	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 1 de 168

GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR EL DISEÑO DEL COMPONENTE ELECTROMECÁNICO, PARA SUBESTACIONES DE TIPO CONVENCIONAL, DE MEDIA TENSIÓN, PARA UN SISTEMA DE DISTRIBUCION LOCAL - SDL

Versión No 5



21/02/2024

	ELABORÓ		REVISÓ	
NOMBRE:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre
CARGO:	Estudiante Ing. Eléctrica	Estudiante Ing. Eléctrica	Director	Codirector


 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024	
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL			
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 2 de 168	

TABLA DE CONTENIDO



1.	INTRODUCCIÓN	12
2.	OBJETO	13
3.	ALCANCE	13
4.	DEFINICIONES	13
5.	MARCO NORMATIVO EXTERNO	17
6.	ALINEACIÓN REGULATORIA	19
6.1.1.	INTERVENCIÓN DE PERSONAS CON LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES	19
6.1.2.	RESPONSABILIDAD DE LOS DISEÑADORES.	19
6.1.3.	ESPACIOS PARA EL MONTAJE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS.....	21
6.1.4.	RESPONSABILIDAD DE LOS CONSTRUCTORES.....	21
6.1.5.	PRODUCTOS USADOS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	22
7.	CUESTIONAMIENTOS OPORTUNOS	22
8.	PROCESO GENERAL DE DISEÑO	26
8.1.	INFORMACIÓN DE ENTRADA	26
8.1.1.	INFORMACIÓN GENERAL	26
8.2.	DATOS DEL SISTEMA.....	27
8.2.1.	NIVELES DE TENSIÓN	27
8.2.2.	ESTUDIO DE FLUJO DE CARGAS.....	27
8.2.3.	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MÁXIMA.....	27
8.2.4.	REQUERIMIENTOS DE ESTABILIDAD PARA EL SISTEMA.....	28
8.2.5.	CAPACIDAD MAXIMA DE TRANSPORTE Y LONGITUD DE LAS LINEAS DE DISTRIBUCION.....	29
8.2.6.	SOBRETENSIONES TRANSITORIAS Y DE REGIMEN PERMANENTE ...	29
8.2.7.	PARÁMETROS REQUERIDOS PARA NIVEL DE TENSIÓN 34.5 KV Y 13.8 KV	30
9.	CRITERIOS GENERALES EN LA EJECUCIÓN DEL DISEÑO	30
9.1.	ESTUDIOS DEL SISTEMA.....	30
9.1.1.	COORDINACIÓN DE PROTECCIONES	31
9.1.2.	ESTUDIOS DE ARCO ELÉCTRICO	32
9.2.	SITIO O LOTE DONDE SE CONSTRUIRÁ LA SUBESTACIÓN	32
9.2.1.	CARACTERISTICAS DEL SITIO	32

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 3 de 168



9.2.2.	ESTUDIOS TOPOGRAFICOS.....	33
9.2.3.	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS	33
9.2.4.	ESTUDIOS SISMICOS.....	33
9.2.5.	CONDICIONES SÍSMICAS DE LOS EQUIPOS DE PATIO	34
9.2.6.	ASPECTOS AMBIENTALES	34
9.2.7.	URBANIZACIÓN Y DISPOSICIÓN FÍSICA.....	35
9.3.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	36
9.4.	SERVICIOS AUXILIARES	36
9.5.	COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO.....	36
10.	SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIONES.....	37
10.1.	SISTEMA DE CONTROL.....	37
10.2.	SISTEMAS DE PROTECCIONES	39
10.3.	SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN.....	39
10.4.	SISTEMAS DE ENCLAVAMIENTO	40
10.4.1.	ENCLAVAMIENTO DE OPERACIÓN EN SISTEMAS SAS	41
10.4.2.	ENCLAVAMIENTOS DE OPERACIÓN EN SISTEMAS CONVENCIONALES DE CONTROL.....	42
11.	ESTRUCTURAS METÁLICAS	42
11.1.	CRITERIOS EN EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	43
11.2.	CONDICIONES CRITICAS PARA EL DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS.....	43
11.3.	CARGAS	44
11.4.	CARGAS DE TENSIÓN ESTÁTICA Y ELECTRODINÁMICA	44
11.5.	CARGAS GRAVITATORIAS.....	44
11.6.	CARGAS DE VIENTO	44
11.7.	CARGAS DE SISMO	45
11.8.	CARGAS DE MONTAJE Y MANTENIMIENTO.....	45
11.9.	COMBINACIÓN DE CARGAS Y SOBRECARGAS.....	45
12.	CONFIGURACIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.....	46
12.1.	FLEXIBILIDAD.....	46
12.2.	CONFIABILIDAD	46
12.3.	SEGURIDAD	46
12.4.	CRITERIOS O PASOS PARA LA SELECCIÓN DE LA MEJOR CONFIGURACIÓN	47

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 4 de 168


13. CONFIGURACIÓN DE BARRAJE.....	47
13.1. BARRA SENCILLA	47
13.2. BARRA PRINCIPAL, MÁS BARRA DE TRANSFERENCIA	47
13.3. DOBLE BARRA	48
13.4. DOBLE BARRA MÁS SECCIONADOR DE BY-PASS	48
14. ANÁLISIS DE CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ..	48
14.1. IDENTIFICAR EL TIPO O FUNCIÓN QUE CUMPLIRÁ LA SUBESTACIÓN Y NECESIDADES DE FLEXIBILIDAD, CONFIABILIDAD Y SEGURIDAD	48
14.2. FACILIDAD DE EXTENSIÓN Y MODULACIÓN, SEGÚN SEA LA PLANEACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE LA EMPRESA PROPIETARIA DE LA SUBESTACIÓN	49
14.3. PRESELECCIONAR LOS TIPOS DE CONFIGURACIÓN	50
14.4. ANÁLISIS DE COSTOS, ÁREA NECESARIA, FACILIDAD MANTENIMIENTOS Y CONTROL	50
14.5. EFECTOS DE MANTENIMIENTO EN LA SEGURIDAD DEL SISTEMA.....	53
14.6. REVISIÓN DE CADA UNA DE LAS CONFIGURACIONES Y ESTABLECER LA MÁS ADECUADA	53
15. METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE BARRA	53
16. EQUIPOS.....	54
16.1. EQUIPOS QUE DEBERÁN SER INSTALADOS EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE TIPO CONVENCIONAL	55
16.1.1. AISLADORES.....	56
16.1.2. SECCIONADOR SIN CARGA	58
16.1.3. SECCIONADOR BAJO CARGA	60
16.1.4. DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES.....	62
16.1.5. TRANSFORMADOR DE TENSIÓN	63
16.1.6. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	65
16.1.7. CORTA CIRCUITOS	67
16.1.8. INTERRUPTOR DE POTENCIA.....	69
16.1.9. TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	71
16.1.10. CELDAS EN 34.5 kV Y 13.8 kV	73
16.1.11. CELDA DE ENTRADA Y SALIDA DE LÍNEA, TIPO GIS 34.5 kV.....	73
16.1.12. CELDA DE ENTRADA Y SALIDA DE LÍNEA, TIPO AIS 13.8 kV	76
16.1.13. CELDA GIS DEL TRANSFORMADOR PARA 34.5 kV (ENLACE TRANSFORMADOR)	79

