos eléctricos en localizaciones peligrosas.

En Canadá existe el Código Eléctrico de Canadá (*Canadian Electrical Code - CEC*), similar en forma y contenido al NEC. Además existen estándares publicados por la Asociación de Estándares Canadienses (*Canadian Standards Association - CSA*).

El *International Electrotechnical Comisión (IEC)*, es una organización mundial creada en 1906, cuya función primordial es unificar estándares eléctricos de diferentes normas de varios países. Actualmente trabajan conjuntamente el IEC, el NEC y el CEC para lograr la estandarización mundial de la clasificación de áreas de alto riesgo y el tipo de equipos a usarse en las mismas.

En Europa existe el *European Electrotechnical Standards Committee (CEE)*, formado por miembros de la Comunidad Económica Europea. (EEC). Trabaja en estándares de seguridad, definiciones y certificaciones de equipos eléctricos. En cooperación con el IEC han publicado estándares internacionales referentes a equipo eléctricos.

También existen en Estados Unidos las siguientes organizaciones: el *American Society for Testing and Materials (ASTM)* es una organización que publica estándares para la prueba de materiales y sus especificaciones, el *National Electrical Manufacturers Association (NEMA)* es una organización de fabricantes eléctricos que establecen estándares y pruebas para la fabricación, funcionamiento y confiabilidad de productos eléctricos. Las pruebas realizadas por el NEMA son a menudo los requisitos básicos para que apruebe el UL.

Denominación	SIGLAS	PAIS	Función u Objetivo
National Fire Protection Association	NFPA	América	Estándares para la seguridad contra el fuego
National Electrical Code	NEC	América	Estándares para la seguridad de personas y sus bienes contra riesgos de la electricidad.
Occupational Health and Safety Administration	OSHA	América	Promover la seguridad y salud de los trabajadores, mediante la aplicación de estándares adecuados.
American Petroleum Institute	API	América	Estándares de seguridad en instalaciones petroleras.
Electrical and Electronic Engineers	IEEE	América	Estándares de seguridad en el área eléctrica y electrónica.
Underwriters Laboratories	UL	América	Pruebas de laboratorio a los equipos eléctricos
Instrument Society of America	ISA	América	Estándares para seguridad en la instalación de equipos eléctricos.
Canadian Electrical Code	CEC	Canadá	Estándares de seguridad de personas y sus bienes contra riesgos de la electricidad.
Canadian Standards Association	CSA	Canadá	Estándares de seguridad.
International Electrotechnical Comisión	IEC	Mundial	Estandarización internacional de estándares eléctricos y sus equipos.
European Electrotechnical Standards Committee	CEE	Europa	Estándares de seguridad eléctricos.
American Society for Testing and Materials	ASTM	América	Pruebas de materiales
American National Standards Institute	ANSI	América	Desarrolla estándares industriales
National Electrical Manufacturers Association	NEMA	América	Estándares para funcionamiento y confiabilidad de productos eléctricos.

Resumen de organizaciones que publican estándares, realizan pruebas a equipos para tener seguridad eléctrica.

ANEXO 9

Resumen de la clasificación de atmósferas peligrosas

ANEXO 9: RESUMEN DE CLASIFICACION DE ATMOSFERAS PELIGROSAS

CLASE	DIVISION	GRUPO	TIPO DE ATMOSFERA	TEMP. DE IGNICION (°C)	DISPOSITIVOS	TEMP. DE MEDICION	VALORES LIMITES
I, GASES, VAPORES	1, NORMALMENTE PELIGROSO	GRUPO A	ACETILENO	305	TODOS LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS Y ALAMBRADO (WIRING)	TEMP. EXTERNA MÁXIMA EN 40°C (AMBIENTE)	NO DEBERIA EXCEDER LA TEMP. DE IGNICION DE EL GAS O VAPOR ESPECIFICO (VER 500-3 (e) del NEC)
		GRUPO B	BUTADIENE ¹ OXIDO DE ETILENO ² HIDRÓGENO GASES MANUFACTURADOS QUE CONTENIEN MÁS DEL 30% DE HIDRÓGENO (EN VOLUMEN) OXIDO DE PROPILENO	420 429 520 449			
		GRUPO C	ACETALDEHIDO ETER DIETILICO ETILENO DIMETIL HIDRAZINA AIMETRICA (JDMH)	175 160 450 249			
		GRUPO D	ACETONA ACRILONITRILLO AMONIACO ³ BENCENO BUTANO 1-BUTANO (ALCOHOL BUTÍLICO) 2-BUTANOL (ALCOHOL	465 481 498 498 288 343 405			

			incluidos en GRUPOS E ó F, incluyen harina, grano, madera, plástico y químicos					
II, GASES, VAPORES	2, NO NORMALMENTE PELIGROSO			GRUPO F	IGUAL A DIVISION 1	TODOS LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS	MÁXIMA TEMPERATURA EXTERNA BAJO CONDICIONES DE USO	IGUAL A DIVISION 1
III, FIBRAS O MATERIALES VOLÁTILES FÁCILMENTE INFLAMABLES	1&2			GRUPO G	IGUAL A DIVISION 1		MÁXIMA TEMPERATURA EXTERNA BAJO CONDICIONES DE USO	165°C

1. El equipo para Grupo "D" se podría usar en esta atmósfera si está aislado de acuerdo con la sección NEC 501-5 (a) sellando los tubos conduit iguales o mayores a ½ pulgada.
2. El equipo para grupo "C" se podría usar en esta atmósfera si está aislado de acuerdo con la sección NEC 501-5 (a), sellando los tubos conduit iguales o mayores a ½ pulgada.
3. Para la clasificación de áreas con atmósferas de amoníaco, referirse al código de seguridad de refrigeración mecánica (ANSI/ASHRAE 15-1978) Y A LOS REQUISITOS DE SEGURIDAD PARA ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE Amoníaco Anhidro (ANSI/CGA G2. 1-1972)
4. Mezcla de hidrocarburos saturados que hierve en el rango de 20 a 125 C. También se le conoce como bencina, éter de petróleo, nafta o ligroina.

