

INDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1.

INSTALACIONES EN MÉXICO Y OTRAS PARTES DEL MUNDO DE CABLES DE POTENCIA SUBERRÁNEOS

1.1 Breve historia de los cables de potencia.	1
1.2 Cables de papel impregnado	1
1.2.1 Cables de presión interna en aceite.	2
1.2.2 Cables de presión interna de gas.	2
1.2.3 Cables de presión externa de nitrógeno.	2
1.2.4 Cables de presión externa de aceite.	3
1.2.5 Cables con aislamiento gaseoso.	3
1.3 Instalación de cables en México.	3
1.4 Instalación de cables de Extra Alta Tensión en el mundo.	8
1.5 Proyecto de Barajas, España.	11
1.5.1 Características del túnel y sistema de aterrizamiento.	13
1.6 Proyecto de Londres.	16
1.7 Diagrama de flujo para la instalación de un sistema de cable subterráneo.	18

CAPÍTULO 2

CONSIDERACIONES PARA LA TRANSICIÓN AEREO-SUBTERRÁNEO PARA EL ENLACE ENTE LAS SUBESTACIONES LA PAZ Y SANTA CRUZ EN EL VALLE DE MÉXICO.

2.1 Zonas metropolitanas.	19
2.1.1 Alta Densidad de Carga.	19
2.2 Áreas de Control en México.	20
2.3 El Área de Control Central.	20
2.4 La Zona Metropolitana del Valle de México	21
2.4.1 Demanda de energía eléctrica en la ZMVM	22
2.4.2 Generación aportada por la CFE al área central.	23
2.5 La Red Troncal de 400 kV. Anillo de de 400 kV.	24
2.6 Las Subestaciones de La Paz y Santa Cruz.	27

2.6.1 El Derecho de Vía.	28
2.7 Obra civil en diversos tipos de terreno.	29
2.7.1 Instalación en galería.	30
2.8 Estructuras de transición.	30
2.8.1 Postes troncopiramidales.	30
2.8.2 Torres.	31
2.9 Accesorios.	32
2.9.1 Empalmes.	32
2.9.2 Determinación de la distancia máxima entre empalmes.	34
2.9.3 Terminales.	35
2.9.4 Bahías.	37
2.9.5 Apartarrayos.	38

CAPÍTULO 3

CONCEPTOS GENERALES DE CABLE SUBTERRÁNEO.

3.1 Definición de cable subterráneo.	39
3.2 Conductor.	39
3.2.1 Capa semiconductor.	42
3.3 Aislamiento.	42
3.3.1 Niveles de aislamiento.	45
3.3.2 Segunda capa semiconductor sobre aislante	45
3.3.3 Cubiertas protectoras	46
3.4 Pantalla metálica	46
3.5 Características eléctricas.	47
3.5.1 Capacitancia.	47
3.5.1.1 Constante dieléctrica, Permitividad, SIC.	48
3.5.1.2 Corriente de carga en CA	49
3.5.1.3 Componente resistiva de la corriente de carga.	49
3.5.1.4 Factor de potencia (tan delta)	49
3.5.2 Reactancia capacitiva.	50
3.5.3 Inductancia.	50
3.5.4 Reactancia inductiva del cable.	52
3.5.5 Impedancia en el conductor del cable.	52

3.5.6 Resistencia en Corriente Alterna.	53
3.5.6.1 Resistencia del conductor en Corriente Directa.	53
3.5.6.2 Efecto de cableado.	53
3.5.6.3 Resistencia del conductor en corriente alterna.	55
3.5.6.4 Factor de efecto piel (Ys)	55
3.5.6.5 Efecto de proximidad, factor (Yp)	55
3.6 Resistencia de aislamiento del cable.	56

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA APLICABLE A LINEAS SUBTERRÁNEAS

4.1. Diagrama unifilar del anillo de 400 kV de la zona metropolitana del valle de México	58
4.1.1. Líneas alimentadoras que parten de una sola fuente.	60
4.1.2. Líneas alimentadoras que parten de dos o más fuentes.	60
4.2 Cálculos Eléctricos.	60
4.2.1 Sección transversal de conductores.	61
4.2.2 Capacidad de conducción de corriente (ampacidad).	61
4.3 Pérdidas.	62
4.3.1 Pérdidas en el conductor	64
4.3.2 Pérdidas en el aislamiento XLPE.	65
4.3.3 Pérdidas en las pantallas o cubiertas metálicas.	65
4.4 Regulación de tensión	66
4.5 Cortocircuito.	68
4.6 Componentes simétricas.	68
4.7 Potencia en función de las componentes simétricas	70
4.8 Sistema por unidad.	71
4.8.1 Cantidades base	71
4.9 Análisis de fallas de corto circuito.	72
4.10 Cálculo de corrientes de corto circuito.	74
4.11 Conexiones de pantallas.	78
4.11.1 Conexión en un solo punto.	78
4.11.2 Conexión en dos puntos.	78
4.12 Pantallas cruzadas (Cross-Bonding)	79

CONCLUSIONES	83
REFERENCIAS	84
ANEXO A	87
TABLA A1a. Datos técnicos para cables monopoles para 400 kV ($U_m = 420$ kV) de ABB	
TABLA A1b. Datos técnicos para cables monopoles para 400 kV ($U_m = 420$ kV) de BRUGG Cables	
TABLA A2. Máxima resistencia en corriente directa a 20 °C en [ohm/km] según estándar IEC	
TABLA A3. Resistencia nominal en corriente directa a 20 °C en [ohm/km] según estándar ICEA	
TABLA A4. Máxima corriente de corto circuito en el conductor durante 1 segundo en kiloamperes.	
TABLA A5. Máxima corriente de corto circuito en pantalla metálica durante 1 segundo en kiloamperes.	
TABLA A6a. Valores de corriente para sistemas de cables XLPE de ABB	
TABLA A6b. Valores de corriente para sistemas de cables XLPE de BRUGG Cables	
ANEXO B	94
Memoria de cálculo para cable monopolar de 2000 mm ² con datos de "ABB XLPE cable systems user's guide"	