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 5 de 168



16.1.14. CELDA AIS DEL TRANSFORMADOR PARA 34.5 kV (ENLACE TRANSFROMADOR)	82
16.1.15. CELDA AIS DEL TRANSFORMADOR PARA 13.8 kV (ENLACE TRANSFORMADOR)	86
16.2. CERTIFICACIONES PARA CELDAS EN MEDIA TENSIÓN.....	92
17. TABLEROS	93
17.1. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS PARA TABLEROS	94
17.2. CERTIFICACIONES DE TABLEROS	95
18. CONDUCTORES	96
18.1. CAPACIDADES NOMINALES, DE EQUIPOS Y CONDUCTORES	98
18.2. CONSIDERACIONES PARA CONDUCTORES EN BANCOS DE DUCTOS	98
18.3. CONSIDERACIONES PARA CONDUCTORES EN CÁRCAMO.....	99
18.4. CAPACIDAD DE CORTOCIRCUITO	100
18.5. REGULACIÓN DE TENSIÓN	100
18.6. CONEXIÓN ENTRE EQUIPOS DE PATIO	101
18.7. CONDUCTORES DE BARRA	102
18.7.1. DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE POR CALENTAMIENTO	103
18.7.2. CONTROL DE CALENTAMIENTO EN CORTOCIRCUITO	103
18.7.3. CONTROL DE CAÍDA DE TENSIÓN.....	103
18.7.4. CAPACIDAD DE CORRIENTE	104
18.7.5. MATERIALES USADOS	104
18.7.6. TIPOS DE CONDUCTORES PARA BARRA	104
18.8. CONDUCTORES HOMOLOGADOS	106
19. DISTANCIAS DE SEGURIDAD	107
19.1. PROCEDIMIENTO	108
19.2. PARÁMETROS DE ENTRADA.....	108
19.3. DISTANCIAS DE SEGURIDAD PARA SUBESTACIONES TIPO EXTERIOR .	109
19.3.1. DISTANCIAS MÍNIMAS FASE-TIERRA.....	109
19.3.2. VALOR BÁSICO.....	110
19.3.3. DISTANCIA DE SEGURIDAD	110
19.3.4. MOVIMIENTO DE PERSONAL	111
19.3.5. MOVIMIENTO VEHICULAR	112
19.3.6. DISTANCIAS PARA MANTENIMIENTO EN EQUIPOS.....	112

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024	
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL			
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 6 de 168	

19.3.7.	DISTANCIA CERCO PERIMETRAL	113
19.3.8.	DISTANCIA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA EL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	114
19.4.	DISTANCIAS DE SEGURIDAD PARA SUBESTACIONES TIPO INTERIOR...	115
19.4.1.	DISTANCIAS MÍNIMAS DE APROXIMACIÓN PARA EQUIPOS ENERGIZADOS	115
19.4.2.	DEFINICIÓN DE LOS ESPACIOS Y ALTURA AL INTERIOR DEL EDIFICIO	116
20.	DISPOSICIÓN FÍSICA	120
20.1.	ANCHO DE BARRA	120
20.2.	ANCHO DE CAMPO.....	121
20.3.	ALTURA DE CAMPO	122
20.4.	LONGITUD DE CAMPO	123
20.5.	VERIFICACIÓN DE ÁREAS	123
20.6.	CASETA DE CONTROL SUBESTACIONES CONVENCIONALES	124
20.7.	DISPOSICIÓN SUBESTACIONES TIPO EXTERIOR.....	125
20.7.1.	CONFIGURACIÓN BARRA SENCILLA	126
20.7.2.	CONFIGURACIÓN BARRA SENCILLA SECCIONADA.....	127
20.7.3.	CONFIGURACIÓN BARRA SENCILLA CON SECCIONADOR DE BY-PASS	128
20.7.4.	CONFIGURACIÓN BARRA PRINCIPAL MÁS BARRA DE TRANSFERENCIA	130
20.7.5.	CONFIGURACIÓN DOBLE BARRA	132
20.7.6.	CONFIGURACIÓN DE DOBLE BARRA MÁS SECCIONADOR DE BY-PASS	134
21.	SEÑALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN	136
21.1.	SEÑAL DE RIESGO ELÉCTRICO	136
21.2.	IDENTIFICACIÓN DE FASES	137
21.3.	CÓDIGO DE COLORES.....	137
21.4.	IDENTIFICACIÓN DE CIRCUITOS Y NIVEL DE TENSIÓN	138
22.	REFERENCIAS	138
23.	ANEXO 1. CÁLCULO DE EFECTOS Y DEFINICIONES A CAUSA DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MÁXIMAS.....	141
23.1.	CONDUCTORES RIGIDOS.....	141
23.2.	CÁLCULO DE FUERZAS ELECTROMAGNÉTICAS	142

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 7 de 168

23.3.	CÁLCULO DE TENSIONES MECÁNICAS EN CONDUCTORES	143
23.4.	CONDUCTORES AISLADOS	144
23.5.	CONDUCTORES FLEXIBLES.....	144
23.6.	EFFECTOS TÉRMICOS SOBRE CONDUCTORES DESNUDOS	144
23.7.	CÁLCULO DE LA CORRIENTE TÉRMICA EQUIVALENTE DE CORTOCIRCUITO 144	
23.8.	CALENTAMIENTO Y VALOR ASIGANDO DE LA DENSIDAD DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO	145
24.	ANEXO 2. OBRAS CIVILES.....	145
24.1.	ADECUACIÓN DEL SITIO.....	146
24.1.1.	ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA LAS OBRAS CIVILES	146
24.1.2.	PREDISEÑO	146
24.1.3.	OPTIMIZACIÓN DE LA ADECUACIÓN.....	147
24.1.4.	DISEÑO DEFINITIVO.....	147
24.2.	DRENAJE.....	147
24.2.1.	ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA EL DRENAJE	147
24.3.	VÍAS	148
24.4.	CIMENTACIONES.....	148
24.5.	CARRILERAS.....	149
24.6.	FOSOS Y MUROS CORTAFUEGO.....	150
24.7.	EDIFICACIONES.....	151
25.	ANEXO 3. TIPOS DE ESQUEMAS DE CONEXIÓN DE BARRAS	152
25.1.	BARRA SENCILLA.....	152
25.2.	BARRA PRINCIPAL MÁS BARRA DE TRANSFERENCIA	154
25.3.	DOBLE BARRA	156
25.4.	DOBLE BARRA MÁS SECCIONADOR DE BY-PASS	158
26.	ANEXO 4. EFFECTOS DE MANTENIMIENTO EN LA SEGURIDAD DEL SISTEMA 160	
27.	ANEXO 5. ESQUEMAS DE EQUIPOS	161
27.1.	AISLADORES.....	161
27.2.	SECCIONADOR SIN CARGA	162
27.3.	SECCIONADOR BAJO CARGA	163
27.4.	DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES.....	163
27.5.	TRANSFORMADOR DE TENSIÓN	164