* UNA LISTA COMPLETA DE LIQUIDOS, GASES Y SOLIDOS INFLAMABLES, VER CLASIFICACION DE GASES, VAPORES Y POLVOS PARA EQUIPOS ELÉCTRICOS EN LOCACIONES PELIGROSAS DEL NFPA 497M.

ANEXO 10

**Artículos NEC: Areas Clase I (500-5), Clase II (500-6),
Clase III (500-7), Zonas (505)**

500-5. Lugares Clase I. Los lugares Clase I son aquéllos en los que hay o puede haber en el aire gases o vapores inflamables en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o combustibles. Los lugares Clase I son aquellos incluidos en los apartados (a) y (b) que aparecen a continuación:

(a) Clase I, División 1. Un lugar Clase I División 1 es aquel (1) en el que, en condiciones normales de funcionamiento, puede haber concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables; (2) en el que frecuentemente, debido a operaciones de reparación o mantenimiento o fugas, puede haber concentraciones combustibles de dichos gases o vapores; o (3) en el que la rotura o el mal funcionamiento de equipos o procesos podría liberar concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables y simultáneamente podría ocurrir una avería en el equipo eléctrico.

(NOTA 1): Esta clasificación, por lo general, incluye los lugares en los que se transfieren de un recipiente a otro líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables; los interiores de las cabinas de pulverización de pinturas y las áreas cercanas a donde se realizan operaciones de pintura y pulverización en las que es frecuente el uso de solventes volátiles inflamables; los lugares que contienen tanques abiertos o recipientes con líquidos volátiles inflamables; las cámaras de secado o compartimentos para la evaporación de solventes inflamables; los lugares de extracción de aceites y grasas que contengan equipos que utilicen solventes volátiles inflamables; las áreas de las plantas de limpieza y tinte que utilicen líquidos inflamables; los cuartos de los generadores de gas y otras zonas de las plantas de producción o procesamiento de gas en las que se puedan producir fugas de gases inflamables; los cuartos de bombas para gases inflamables o líquidos volátiles inflamables inadecuadamente ventilados; los interiores de frigoríficos y congeladores en los que se guarden materiales volátiles inflamables en recipientes abiertos, ligeramente tapados o que se puedan romper con facilidad; y todos los demás lugares donde exista la probabilidad de que se produzcan concentraciones combustibles de vapores o gases inflamables durante su funcionamiento normal.

(NOTA 2): En algunos lugares de la División 1 pueden estar presentes concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables de modo continuo o durante largos períodos. Por ejemplo, en el interior de recintos mal ventilados que contengan instrumentos que normalmente introduzcan gases o vapores inflamables hacia el interior del recinto, el interior de tanques ventilados que contengan líquidos volátiles inflamables, el área entre la parte interna y externa de la tapa de tanques de techo flotante que contengan fluidos volátiles inflamables, áreas mal ventiladas de los lugares donde se realizan operaciones de

pulverización de pintura o de revestimiento con fluidos volátiles inflamables y el interior de los conductos de salida que se utilizan para airear los lugares donde pueda haber concentraciones de gases o vapores inflamables. La experiencia ha demostrado que es prudente (a) evitar la instalación de instrumentos o equipos eléctricos en estas áreas específicas o (b) cuando no se pueda evitar porque resulten esenciales para los procesos y no sea factible hacerlo en otros lugares (véase Artículo 500-2, Nota 1), utilizar equipos o instrumentos eléctricos aprobados para esa aplicación específica o que sean sistemas de seguridad intrínseca, como se describe en la Sección 504.

(b) Clase I, División 2. Un lugar Clase I División 2 es un lugar (1) en el que se manipulan, procesan o utilizan líquidos volátiles inflamables o gases inflamables pero en el cual los líquidos, vapores o gases están normalmente en contenedores cerrados o en sistemas cerrados de los que pueden salir sólo por rotura accidental o avería de dichos contenedores o sistemas o en caso de operación anormal de los equipos; o (2) en el que normalmente se evita la concentración combustible de gases o vapores mediante ventilación mecánica positiva y el cual puede convertirse en peligroso por la falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación; o (3) que esté al lado de un lugar Clase I División 1 y en consecuencia puedan llegar concentraciones combustibles de gases o vapores, excepto si dicha posibilidad se evita mediante un sistema de ventilación de presión positiva desde una fuente de aire limpio y se toman medidas de seguridad eficaces contra las posibles fallas en el sistema de ventilación.

(NOTA 1): Esta clasificación, por lo general, incluye los lugares en los que se utilizan líquidos volátiles inflamables o gases o vapores inflamables pero que, a juicio de la autoridad competente, sólo resultarían peligrosos en caso de accidente o de alguna condición de funcionamiento anormal. Los factores que hay que tener en cuenta para establecer la clasificación y dimensiones de dichos locales son la cantidad de materiales inflamables que podrían escapar en caso de accidente, la adecuación del equipo de ventilación, la superficie total afectada y el historial de incendios o explosiones de esa industria o de ese negocio en particular.

(NOTA 2): Las tuberías sin válvulas, mirillas, medidores y dispositivos similares generalmente no dan lugar a situaciones peligrosas, aunque se utilicen para líquidos o gases inflamables. Los lugares utilizados para el almacenamiento de líquidos inflamables o gases licuados o comprimidos en depósitos herméticos, no se consideran normalmente lugares peligrosos si no están sometidos a otras condiciones de riesgo.

500-6. Lugares Clase II. Un lugar Clase II es el que resulta peligroso por la presencia de polvos combustibles.

Los lugares Clase II incluirán a aquellos especificados en los apartados (a) y (b) que aparecen a continuación:

(a) Clase II, División 1. Un lugar de Clase II, División 1 es un lugar (1) en el cual, en condiciones normales de funcionamiento, hay en el aire polvo combustible en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o combustibles; o (2) en el cual una falla mecánica o el funcionamiento anormal de la maquinaria o equipos puede hacer que se produzcan dichas mezclas explosivas o combustibles y podría además proporcionar una fuente de ignición debido a la falla simultánea de los equipos eléctricos, de los dispositivos de protección o por otras causas; o (3) en el cual puede haber polvos combustibles de naturaleza conductiva en cantidades peligrosas.

(NOTA): Los polvos combustibles que sean eléctricamente no conductivos son los que se producen por la manipulación y proceso de cereales y sus derivados, azúcar y cacao en polvo, huevo seco y leche en polvo, especias en polvo, almidones y pastas, papas y harina de madera, harinas de granos y semillas, heno seco y otras materias orgánicas que puedan producir polvos combustibles al procesarlas o manipularlas. A efectos de la clasificación, sólo se consideran polvos conductivos eléctricamente los del grupo E. Son especialmente peligrosos los polvos que contienen magnesio o aluminio, por lo que se deben tomar máximas precauciones para evitar su combustión y explosión.

(b) Clase II, División 2. Un lugar de Clase II, División 2 es aquél en el que, normalmente, no hay en el aire polvos combustibles en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o combustibles y en el que la acumulación de polvo normalmente no es suficiente para impedir el funcionamiento normal del equipo eléctrico u otros equipos; pero en el aire puede haber polvo combustible en suspensión como consecuencia de un esporádico mal funcionamiento de los equipos de manejo o de procesamiento y en los que la acumulación de polvo combustible sobre, dentro o en la cercanía de los equipos eléctricos puede ser suficiente para impedir la disipación de calor de dichos equipos o puede arder por funcionamiento anormal o por falla de los equipos eléctricos.

(NOTA 1): Los factores que hay que tener en cuenta para establecer la clasificación de un lugar y que pueden hacer innecesaria esa clasificación son, entre otros, la cantidad de polvo combustible que puede estar presente y la adecuación de los sistemas de eliminación del polvo.

(NOTA 2): Cuando algunos productos, como las semillas, se manipulen de modo que produzcan poca cantidad de polvo, la cantidad de polvo depositado puede no justificar la clasificación del lugar.

500-7. Lugares Clase III. Los lugares Clase III son aquellos que resultan peligrosos por la presencia de fibras o partículas fácilmente combustibles, pero en los que no es probable que tales fibras o partículas estén en suspensión en el aire en cantidad suficiente para producir mezclas combustibles. Los lugares Clase III incluyen aquellos especificados en los apartados (a) y (b) que aparecen a continuación:

(a) Clase III, División 1. Un lugar de Clase III, División 1 es un lugar en el que se manejan, fabrican o usan fibras fácilmente combustibles o materiales que producen partículas combustibles.

(NOTA 1): Esta clasificación incluye por lo general algunas áreas de las fábricas de rayón, algodón y otros textiles; plantas de fabricación y procesamiento de fibras combustibles; fábricas desmotadoras de algodón y de procesamiento; plantas de procesamiento del lino; fábricas de vestidos; plantas de procesamiento de la madera y los establecimientos e industrias en los que se producen procesos o circunstancias peligrosas similares.

(NOTA 2): Las fibras y partículas fácilmente combustibles son, entre otras, las de rayón, algodón (incluidas las pelusas y la borra), sisal o henequén, yute, cáñamo, estopa, fibra de coco, malacuenda, borra de ceiba, musgo negro, viruta de madera y otros materiales de naturaleza similar.

(b) Clase III, División 2. Un lugar de Clase III, División 2 es un lugar en el que se almacenan o manejan fibras fácilmente combustibles.

Excepción: En los procesos de fabricación.

SECCIÓN 505- CLASE I, ZONA 0, 1 y 2

505-2. Requisitos Generales. Las reglas generales de este Código aplicarán al cableado y equipo eléctrico en lugares clasificados como Clase I, Zona 0, Zona 1 o Zona 2.

Excepción: Lo que modifique este Artículo.

505-5. Grupo y Clasificación. Para propósitos de ensayos, aprobación y clasificación de áreas, las distintas mezclas de aire (no enriquecidas con oxígeno) se agruparán en la forma siguiente:

(NOTA): Los aparatos eléctricos del Grupo I son para ser usados en minas subterráneas. Véase la Sección 90-2(b)(2).

El Grupo II está subdividido de acuerdo a la naturaleza de la atmósfera gaseosa, de la manera siguiente:

(a) **Grupo IIC.** Atmósferas que contienen acetileno, hidrógeno, o gases o vapores de riesgo equivalente.

(NOTA): Tal agrupación equivale a la Clase I, Grupo A y B, como se describen en la Sección 500-3(a)(1) y (a)(2).

(b) **Grupo IIB.** Atmósferas que contienen acetaldehído, etileno o gases o vapor de riesgo equivalente.