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 8 de 168

27.6. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	164
27.7. CORTACIRCUITOS	165
27.8. INTERRUPTOR DE POTENCIA.....	165
27.9. TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	166
27.10. CELDAS EN 34.5 kV y 13.8 kV.....	167
27.11. TABLEROS	167
27.12. CONDUCTORES.....	168

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Preguntas mínimas previas al proceso general de diseño.....	24
Tabla 2. Niveles de tensión.....	27
Tabla 3. Valores normalizados para corriente de cortocircuito de algunos fabricantes para equipos en media tensión.	28
Tabla 4. Parámetros del sistema para nuevas subestaciones.....	30
Tabla 5. Estudios del sistema al que se conectará la subestación.....	31
Tabla 6. Características ambientales para considerar en el diseño de nuevas subestaciones.....	33
Tabla 7. Estudios técnicos por realizar en el sitio seleccionado para el levantamiento de la subestación.	35
Tabla 8. Tipos de subestaciones, función y necesidades.....	49
Tabla 9. Costo, área requerida aproximada, facilidad en mantenimiento y control para cada configuración.	52
Tabla 10. Requisitos mínimos para selección de aisladores.	56
Tabla 11. Requisitos mínimos para selección de seccionadores sin carga.	58
Tabla 12. Requisitos mínimos para seccionador de operación bajo carga.	60
Tabla 13. Requisitos mínimos para el DPS.....	62
Tabla 14. Requisitos mínimos para transformadores de tensión.....	63
Tabla 15. Requisitos mínimos para transformadores de corriente.....	65
Tabla 16. Requisitos mínimos para cortacircuitos.	67
Tabla 17. Requisitos mínimos para interruptores.	69
Tabla 18. Requisitos mínimos para el transformador de potencia.	71
Tabla 19. Requisitos para celda GIS de línea en 34.5 kV.	76
Tabla 20. Requisitos para celda AIS de línea en 13.8 kV.....	79
Tabla 21. Requisitos para celda GIS de transformador 34.5 kV.....	81
Tabla 22. Requisitos para celda AIS de transformador 34.5 kV.	86
Tabla 23. Requisitos para celda AIS de transformador 13.8 kV.	90
Tabla 24. Elementos que pueden constituir un tablero o gabinete.	93
Tabla 25. Alturas recomendadas para medidores y protecciones.	95
Tabla 26. Criterios de corriente nominal y de diseño de los equipos y circuitos.	98
Tabla 27. Parámetros para la selección de conductores en ducto.	99
Tabla 28. Parámetros para la selección de conductores en cárcamo.	100
Tabla 29. Cables de aluminio semiaislado homologados para 13.8 kV y 34.5 kV.	106



 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024	
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL			
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 9 de 168	

Tabla 30. Cables monoplares aislado homologado para 13.8 kV.....	107
Tabla 31. Cables de cobre aislado homologado para 13.8 kV y 34.5 kV.....	107
Tabla 32. Parámetros de entrada para el dimensionamiento de las distancias de seguridad.	109
Tabla 33. Niveles de aislamiento normalizados para 13.8 kV y 34.5 kV.....	109
Tabla 34. Correlación entre tensiones de impulso tipo rayo y distancia mínima en aire.	109
Tabla 35. Valor básico para 13.8 kV y 34.5 kV.....	110
Tabla 36. Dimensiones promedio del operador.....	111
Tabla 37. Movimiento de personal para subestaciones tipo exterior.	111
Tabla 38. Distancias de seguridad para el movimiento de personal.....	111
Tabla 39. Distancias de seguridad para cerco perimetral.....	113
Tabla 40. Distancias de separación para transformadores aislados en aceite.	114
Tabla 41. Distancias mínimas para trabajos cerca de partes energizadas en corriente alterna.	115
Tabla 42. Distancias mínimas para trabajos cerca de partes energizadas en corriente directa.....	116
Tabla 43. Alturas mínimas para las celdas.....	117
Tabla 44. Espacio de trabajo para celdas y tableros.	117
Tabla 45. Distancias para celdas y tableros al interior del edificio o cuarto de celdas.	119
Tabla 46. Equipos para configuración bahía de línea y transformador en barra sencilla con vista de planta y perfiles.	129
Tabla 47. Equipos para configuración bahía de línea y transformador en barra principal más barra de transferencia con vista de planta y perfiles.	131
Tabla 48. Equipos para configuración bahía de línea y transformador en doble barra con vista de planta y perfiles.	133
Tabla 49. Equipos para configuración bahía de línea y transformador en doble barra más seccionador de By-Pass con vista de planta y perfiles.....	135
Tabla 50. Proporciones de las dimensiones del pictograma de riesgo eléctrico.	137
Tabla 51. Código de colores para conductores en CA.	137
Tabla 52. Código de colores para conductores en CC.	138
Tabla 53. Temperaturas máximas recomendadas de conductores sometidos a esfuerzos durante un cortocircuito.	145
Tabla 54. Aspectos de la configuración barra sencilla.....	153
Tabla 55. Aspectos de la configuración barra sencilla más barra se transferencia.....	155
Tabla 56. Aspectos de la configuración doble barra.....	157
Tabla 57. Aspectos de la configuración doble barra más seccionador de By-Pass.	159
Tabla 58. Efectos de mantenimiento.....	160

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma del proceso general de diseño.....	25
Figura 2. Flujograma de procedimiento para estudio de coordinación de aislamiento según IEC 60099-5 del 2018.	37
Figura 3. Niveles del sistema de control.....	38
Figura 4. Estructura metálica en celosía.	43



 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 10 de 168

Figura 5. Desarrollo modular de barrajes.	50
Figura 6. Metodología para selección de configuración de barraje.....	53
Figura 7. Metodología de selección de aisladores.	57
Figura 8. Metodología de selección de seccionadores de operación sin carga.	59
Figura 9. Metodología de selección de seccionadores bajo carga.	61
Figura 10. Metodología de selección para la selección del DPS.	62
Figura 11. Metodología de selección del transformador de tensión.....	64
Figura 12. Metodología de selección del transformador de corriente.	66
Figura 13. Metodología de selección del cortacircuitos.	68
Figura 14. Metodología de selección para interruptores de potencia.	70
Figura 15. Metodología de selección para transformador de potencia.	72
Figura 16. Metodología de selección para las celdas.....	91
Figura 17. Metodología de selección para conductores.	97
Figura 18. Representación de ductos subterráneos.	98
Figura 19. Representación de ductos conductores en cárcamo.	99
Figura 20. Configuración recomendada para conductores flexibles.	102
Figura 21. Metodología para selección de conductor de barra.....	105
Figura 22. Metodología de procedimiento para el dimensionamiento de las distancias de seguridad.....	108
Figura 23. Movimiento vehicular con un ancho de vía de 5000 mm (Ejemplo).	112
Figura 24. Distancias de seguridad para mantenimiento liviano sobre equipos.....	113
Figura 25. Zonas de seguridad.	113
Figura 26. Distancias de seguridad para cerco perimetral.	114
Figura 27. Distancias de seguridad para transformadores aislados en aceite.....	115
Figura 28. Límites de aproximación (Tomado del Artículo 13 Capítulo 2 del RETIE).....	116
Figura 29. Condición 1 para tensión entre 9001 - 25000 V.	117
Figura 30. Condición 2 para tensión entre 9001 - 25000 V.	118
Figura 31. Condición 3 para tensión entre 9001 - 25000 V.	118
Figura 32. Ancho de barra determinado por la separación entre fases.	121
Figura 33. Ancho de campo determinado por la estructura adyacente a los equipos.	121
Figura 34. Altura de campo.....	122
Figura 35. Distribución típica para subestacion de tipo convencional exterior.....	123
Figura 36. Disposición típica para caseta de control.	125
Figura 37. Vista de planta configuración barra sencilla.	126
Figura 38. Perfil bahía de línea configuración barra sencilla.	126
Figura 39. Perfil bahía de transformador configuración barra sencilla.....	127
Figura 40. Vista de planta configuración barra sencilla seccionada.	127
Figura 41. Perfil bahía de línea configuración barra sencilla seccionada.	128
Figura 42. Perfil bahía de transformador configuración barra sencilla seccionada.	128
Figura 43. Vista de planta configuración barra sencilla con seccionador de By-Pass.....	129
Figura 44. Perfil bahía de línea configuración barra sencilla con seccionador de By-Pass.	129
Figura 45. Perfil bahía de transformador configuración barra sencilla con seccionador de By-Pass.	129
Figura 46. Vista de planta configuración barra principal más barra de transferencia.....	130





 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 11 de 168

Figura 47. Perfil bahía de línea configuración barra principal más barra de transferencia.	131
Figura 48. Perfil bahía de transformador configuración barra principal más barra de transferencia.	131
Figura 49. Bahía de acople configuración barra principal más barra de transferencia....	131
Figura 50. Vista de planta configuración doble barra.	132
Figura 51. Perfil bahía de línea configuración doble barra.	133
Figura 52. Perfil bahía de transformador configuración doble barra.	133
Figura 53. Figura 75. Bahía de acople configuración doble barra.	133
Figura 54. Vista de planta configuración doble barra más seccionador de By-Pass.....	134
Figura 55. Perfil bahía de línea configuración doble barra más seccionador de By-Pass.	135
Figura 56. Perfil bahía de transformador configuración doble barra más seccionador de By-Pass.	135
Figura 57. Perfil bahía de acople configuración doble barra más seccionador de By-Pass.	135
Figura 58. Señal de riesgo eléctrico.	136
Figura 59. Dimensiones del pictograma de riesgo eléctrico.	136
Figura 60. Placa de identificación de fases.	137
Figura 61. Cargas en equipos y cimentaciones.	149
Figura 62. Vista de planta del foso.	150
Figura 63. Vista de corte del foso.	151
Figura 64. Configuración de barra sencilla con y sin seccionamiento y seccionador de By-Pass.	152
Figura 65. Configuración de barra principal más barra de transferencia con y sin seccionamiento de barra.	154
Figura 66. Configuración doble barra.	156
Figura 67. Configuración doble barra más seccionador de By-Pass.	158
Figura 68. Aisladores para retención y tipo line post.	161
Figura 69. Seccionador sin carga tipo apertura central.	162
Figura 70. Seccionador sin carga tipo cuchilla y en SF6.	163
Figura 71. Dispositivo de protección contra sobretensiones "DPS".	163
Figura 72. Transformador de tensión.	164
Figura 73. Transformador de corriente.	164
Figura 74. Cortacircuitos.	165
Figura 75. Interruptor de potencia tipo intemperie.	165
Figura 76. Transformador de potencia.	166
Figura 77. Celdas tipo AIS y GIS.	167
Figura 78. Tablero para control y protección.	167
Figura 79. Conductor ACSR y XLPE monopolar.	168



 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 12 de 168

1. INTRODUCCIÓN

El continuo crecimiento de la densidad poblacional y urbanística, normado a través de esfuerzos legales como los *Planes de Ordenamiento Territorial – POTs*, *Planes Básicos de Ordenamiento Territorial – PBOTs*, *Esquemas de Ordenamiento Territorial – EOTs* y demás instrumentos de las planeaciones municipales, ha hecho que los Operadores de Red continuamente deban enfrentarse a la ampliación, expansión, modernización, construcción y reposición de sus activos, para poder atender el crecimiento de la demanda de manera oportuna y eficiente, bajo la atenta mirada de los entes reguladores que cada vez son más exigentes a fin de cumplir con todo lo correspondiente al marco legal; lo cual implica que en muchas ocasiones se presenten situaciones donde los plazos para la formulación, planeación y ejecución de dichos proyectos se vean afectados de manera relevante.

Dado esto se hace necesario que se generen lineamientos y/o criterios mínimos que faciliten la formulación de proyectos de expansión, modernización y construcción en el área de las subestaciones eléctricas de media tensión del tipo convencional, que puedan requerirse en el marco de la planeación para un Sistema de Distribución Local – SDL. Lo anterior, en consideración a que las subestaciones eléctricas de media tensión del tipo convencional, son uno de los elementos clave para la atención del mercado eléctrico y permanente expansión de un SDL, y dentro de los componentes principales que constituyen y/o impactan la subestaciones eléctricas se contemplan temas como: la selección del lote, los estudios y obras civiles, el componente electromecánico (canalizaciones, cableado, pórticos, barras, transformadores, interruptores, celdas, etc.), servicios auxiliares, sistema de protecciones, sistema de puesta a tierra, sistema de comunicaciones y control, entre otros.