(NOTA): Tal agrupación es equivalente a la Clase I, Grupo C, como se describe en la Sección 500-3(a)(3)

(c) **Grupo IIA.** Atmósfera que contienen acetona, amoníaco, alcohol etílico, gasolina, metano, propano o gases o vapores de riesgo equivalente.

(NOTA 1): Tal agrupación es equivalente a la Clase I, Grupo D, como se describe en la Sección 500-3(a)(4).

(NOTA 2): La subdivisión de los gases descrita en (a), (b) y (c) está basada en la separación segura experimental máxima, la corriente mínima de ignición o ambas. El aparato de ensayo para determinar la separación (gap) segura experimental máxima se describe en la publicación de IEC 79-1A (1975) y en el Informe Técnico de UL N° 58 (1993).

(NOTA 3): La clasificación de mezclas de gases o vapores de acuerdo con sus separaciones seguras experimentales máximas y las corrientes mínimas de ignición se describen en la publicación de IEC 79-12 (1978).

(NOTA 4): Es necesario que se observe cuidadosamente el significado de las distintas marcaciones de los equipos y las clasificaciones del Grupo II, para evitar confusión con la Clase I, Divisiones 1 y 2, Grupos A, B, C y D.

505-7. Clasificación por Zonas. La clasificación por zonas será de acuerdo con lo siguiente:

(a) **Clase I, Zona 0.** Un lugar Clase I, Zona 0, es un lugar (1) en el cual concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables están presentes continuamente; ó (2) en el cual las concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables están presentes por largos períodos de tiempo

(NOTA 1): Como guía para determinar cuando los gases inflamables están presentes continuamente, por largos períodos o en condiciones normales, véase *Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations of Petroleum Facilities*, API RP 500-1991; *Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres*, *Classification of Hazardous Areas*, IEC 79-10 y *Institute of Petroleum Area Classification Code for Petroleum Installations*, IP 15.

(NOTA 2): Esta clasificación incluye lugares en el interior de tanques o recipientes ventilados que contengan líquidos inflamables volátiles; el interior de cabinas mal ventiladas, para aplicar revestimientos o para aplicación de pintura por pulverización donde se usen solventes inflamables volátiles; la parte entre las secciones interna y externa del techo de un tanque de techo flotante que contenga líquidos inflamables volátiles; el interior de depósitos, fosos y recipientes abiertos que contengan líquidos inflamables volátiles; el interior de un ducto de extracción usado para ventilar las concentraciones inflamables de gases o vapores; y el interior de cabinas mal ventiladas, que normalmente contengan instrumentos de ventilación para uso o análisis de fluidos inflamables y que ventilen hacia el interior de la cabina.

(NOTA 3): No se recomienda instalar equipo eléctrico en lugares Zona 0, salvo cuando el equipo sea esencial para el proceso o cuando no sea posible la instalación en otro lugar. (Véase la Sección 500-2). En caso que sea necesaria la instalación de sistemas eléctricos en un lugar Zona 0, se recomienda instalar sistemas de seguridad intrínseca, tal como se describe en la Sección 504.

(NOTA 4): Se considera operación normal cuando el equipo de planta opera dentro de sus parámetros de diseño. Las fugas menores de material inflamable puede considerarse parte del funcionamiento normal. Estas fugas menores incluye aquellas que se producen en los sellos que necesitan humedecerse con el fluido bombeado, manejado o procesado. No se consideran circunstancias de funcionamiento normal las fallas que implican reparaciones o paradas (como por ejemplo, la ruptura de los sellos de la bomba y de las empaaduras de la brida, o los derrames causados accidentalmente).

(b) Clase I, Zona 1. Un lugar Clase I, Zona 1 es un lugar: (1) en el cual es probable que existan, bajo condiciones normales de operación, concentraciones de gases o vapores inflamables; ó (2) en el cual pueden existir frecuentemente concentraciones de gases o vapores inflamables, debido a trabajos de reparación o mantenimiento, o debido a fugas; ó (3) en el cual los equipos operados o los procesos que se llevan a cabo son de tal naturaleza que roturas o fallas en el equipo podrían liberar concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables y además causar simultáneamente una falla en el equipo eléctrico, de tal modo que se convierta en una fuente de ignición; ó (4) que esté adyacente a un lugar Clase I, Zona 0, desde el cual las concentraciones de vapores podrían pasar, salvo que se evite dicho paso mediante una adecuada ventilación de presión positiva, desde una fuente de aire limpio y se tomen efectivas medidas de seguridad para evitar una falla del sistema de ventilación.

(NOTA): Por lo general, esta clasificación incluye lugares en los que los líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables se transfieren de un recipiente a otro; áreas en las cercanías de operaciones de pintura y pulverización de pintura en las que se usan solventes inflamables; cámaras de secado o compartimentos para la evaporación de solventes inflamables; lugares adecuadamente ventilados que contengan equipo de extracción de aceites y grasas que utilicen solventes volátiles inflamables; las áreas de las plantas de limpieza y tinte que utilicen líquidos inflamables; los cuartos de los generadores de gas adecuadamente ventilados y otras zonas de las plantas de producción o procesamiento de gas en las que se puedan producir fugas de gases inflamables; los cuartos de bombas para gases inflamables o líquidos volátiles inflamables inadecuadamente ventilados; los interiores de frigoríficos y congeladores en los que se guarden materiales volátiles inflamables en recipientes abiertos, ligeramente tapados o que se puedan romper con facilidad; y todos los demás lugares donde exista la probabilidad de que se produzcan concentraciones combustibles de vapores o gases inflamables durante su funcionamiento normal, pero que no estén clasificados como Zona 0.

(c) Clase I, Zona 2. Un lugar Clase I, Zona 2 es un lugar (1) en el cual no es probable que existan concentraciones inflamables de gases o vapores en operación normal, y si ello ocurriera sólo sería por un corto período; ó (2) en el cual se manejan, procesan o usan líquidos inflamables volátiles, gases o vapores inflamables, sin embargo, estos líquidos, gases o vapores, por lo general se encuentran confinados en recipientes cerrados o sistemas cerrados de los cuales sólo pueden escaparse en caso de roturas accidentales o fallas del recipiente o sistema, o también como resultado de mal funcionamiento del equipo con el cual se procesan o se manejan los líquidos o gases; ó (3) en el cual, por lo

general, se evitan las concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables mediante ventilación mecánica positiva, pero dichas concentraciones pueden llegar a ser peligrosas por falla o por mal funcionamiento del equipo de ventilación; ó (4) que esté adyacente a un lugar Clase I, Zona 1 desde el cual pueden provenir concentraciones inflamables de gases o vapores, salvo que esto se evite mediante un sistema adecuado de ventilación de presión positiva desde una fuente de aire limpio y se prevean resguardos eficaces contra las fallas del sistema de ventilación

(NOTA): La clasificación de Zona 2 generalmente incluye lugares en los cuales se usan líquidos inflamables volátiles o gases o vapores inflamables, y los cuales podrían ser peligrosos sólo en caso de un accidente o de alguna condición de funcionamiento inusual.

ANEXO 11

Artículo NEC: Equipo de seguridad intrínseca (504)

SECCIÓN 504- SISTEMAS DE SEGURIDAD INTRÍNSECA

504-1. Alcance. Esta Sección contempla la instalación de aparatos, cableado y sistemas de seguridad intrínseca en lugares Clase I, II y III.

NOTA: Para más información, véase *Installation of Intrinsically Safe Instrument Systems in Class I Hazardous Locations*, ANSI/ISA RP 12.6-1987.

504-2. Definiciones. Para los propósitos de esta Sección:

Aparato Asociado: Es aquél en el cual no es necesario que los circuitos sean de seguridad intrínseca por sí mismos, sin embargo, afecta la energía en los circuitos de seguridad intrínseca y es responsable de mantener la seguridad intrínseca. Los aparatos asociados pueden ser:

1. Aparatos eléctricos que tienen una protección tipo alternativo para uso en los lugares peligrosos (clasificados) apropiados, o
2. Aparatos eléctricos sin la protección antes mencionada que no deben usarse en lugares peligrosos (clasificados).

NOTA 1: Los aparatos asociados cuentan con conexiones identificadas como de seguridad intrínseca para aparatos de seguridad intrínseca y además pueden tener conexiones para aparatos que no sean de seguridad intrínseca.

NOTA 2: Una barrera de seguridad intrínseca, la cual es una red diseñada para limitar la energía (tensión y corriente) a disposición del circuito protegido en el lugar clasificado, bajo condiciones de falla específica, es un ejemplo de aparato asociado.

Planos de Control. Un plano u otro documento suministrado por el fabricante del aparato de seguridad intrínseca o aparatos asociados que detalle las interconexiones permitidas entre el aparato de seguridad intrínseca y el asociado.

Circuitos de Seguridad Intrínseca Diferentes. Los circuitos de seguridad intrínseca diferentes son circuitos de seguridad intrínseca en los cuales las posibles interconexiones no han sido evaluadas y aprobadas como de seguridad intrínseca.

Aparatos de Seguridad Intrínseca. Aparatos en los cuales todos los circuitos son de seguridad intrínseca.

Circuito de Seguridad Intrínseca. Un circuito en el cual cualquier chispa o efecto térmico no es capaz de provocar la ignición de una mezcla de material inflamable o combustible, en el aire, en condiciones de ensayo determinadas.

NOTA: Las condiciones de prueba se describen en *Standard for Safety, Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and III,*

Division 1, Hazardous (Classified) Locations, ANSI/ UL 913-1988.

Sistema de Seguridad Intrínseca. Un conjunto de aparatos de seguridad intrínseca interconectados, aparatos asociados y cables de interconexión en que aquellas partes del sistema que puedan usarse en lugares peligrosos (clasificados) son circuitos de seguridad intrínseca.

NOTA: Un sistema de seguridad intrínseca puede incluir más de un circuito de seguridad intrínseca.

Aparato Simple. Un dispositivo que no genera ni almacena más de 1,2 Volt, 0,1 Ampere, 25 miliwatt o 20 microjoules.

NOTA: Ejemplos: suiches, termopares, diodos emisores de luz (LEDs), conectores y dispositivos de resistencias para medir temperatura (RTDs).

504-3. Aplicación de Otras Secciones. Con excepción de lo modificado por esta Sección, todas las demás Secciones de este Código aplicarán.

504-4. Aprobación de Equipos. Todos los aparatos de seguridad intrínseca y aparatos asociados deberán ser aprobados.

Excepción. Los aparatos simples, descritos en el plano de control, no requieren de aprobación.

504-10. Instalación de Equipos.

(a) **Plano de Control.** Los aparatos de seguridad intrínseca, aparatos asociados y demás equipos se instalarán de acuerdo con el (los) plano (s) de control.

Excepción. Un aparato simple que no interconecte circuitos de seguridad intrínseca.

NOTA: La identificación del plano de control se encontrará marcada sobre el aparato.

(b) **Ubicación.** Se permitirá que los aparatos de seguridad intrínseca y los asociados sean instalados en cualquier lugar peligroso (clasificado), para el cual hayan sido aprobados.

NOTA: Los aparatos asociados pueden instalarse en lugares peligrosos (clasificados), si están protegidos por otros medios permitidos por las Secciones 501 a 503.