Por lo tanto, con este documento se pretende proporcionar una guía que oriente el diseño de este tipo de subestaciones en su componente electromecánico, de manera separada (patio y cuarto de control), lo cual constituye uno de los principales ejes del diseño y la construcción de la misma; de manera que se posibilite la definición de criterios base en concordancia con lo requerido por el sistema y que se ajuste a las normas aplicables, facilitando de esta forma que se reduzcan los tiempos de formulación y diseño, así como lograr una mayor estandarización en su construcción.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 13 de 168

2. OBJETO

Desarrollar una guía metodológica que proporcione a los diseñadores y desarrolladores de subestaciones eléctricas de media tensión convencionales una herramienta práctica y útil para el diseño del componente electromecánico, desde la selección de equipos, hasta su instalación y puesta en marcha, a través de información detallada sobre las mejores prácticas, técnicas y estándares internacionales (*IEC, IEEE y ASTM*) que permitan el diseño y construcción de subestaciones de alta calidad, seguras y eficientes, que satisfagan los requisitos impuestos para un sistema de distribución local – SDL.

3. ALCANCE

El alcance de esta guía metodológica se centra en el desarrollo de un documento donde se fijen y proporcionen directrices y criterios base para la selección, dimensionamiento y configuración adecuada para orientar el diseño del componente electromecánico en subestaciones eléctricas convencionales de media tensión. En ella se describirán los criterios y las pautas que deben tenerse en cuenta al seleccionar, planificar, instalar y poner en marcha estos componentes en función de las normas técnicas nacionales/internacionales aplicables y las mejores prácticas establecidas, dando como resultado una herramienta eficaz útil para ingenieros, técnicos o profesionales involucrados en las fases de diseño/construcción/puesta en marcha de este tipo de subestaciones al tiempo que promueve una mayor estandarización durante los procesos de construcción de este tipo de instalaciones. Es de aclarar que los aspectos que engloba la parte civil, apantallamiento y servicios auxiliares no serán objeto de estudio de esta guía, pero si se especificara de manera muy general todo lo que se deberá tener presente en cada uno de estos aspectos a la hora de realizar el diseño de una subestación.

4. DEFINICIONES

AISLAMIENTO: Sistema de protección que evita el contacto directo entre partes conductoras y personas o el medio ambiente.


ANCHO DE CAMPO: Distancia entre los ejes de las columnas que forman el pórtico de entrada de la línea de transmisión.

ACOPLE: Operación mediante la cual se enlazan los barrajes constitutivos de una subestación. Nombre que se asigna al campo de conexión de barrajes.

ARCO ELÉCTRICO: Nube de plasma formada en el espacio entre dos electrodos a una diferencia de potencial suficiente.

BIL: Nivel básico de aislamiento ante impulsos tipo rayo.

BARRAJE: Punto común de conexión de los diferentes circuitos asociados a una subestación (nodo del sistema).

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 14 de 168

BAHIA: Conjunto de los equipos de una subestación para la maniobra, protección y medida de un circuito que se conecta a ella.

CAMPO: Espacio ocupado por el conjunto de equipos pertenecientes a una misma salida de la subestación.

CORRIENTE DE FALLA: Corriente que fluye de un conductor a tierra o a otro conductor debido a una conexión anormal.

CONFIGURACION: Ordenamiento dado a los equipos de maniobra de una subestación que permite definir sus propiedades y características de operación.

CORRIENTE NOMINAL: Es la corriente que puede manejar la subestación y los equipos que la componen sin sufrir daños.

CORRIENTE INRUSH: También llamada corriente de magnetización o excitación es una corriente transitoria de alta intensidad que fluye a través del transformador en el momento de su energización.

CONDUCTOR: Elemento diseñado para conducir corriente y utilizado para interconectar los terminales de los diferentes equipos eléctricos.

CORTOCIRCUITO: Es una conexión eléctrica directa entre dos puntos de diferente potencial eléctrico. En el caso de una subestación, un cortocircuito puede causar daños en los equipos y poner en peligro la seguridad de las personas.

CONTAMINACIÓN: Liberación artificial de sustancias o energía hacia el entorno y que puede causar efectos adversos en el ser humano, otros organismos vivos, equipos o el medio ambiente.

DISPOSICION FISICA: Ordenamiento físico de los diferentes equipos y barrajes constitutivos del patio de conexiones enlazados de acuerdo con el tipo de configuración de la subestación.

DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIÓN: Dispositivo que limita las sobretensiones transitorias en el sistema eléctrico debido a rayos o conmutaciones al dirigir la corriente a tierra.



DISTANCIA DE SEGURIDAD: Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

DISTANCIAS CRITICAS: Son las distancias mínimas para conservar un aislamiento determinado.

DISTANCIAS MINIMAS EN EL AIRE: Son todos aquellos valores que garantizan la soportabilidad dieléctrica de la subestación en el aire ante los impulsos de tensión tipo rayo, maniobra o sobretensiones a frecuencia industrial.

DISTANCIA DE TRABAJO: Es la distancia entre la fuente potencial del arco y la cara y pecho del operador.

EPP: Elementos de protección personal.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 15 de 168

EQUIPOS DE PATIO: Elementos electromecánicos de media tensión utilizados para realizar maniobra, protección y medida de los circuitos y barrajes de una subestación.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL: Las subestaciones eléctricas convencionales también están equipadas con equipos de protección y control que monitorean y protegen el sistema contra fallas y sobrecargas. Estos equipos incluyen relés de protección, medidores de energía, sistemas de control y supervisión remota, entre otros.

ESTRUCTURAS Y CIMIENTOS: Las subestaciones eléctricas convencionales también requieren estructuras y cimientos adecuados para soportar los equipos y protegerlos de factores externos como el clima y la corrosión. Estas estructuras pueden ser de acero o concreto y deben cumplir con los estándares de seguridad y construcción aplicables.

GESTIÓN DE CARGA: La gestión de carga es una parte importante de la operación de un sistema de potencia, ya que ayuda a equilibrar la oferta y la demanda de energía eléctrica. Los sistemas de potencia están diseñados para manejar fluctuaciones en la demanda de energía eléctrica y pueden ajustar la generación de energía eléctrica para satisfacer las necesidades de los usuarios finales.

INTERRUPTOR: Son dispositivo de maniobra capaz de interrumpir, establecer y llevar las corriente normales o asignadas del circuito y las anormales o de cortocircuito, mediante la conexión o desconexión de circuitos.

LIMITE DE APROXIMACIÓN SEGURA: Es la distancia mínima, desde el punto energizado más accesible del equipo, hasta la cual el personal no calificado puede situarse sin riesgo de exposición al arco eléctrico.

LIMITE DE APROXIMACIÓN RESTRINGIDA: Es la distancia mínima hasta la cual el profesional competente puede situar sin llevar los EPP certificados contra riesgo por arco eléctrico.

LIMITE DE APROXIMACIÓN TÉCNICA: Es la distancia mínima en la cual solo el profesional competente que lleva EPP certificados contra arco eléctrico realiza trabajos en la zona de influencia directa de las partes energizadas de un equipo.

MANIOBRA DE CARGA: Acción de conectar o desconectar cargas eléctricas al sistema, con el fin de controlar la cantidad de energía suministrada al usuario final.



MONTAJE: Conjunto de actividades que se realizan para ejecutar el ensamble y conexión de los equipos y sistemas que conforman la subestación.

POTENCIA NOMINAL: Es la potencia que la subestación es capaz de entregar sin sobrecargar los equipos.

PRUEBAS: Conjunto de actividades que se realizan para verificar el diseño, fabricación, el correcto montaje y la funcionalidad de los equipos y sistemas de la subestación de acuerdo con las especificaciones técnicas.

PATIO DE CONEXIONES: Área en donde se instalan los equipos de patio y barrajes con el mismo nivel de tensión.

PLANO DE TALLER: Documento técnico que proporciona información detallada y precisa sobre un proyecto o trabajo a realizar en un taller o fabrica.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 16 de 168

PUNTO DE GENERACIÓN: Lugar físico en el que se produce la energía eléctrica.

PUNTO DE CONSUMO: Lugar físico donde la energía eléctrica es utilizada por los usuarios finales.

SECCIONADOR: Equipo de maniobra mecánico que en posición cerrada conduce la corriente indefinidamente en condiciones normales de operación y en tiempos especificados para condiciones anormales de falla y en posición abierta establece una distancia de aislamiento longitudinal entre los terminales del seccionador.¹

SECCIONADOR BAJO CARGA: Equipo de maniobra mecánico capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales de carga.

SISTEMA DE CONTROL: Es un conjunto de dispositivos y sistemas que permiten monitorear y controlar los equipos de la subestación.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN LOCAL (SDL): Sistema de transporte de energía eléctrica compuesto por el conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, que operan a los Niveles de Tensión 3, 2 y 1 dedicados a la prestación del servicio en un Mercado de Comercialización.²

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA: Es un sistema de conexión eléctrica que permite disipar corrientes de falla o sobrecarga a la tierra.

SISTEMA DE PROTECCION: Es un conjunto de dispositivos y sistemas que detectan y aíslan las fallas eléctricas para proteger los equipos y garantizar la seguridad de las personas.

SERVICIOS AUXILIARES: Conjunto de dispositivos que operan de acuerdo con condiciones preestablecidas para realizar el suministro de la potencia necesaria para la operación de los equipos y sistemas instalados en la subestación.



SUBESTACIÓN CONVENCIONAL: Subestación cuyos componentes se instalan de tal forma que el aislamiento para su nivel de tensión se obtiene a través del aire a presión atmosférica. Son también denominadas AIS (Air Insulated Switchgear), subestaciones aisladas al aire.

SUBESTACIÓN TIPO INTERIOR: Subestación con equipos de tipo convencional instalados en una celda metálica compartimentada.

TRANSFORMADOR DE POTENCIA: Es el componente principal de las subestaciones. Estos equipos se utilizan para transformar la energía eléctrica de un nivel de voltaje a otro, permitiendo la transmisión y distribución de esta de manera eficiente y segura. Las subestaciones llamadas de interconexión no poseen transformadores de potencia que permitan interconectar barrajes de diferentes voltajes

¹ GUÍA DE REQUERIMIENTOS PARA SUBESTACIONES PROVISIONALES UTILIZADAS EN EL PROCESO DE NORMALIZACIÓN DE ACTIVOS DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.

² RESOLUCIÓN 097 DE 26 DE SEP 2008

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 17 de 168

TRANSFORMADORES DE MEDIDA: Equipos que transforman las altas tensiones y corrientes en magnitudes inferiores y proporcionales que reflejen de forma precisa las señales eléctricas de alta y media tensión para la medición, protección y control.³

TENSIÓN DE RETÍCULA: Tensión máxima de contacto encontrada dentro de un lazo o retícula de malla de puesta a tierra.



VALOR BÁSICO: Es el que determina una “zona de guarda” alrededor de las partes energizadas. Este valor estará relacionado con el nivel de aislamiento y las distancias mínimas en el aire.

5. MARCO NORMATIVO EXTERNO



El diseño del componente electromecánico en subestaciones eléctricas en media tensión de tipo convencional se encuentra estrictamente regido por una serie de normativas y estándares internacionales que garantizan la eficiencia, confiabilidad y seguridad de dichos sistemas. A continuación, se presenta una recopilación exhaustiva de las normas utilizadas en este ámbito:

- **ANSI C37.32-2002** American National Standard for High Voltage Switches, Bus Supports, and Accessories Schedules of Preferred Ratings, Construction Guidelines, and Specifications.
- **ASTM A759** Standard Specification for Carbon Steel Crane Rails.
- **IEEE Std 80** IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- **IEEE Std 81** IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.
- **IEEE Std 81.2** IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems.
- **IEEE Std C37.30** IEEE Standard Requirements for AC High-Voltage Air Switches Rated Above 1000 V.
- **IEEE Std C37.42** IEEE Standard Specifications for High-Voltage (> 1000 V) Expulsion-Type Distribution-Class Fuses, Fuse and Disconnecting Cutouts, Fuse Disconnecting Switches, and Fuse Links, and Accessories Used with These Devices.
- **IEEE Std C37.113** IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines.
- **IEEE Std C57.12.00** IEEE Standard for General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers.
- **IEEE Std 693-2005** IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations.
- **IEEE Std 693-2018** IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations.
- **IEEE Std 605-2008** IEEE Guide for Bus Design in Air Insulated Substations.
- **IEEE Std 979** IEEE Guide for Substation Fire Protection.
- **IEEE Std 1584** IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations.

³ GUÍA DE REQUERIMIENTOS PARA SUBESTACIONES PROVISIONALES UTILIZADAS EN EL PROCESO DE NORMALIZACIÓN DE ACTIVOS DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 18 de 168