Se permitirán las cubiertas de uso general para aparatos de seguridad intrínseca.

504-20. Métodos de Cableado. Se permitirá la instalación de aparatos y cableado de seguridad intrínseca mediante cualquiera de los métodos de cableado adecuados para

lugares no clasificados, incluyendo el Capítulo 7 y el Capítulo 8. El sellado será conforme al Artículo 504-70 y la separación conforme al Artículo 504-30.

504-30. Separación de Conductores De Seguridad Intrínseca.

(a) Respecto a Conductores de Circuitos que no sean de Seguridad Intrínseca.

(1) Cableado a la Vista. Los conductores y cables de circuitos de seguridad intrínseca que no se encuentren colocados en canalizaciones o bandejas para cables deberán fijarse y además separarse al menos 50 mm de los conductores y cables de circuitos que no sean de seguridad intrínseca.

Excepción: Cuando (1) todos los conductores del circuito de seguridad intrínseca sean cables del tipo MI o MC ó (2) todos los conductores del circuito que no sea de seguridad intrínseca estén en canalizaciones o sean cables del tipo MI o MC cuya cubierta o revestimiento es capaz de soportar la corriente de falla a tierra.

(2) En Canalizaciones, Bandejas para Cables y Cables. Los conductores de circuitos de seguridad intrínseca no se colocarán en canalizaciones, bandeja para cables o cables junto con conductores de circuitos que no son de seguridad intrínseca.

Excepción N°1: Cuando los conductores de los circuitos de seguridad intrínseca estén fijados y separados de los conductores de los circuitos que no son de seguridad intrínseca por una distancia de por lo menos 50 mm, o por un tabique metálico puesto a tierra o un tabique aislante aprobado.

NOTA 1: 50 mm es igual a 2 pulgadas aproximadamente.

NOTA 2: Por lo general, se consideran aceptables tabiques de hoja metálica N° 20, de un espesor de 912 micrómetros o menos.

Excepción N°2: Cuando (1) todos los conductores del circuito de seguridad intrínseca o (2) todos los conductores del circuito que no es de seguridad intrínseca estén en cubiertas metálicas o con revestimientos metálicos puestos a tierra, dichas cubiertas o revestimientos pueden conducir la corriente de falla a tierra.

NOTA: Normalmente, se consideran aceptables aquellos cables que cumplen con los requisitos de la Sección 330 y la 334.

(3) Dentro de Cubiertas.

a. Los conductores de los circuitos de seguridad intrínseca estarán separados 50 mm, por lo menos, de los conductores de los circuitos que no son de seguridad intrínseca, o como se especifica en el Artículo 504-30 (a)(2).

b. Todos los conductores estarán fijados o asegurados de tal manera que cualquier conductor que pudiera aflojarse de un terminal no llegará a estar en contacto con otro terminal.

NOTA 1: El uso de compartimientos de cableado separados para los terminales de seguridad intrínseca y los que no son de seguridad intrínseca es el mejor método para cumplir con este requerimiento.

NOTA 2: Para asegurar la separación requerida del cableado se pueden utilizar barreras físicas, tales como los tabiques metálicos puestos a tierra o tabiques de aislamiento aprobados o ductos de cableado aprobados para acceso restringido separados de los otros ductos al menos por 20 mm.

(b) Respecto a Conductores de Circuitos De Seguridad Intrínseca Diferentes. Los circuitos de seguridad intrínseca diferentes estarán en cables separados o estarán separados uno de otro mediante uno de los siguientes medios:

(1) Los conductores de cada circuito estarán dentro de una pantalla metálica puesta a tierra.

(2) Los conductores de cada circuito tendrán un aislamiento de un grosor mínimo de 254 micrómetros.

Excepción: Salvo que se apruebe de otra manera.

504-50. Puesta a Tierra.

(a) Aparatos De Seguridad Intrínseca, Aparatos Asociados y Canalizaciones. Los aparatos de seguridad intrínseca, aparatos asociados, pantallas de cables, cubiertas y canalizaciones que sean metálicas, deberán estar puestos a tierra.

NOTA: Puentes de unión adicionales a los electrodos de puesta a tierra pueden necesitarse para algunos aparatos asociados, por ejemplo, barreras de diodo zener, en caso que así se especifique en los planos de control. Véase *Installation of Intrinsically Safe Instrument System in Class I Hazardous Locations*. ANSI/ISA RP12.6 1987.

(b) Conexión a Electrodos de Puesta a Tierra. Siempre que sea necesaria una conexión al electrodo de puesta a tierra, este último deberá cumplir con lo especificado en el Artículo 250-81(a), (b), (c) y (d),

además con lo dispuesto en el Artículo 250-26(c). No se aplicará lo dispuesto en el Artículo 250-83, si se dispone de los electrodos especificados en el Artículo 250-81.

(c) **Pantallas.** Cuando se usen conductores o cables apantallados, la pantalla estará puesta a tierra.

Excepción: Cuando la pantalla sea parte de un circuito de seguridad intrínseca.

504-60. Puentes de Unión.

(a) **Lugares Peligrosos.** En lugares peligrosos (clasificados) los aparatos de seguridad intrínseca serán conectados con puentes de unión de acuerdo con el Artículo 250-78.

(b) **Lugares No Peligrosos.** Los aparatos asociados estarán conectados con puentes de unión de acuerdo con el Artículo 501-16(a), 502-16(a) o 503-16(a) según aplique, cuando, en lugares no peligrosos, se usen canalizaciones metálicas para el cableado del sistema de seguridad intrínseca en lugares peligrosos.

504-70. Sellado. Los tubos y cables que requieran estar sellados de acuerdo a la Sección 501-5 y 502-5 se sellarán para minimizar el paso de gases, vapores o polvos. No será necesario que tales sellos sean a prueba de explosión.

Excepción: Las cubiertas que contengan solamente aparatos de seguridad intrínseca no necesitan sellos, salvo lo que se especifica en el Artículo 501-5(f)(3).

504-80. Identificación. Las etiquetas exigidas por esta Sección serán adecuadas para el medio ambiente donde estén instaladas tomando en cuenta su exposición a químicos y a la luz solar.

(a) **Terminales.** Los circuitos de seguridad intrínseca estarán identificados en los terminales y las uniones de manera de evitar una interferencia accidental con los circuitos durante los ensayos y servicios.

(b) **Cableado.** Las canalizaciones, bandejas para cables y cables a la vista para sistemas de cableado de seguridad intrínseca estarán identificados con etiquetas permanentes con la inscripción "Cableado de Seguridad Intrínseca" o equivalente. Las etiquetas estarán colocadas de manera que sean visibles después de la instalación y que puedan localizarse fácilmente a lo largo de todo el cable. Los espacios entre las etiquetas no deben ser mayores de 7 m.

Excepción: Está permitida la identificación de los circuitos subterráneos al salir a la superficie.

NOTA 1: Es posible que los métodos de cableado permitidos para lugares no clasificados, se usen para sistemas de seguridad intrínseca en lugares peligrosos (clasificados). Sin etiquetas que

identifiquen la aplicación del cableado, las autoridades competentes no pueden determinar si las instalaciones cumplen con los requisitos de este Código.

NOTA 2: En lugares no clasificados, se hace indispensable la identificación para garantizar que en un futuro, por desconocimiento, se coloque en la canalización ya existente cable que no sea de seguridad intrínseca.

(c) **Código de Colores.** Se permitirá el código de colores para identificar mediante el color azul claro a los conductores de seguridad intrínseca cuando ningún otro conductor use dicho color. De igual modo, se usará el color azul claro para identificar las canalizaciones, bandejas de cables y cajas de empalmes que contengan sólo cableado de seguridad intrínseca.

ANEXO 12

Glosario de cables eléctricos.

ANEXO 12

GLOSARIO DE CABLES ELÉCTRICOS

AC	Cable armado.
ACSR	Cable de aluminio reforzado de acero.
ACT	Cable armado, con aislamiento plástico.
ACV	Aislamiento barnizado, con armadura . 5000V.
AL or ALS	Sufijo que denota un cable o alambre que tiene envoltura de aluminio.
AWG	American Wire Gauge. Anteriormente conocido como Brown & Sharpe Gauge. Es un estándar para determinar el área de un cable. Basado en el sistema circular mil, donde 1mil= 0.001"
BW	.Braided wire armor. Alambre armado trenzado
C	Cuerda para lámpara, dos o más conductores trenzado juntos. Aislamiento de Caucho, trenzado de algo. Para uso en lugares seco. 300V or 600V, 60°C.
CB	Cuerda con aislamiento de Caucho, con protección antiagua en cada conductor trenzado.
CPE	Componente de chaquetas formada de clorhidrato de polietileno.
CSPE or CP	Polietileno clorosulfonado. Conocido también como HYPALON.
CT	Designación dada a cables que reúnen los requerimientos UL para cables usados en bandeja.
CV	Vulcanización continua. Proceso realizado en el Caucho.
CX	Dos conductores, #18 AWG, aislamiento plástico, trenzado., 300V.
D	Usado como sufijo para indicar un para de alambres con dos conductores aislados. Puestos en paralelo bajo una cubierta no metálica.
D.C. or D-C	Corriente directa o continua.
EMT	Tubo eléctrico metálico.
EO	Cable para control e iluminación. Aislamiento de cobre, Trenza de algodón,

	chaqueta de neopreno. Puede tener un soporte de acero en el centro, 300V.
EP, EPR, EPM, EPDM	Cauchos diseñados en base a hidrocarbano de etileno propileno.
EX	Cable de termocupla
F	Banda plana con armadura metálica.
FEP	Fluorinated ethylene propylene. Material para aislamiento y cubierta, a 200°C de material termoplástico.
FFH-1	Alambre compuesto resistente al calor, igual a FF-1, 300V.
FFH-2	Igual al FFH-1 pero con 600V .
FRMR	Flame-retarding, moisture-resisting finish. Retardante al fuego, retardante a la humedad.
G	Aislamiento de Caucho, chaqueta de neopreno, cable de fuerza portable con dos o cinco No.8 AWG o más conductores con alambre de tierra.
G-GC	Cable tipo G, contiene alambre a tierra.
GRC	Conduit rígido galvanizado.
GRD	Abreviación a tierra.
H	Cable de fuerza blindado. Cable multiconductor, tiene aislamiento de papel o barnizado aplicado directamente sobre cada conductor. Cinta de blindaje sobre el aislamiento con cubierta protectora.
HF	Alambre con aislamiento de polietileno con o sin blindaje.
HL	Designación dada a cables MC que reúnen requerimiento NEC y UL para uso en División 1,2 de lugares peligrosos (MC-HL)
HPN	Cable con aislamiento de neoprene. Dos conductores. Construcción paralela. Para uso en lugares mojados.
I	Armadura de aluminio, bronce o acero.
IAC	Interlocked armor cable. Cable armado.
IMC	Conduit metálica intermedia.