- **IEC 60909-0** Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents.
- **IEC 60282-1** High-voltage fuses - Part 1: Current-limiting fuses.
- **IEC 60255-1** Measuring relays and protection equipment - Part 1: Common requirements.
- **IEC 60071-1** Insulation co-ordination - Part 1: Definitions, principles and rules.
- **IEC 60071-2** Insulation co-ordination - Part 2: Application guide.
- **IEC 60364-4-442** Electrical installations of buildings - Part 4: Protection for safety - Chapter 44: Protection against overvoltages - Section 442: Protection of low-voltage installations against faults between high-voltage systems and earth.
- **IEC 60076-1** Power transformers - Part 1: General.
- **IEC 60076-2** Power transformers - Part 2: Temperature rise.
- **IEC 60076-3** Power transformers - Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air.
- **IEC 60672-1** Ceramic and glass insulating materials - Part 1: Definitions and classification.
- **IEC 61466-2** Composite string insulator units for overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V - Part 2: Dimensional and electrical characteristics.
- **IEC 62271-100** High-voltage switchgear and controlgear - Part 100: Alternating-current circuit-breakers.
- **IEC 62271-102** High-voltage switchgear and controlgear - Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches.
- **IEC 62271-200** High-voltage switchgear and controlgear - Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.
- **IEC 60059** IEC standard current ratings.
- **IEC 60099-4** Surge arresters - Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for AC systems.
- **IEC 60099-5** Surge arresters - Part 5: Selection and application recommendations.
- **IEC 61869-2** Instrument transformers - Part 2: Additional requirements for current Transformers.
- **IEC 61869-3** Instrument transformers - Part 3: Additional requirements for inductive voltage Transformers.
- **IEC 62271-1** High-voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear.
- **IEC 60949** Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects.
- **IEC 61936-1** Power installations exceeding 1 kV AC and 1,5 kV DC - Part 1: AC.
- **IEC 61850** Communication networks and systems for power utility automation - ALL PARTS.
- **NESC.** National Electrical Safety Code.
- **NFPA 70** NEC National Electrical Code.
- **NFPA 70E** Standard for Electrical Safety in the Workplace.
- **NFPA 850** Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 19 de 168

6. ALINEACIÓN REGULATORIA

6.1.1. INTERVENCIÓN DE PERSONAS CON LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES⁴

La construcción, ampliación o remodelación de toda instalación eléctrica objeto del RETIE, debe ser dirigida, supervisada y ejecutada directamente por personas calificadas competentes, con matrícula profesional vigente, que según la ley les faculte para cada tipo de actividad y deben cumplir con todos los requisitos del presente Reglamento que le apliquen.

Conforme a la legislación vigente, la competencia para realizar bajo su responsabilidad directa actividades de, construcción, modificaciones, reparaciones, operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas corresponderá a las siguientes personas calificadas, quienes responderán por los efectos resultantes de su participación en la instalación:



- a. Ingenieros electricistas, electromecánicos, de distribución y redes eléctricas, de acuerdo con la Ley 51 de 1986 por la cual se reglamenta el ejercicio profesional de la Ingeniería Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines y la Ley 842 de 2003 por la cual se reglamenta el ejercicio profesional de la ingeniería y de las profesiones afines y auxiliares. Los ingenieros electrónicos en los temas específicos de electrónica de potencia, control o compatibilidad electromagnética, asociados a la instalación eléctrica.
- b. Tecnólogos en electricidad o en electromecánica, de acuerdo con la Ley 392 de 1997, en el alcance que determine su formación.
- c. Técnicos electricistas conforme a las leyes 19 de 1990 y 1264 de 2008, en el alcance que establezca su matrícula profesional para el ejercicio de la profesión a nivel medio.

6.1.2. RESPONSABILIDAD DE LOS DISEÑADORES.⁵

Los diseños de las instalaciones eléctricas deben propiciar que en la construcción de la instalación se cumplan todos los requerimientos del RETIE que le apliquen. Tanto las memorias de cálculo como los planos o diagramas deben contemplar en forma legible el nombre, apellidos y matrícula profesional de la persona o personas que actuaron en el diseño, quienes firmarán tales documentos y serán responsables de los efectos derivados de la aplicación del diseño. El diseñador debe atender las inquietudes del constructor e interventor y si se requieren cambios hacer los ajustes pertinentes.

⁴ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES

⁵ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES



 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 20 de 168

El diseñador, previamente a la elaboración del diseño, debe cerciorarse en el terreno que las distancias mínimas de seguridad y franjas de servidumbre se pueden cumplir y debe dejar las evidencias de esta condición en las memorias de cálculo y planos de construcción.

Toda instalación eléctrica a la que le aplique el **RETIE** debe contar con un diseño realizado por un profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad⁶. El diseño detallado debe cumplir los aspectos que le apliquen de la siguiente lista, según el tipo de instalación y complejidad de esta.

- a. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.
- b. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.
- c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
- d. Análisis de protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos.)
- e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
- f. Análisis del nivel tensión requerido.
- g. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1
- h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.
- i. Cálculo del Sistema de Puesta a Tierra.
- j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.
- k. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.
- l. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En BT se permite la coordinación con las características de los dispositivos según **IEC 60947-2 Anexo A**.
- m. Cálculos de canalizaciones y volumen de encerramientos (tubos, ductos, canaletas, electroductos).
- n. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
- o. Cálculos de regulación.
- p. Clasificación de áreas.
- q. Elaboración de diagramas unifilares.
- r. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.
- s. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.
- t. Establecer las distancias de seguridad requeridas.
- u. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.
- v. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

⁶ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024	
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL			
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 21 de 168	

6.1.3. ESPACIOS PARA EL MONTAJE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS⁷.

Los lugares donde se construya cualquier instalación eléctrica deben contar con los espacios (incluyendo los accesos) suficientes para el montaje, operación y mantenimiento de equipos y demás componentes, de tal manera que se garantice la seguridad tanto de las personas como de la misma instalación.

En subestaciones y cuartos eléctricos, el ancho de las puertas de acceso al espacio de trabajo no debe ser menor a 90 cm y la puerta que lleva al transformador debe disponer de cerradura antipánico en todas las hojas, independiente de la potencia y de los equipos que contengan. En MT y BT se debe contar con puertas o espacios adecuados para la entrada o salida de los equipos, para efectos de su montaje inicial o reposición. Cuando se tengan partes expuestas energizadas en baja tensión, el espacio de trabajo mínimo no debe ser inferior a 1,9 m de altura (medidos verticalmente desde el piso o plataforma) o la altura del equipo cuando este sea más alto y 0,75 m de ancho o el ancho del equipo si este es mayor. La profundidad del espacio de trabajo no debe ser inferior a 0,9 m y se debe aumentar a 1,5 m si al abrir las puertas, se crea un espacio cerrado.



6.1.4. RESPONSABILIDAD DE LOS CONSTRUCTORES.⁸

Los responsables de la construcción, ampliación o remodelación donde estén involucrada cualquier tipo de instalación eléctrica objeto del RETIE, deben:

- a. Asegurarse de contratar las personas calificadas, técnica y legalmente competentes para ejecutar dichas actividades.
- b. El responsable de la construcción de la instalación eléctrica debe verificar y validar el diseño y si está acorde con el RETIE debe aplicarlo. Si por razones debidamente justificadas considera que no es apropiado, debe solicitar al diseñador que realice los ajustes y dejar registro de la solicitud. Si no es posible que el diseñador realice las correcciones, el constructor las hará y dejará constancia de ellas, en ningún caso se permitirá que las correcciones se aparten del cumplimiento del RETIE. Todos los planos y memorias de cálculo se dejarán conforme a la instalación construida.
- c. Tanto el constructor de la obra donde este involucrada la instalación como el responsable de la dirección o construcción directa de la instalación eléctrica, deben asegurar que la instalación cumple con todos los requisitos del presente reglamento que le apliquen y demostrarlo mediante el diligenciamiento y suscripción del documento denominado Declaración de Cumplimiento con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, en los términos y el formato establecido en el presente Anexo. La persona calificada que suscriba la declaración será responsable de los efectos que se deriven de la construcción, ampliación o remodelación de la instalación, durante la operación de esta.