IPE	Irradiated polyethylene tape. Cinta de polietileno
ITC	Cables en bandejas para instrumentación según el NEC.
kCmil	Unidad del área del conductor en miles de circular mils. Anteriormente MCM.
kV	Kilovolt - 1000 volts.
KVA	Kilovolt amperes
kW	Kilowatt - 1000 watts power.
L	Lead sheath. Cubierta conductora.
LCS	Longitudinal Corrugated Shield Protección corrugada longitudinal
LS	Low smoke. Bajo humo
M	Sufijo que indica dos o más aislantes, par de conductores bajo una cubierta no metálica.
MC	Conductor tipo NEC diseñado por el NEC para cables de fuerza y control encerrados en un suave envoltura metálica , soldado y envoltura metálica corrugada , o una cinta ensamblada armada
MCM	500 MCM is 500,000 circular mils.
MI	Cable con aislamiento mineral y recubrimiento metálico.
MIL	Abreviación para cables de uso militar. 0.001"
MTW	Aislamiento termoplástico. 90°C to 105°C, 600V.
MV	Medio voltaje, 5-35 kV. Cable medio voltaje. NEC designado por uno o múltiples conductores aislado, en rango de 2001 a 35000 volts.
MW	Alambre con aislamiento de polivinil, chaqueta de nylon, blindado. 1000V.
NBR/PVC	Polyvinyl chloride (PVC).
NM-B	Cable con vaina no metálica, cubierta plástica. Para uso en lugares secos..

	90°C.
NMC	Cable con vaina no metálica, cubierta de neoprene o plástico. Para uso en lugares secos o mojados y ambientes corrosivas.. 60°C.
PLTC	Cable para uso en Clase 2 o 3 de circuitos de fuerza, instrumentación, control y termocuplas.
P-NS	Un solo par o triada, no blindado, cable de instrumentación o extensión de termocupla.
P-OS	Un solo o múltiples pares o triadas con blindaje ó no blindado, cable de instrumentación o extensión de termocupla.
PVC	Polyvinyl Chloride. Material para aislamiento y cubiertas, el cual es usualmente retardante a la flama y resistente a algunos químicos.
RH	Aislamiento de Caucho, resistente al calor. 75°C.
RHH	Conductor tipo NEC, aislamiento resistente al calor, de caucho o XLPE, para uso en lugares secos. 90°C
RHW	Cable con aislamiento de Caucho, resistente al calor y resistente a la humedad. 75°C, para lugares secos o húmedos.
RHW-2	Conductor tipo NEC, aislamiento de caucho o XLPE, resistente al calor y humedad, para uso en lugares secos o húmedos..
RTA	Cable de comunicación con aislamiento termoplástico, blindaje de aluminio, chaqueta de polyethylene
SE	Cable de entrada a la acometida, uno o varios conductores con cubierta retardante a la llama y resistente a la humedad. 60°C - 75°C.
TC	Cable para bandeja, Tipo NEC diseñado para fuerza y control.
TF	Cable con cubierta termoplástico, sólido o 6 hilos, 60°C.
TFE	Teflon(tetrafluoroethylene).
TFF	Igual como TF pero más flexible.
TFFN	

Igual al TFF pero con cubierta de nylon.

TFN conductor tipo NEC, aislamiento PVC, chaqueta de nylon. para uso en localizaciones secas.

THHN

Cable tipo NEC con aislamiento de PVC, 90°C, 600V, chaqueta de nylon para uso en lugares secos

THHN-2

Same as THHN , con 90°C.

THW

Cable aislamiento de PVC. Retardante a la llama, resistente al calor y humedad. Lugares secos y húmedos. 75°C.

THWN

75°C , 600V chaqueta de nylon. Para lugares secos y mojados.

TPE

Aislamiento termoplástico elástico.

TPT

Como el TP pero aislamiento y chaqueta, 125V.

UF

Cable para circuito subterráneo de suministro.

UL

Cable para distribución subterránea.

USE

Cable para servicio de acometida, aislamiento de Caucho, chaqueta de neoprene. Subterráneo. Cubierta resistente a la humedad.

V

Aislamiento barnizado, con cubierta fibrosas..

VERTICAL TRAY FLAME TEST

Prueba aprobada por el UL or IEEE que demuestra que un solo conductor (1/0 AWG y más) o multiconductor de un cable puede no propagar un fuego en la prueba definida.

VG

Cinta barnizada sobre un conductor flexible. 600V or 3000V, 130°C.

VM

Indica un cable que tiene dos o mas conductores tipo V, enlazados junto bajo un cubierta fibrosa.

VOLTAGE LEVELS

Límite de fuerza: 0-300 voltios

Bajo voltaje: 600-20000 Volts

Medio voltaje: 5000-69000 Volts

Alto voltaje: 115kV y más.

VOLTAGE RATING kV: Convención industrial para identificar los niveles de voltaje, voltaje fase-fase.

VW-1

Prueba de flama vertical aplicada a un solo conductor. (antes llamado FR-1.)
Aprobada por el UL:

W

Cable de fuerza portable para trabajos duros, una a seis conductores, ,
600V, sin tierra.

XHHW

600V cross-linked polyethylene (XLP) insulated building wire. 90°C, para
lugares secos y húmedos , y lugares mojados a 75°C.

XHHW-2

Igual al XHHW con 90°C para lugares mojados.

Conductor tipo NEC diseñado para conductores con aislamiento resistente al
calor y humedad, para uso en lugares secos o mojados.

XLP

Cross-linked polyethylene.

XLPE

Aislamiento compuesto de Cross Linked Polyethylene

Z

Conductor tipo NEC diseñado para conductores con aislamiento para uso en
lugares secos.

ZW

Conductor tipo NEC diseñado para conductor con aislamiento ETFE para uso
en lugares secos o mojados.