⁷ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES

⁸ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 22 de 168

6.1.5. PRODUCTOS USADOS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.⁹

La selección de los productos o materiales eléctricos y su instalación debe estar en función de la seguridad, su utilización e influencia del entorno, por lo que se deben tener en cuenta entre otros los siguientes criterios básicos, además los exigidos en el Artículo 20:



- a. Certificado de Conformidad de Producto conforme al RETIE
- b. Compatibilidad de materiales: No deben causar deterioro en otros materiales, en el medio ambiente ni en las instalaciones eléctricas adyacentes.
- c. Corriente de cortocircuito: Los equipos deben soportar las corrientes de cortocircuito previstas.
- d. Corriente y Tensión de trabajo: Asegurar que la corriente y tensión de operación no exceda la normal del equipo.
- e. Espacios disponibles para la operación y mantenimiento de la instalación y de los equipos.
- f. Frecuencia: Se debe tomar en cuenta la frecuencia de servicio cuando influya en las características de los materiales.
- g. Influencias externas (medio ambiente, condiciones climáticas, corrosión, altitud, etc.)
- h. Otros parámetros eléctricos o mecánicos que puedan influir en el comportamiento del producto, tales como el factor de potencia, tipo de corriente, conductividad eléctrica y térmica etc.)
- i. Posibilidades de sujeción mecánica y refrigeración de los equipos.
- j. Potencia: Que no supere la potencia de servicio.
- k. Temperaturas normales y extremas de operación.
- l. Tensión de ensayo dieléctrico: Tensión asignada mayor o igual a las sobretensiones previstas

7. CUESTIONAMIENTOS OPORTUNOS



Para realizar cualquier diseño se deben considerar primero algunas cuestiones que involucran diferentes fuentes y actores tales como: normas, estándares, condiciones y contexto del sitio, público objetivo (usuarios) y sus necesidades, entre otras. A continuación, se presentan las preguntas mínimas que se consideran claves para contar con los insumos requeridos antes de iniciar el proceso de diseño.

PREGUNTA(S) CLAVE(S)	ENTREGABLE(S)
¿Cuál será el propósito principal de la subestación?	Informe de prediseño, donde se evalué la viabilidad técnica del proyecto.
¿Cuál es la carga esperada en la subestación?	Informe detallado que presente el respectivo análisis de carga actual y proyectada de la red donde se conectará la subestación a modo de determinar si se necesitará un aumento de la capacidad instalada a futuro.
¿Se prevé la necesidad de realizar expansiones futuras a la subestación?	
¿Dónde estará ubicada la subestación?	

⁹ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 23 de 168

PREGUNTA(S) CLAVE(S)	ENTREGABLE(S)
¿Existen restricciones de espacio o ambientales a considerar?	Informe donde se describa la ubicación propuesta, con sus coordenadas geográficas, planos respectivos donde se detallen dimensiones, topografía, accesos, ubicaciones de infraestructura cercana etc.
¿Cuál es el tamaño y forma del sitio o lote disponible?	Se deberá presentar un informe con todos los detalles topográficos (a fin de evaluar si es necesario o no realizar adecuaciones al sitio) y accesos que permitan establecer si el espacio es adecuado para la disposición de los equipos en caso tal de que se opte por ubicarlos en patio, o si es necesario realizar una disposición física de estos de una forma atípica.
¿Cómo son los accesos al sitio?	
¿Cuáles son las características topográficas del sitio?	
¿Cuáles son los requerimientos de cimentación y las condiciones del suelo?	
¿Qué impacto tendrá el proyecto en el ámbito social y ambiental?	Informe de evaluación donde se analice como la subestación afectara a la comunidad local, infraestructura circundante y actividades humanas. Asi mismo, este deberá contener un estudio que evalúe las posibles consecuencias ambientales de la subestacion en la ubicación propuesta como puede ser restricciones de uso de suelos, zonas verdes o fuentes hídricas que demanden regulaciones de protección ambiental o que vea la necesidad de solicitar permisos a las autoridades competentes; para ambos casos se deberá presentar un plan con las medidas propuestas para abordar cualquier preocupación identificada.
¿Se tienen problemas de seguridad en el área donde se emplazará el proyecto?	Si el sitio a disposición para el levantamiento de la subestación cuenta con proximidad a áreas pobladas, es necesario considerar si existe el riesgo de que esta se vea expuesta a problemas de seguridad y vandalismo que pueda afectar a la infraestructura de la instalación. Para ellos se puede redactar y presentar esta información mediante un informe que vaya muy de la mano con el aspecto social.
¿Qué normas y regulaciones se deberán cumplir para el diseño y entrada en servicio de la subestación?	Informe que presente la totalidad de las normas y regulaciones aplicables para la construcción y operación de la subestación.
¿Qué tipos de equipos específicos serán necesarios en la subestacion?	Lista detallada de equipos necesarios para la subestación donde se incluya especificación técnica, capacidades, rendimiento y detalles de fabricante; así mismo se deberá realizar análisis que involucre costo, mantenimiento, condiciones climáticas de la zona entre otro para decidir si instalar los equipos en patio o que estos estén en celdas.
¿Serán instalados en patio o en celdas?	
¿Qué criterios se deben tener presentes a la hora de planear la disposición de equipos?	Informe donde se presenten planos de corte y planta de la disposición final de equipos, en este se deberá mostrar los criterios a tener en cuenta como lo son niveles de aislamiento, distancias mínimas y de seguridad, características técnicas y/o tamaño de los equipos, área disponible entre otros.
¿Qué requerimientos específicos se tienen por parte del OR para el sistema donde se conectará la subestación?	Informe donde se describa como se integrará la subestación en el sistema eléctrico, acá se deberá establecer cada uno de los parámetros requeridos por el OR para el desarrollo de diseños de nuevas subestaciones.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión: 21/02/2024
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 24 de 168

PREGUNTA(S) CLAVE(S)	ENTREGABLE(S)
¿Cuál es la capacidad de cortocircuito que maneja el OR?	Información por parte del OR de red acerca de los niveles de cortocircuito o en su defecto un cálculo de la capacidad de cortocircuito en el punto de conexión de la subestación.
¿Se requiere una evaluación de cortocircuito para el dimensionamiento de los equipos?	
¿Qué medidas de protección específicas se deben implementar en la subestación?	Plan de seguridad que describa las medidas a tomar para la protección del personal y que permita cumplir con las regulaciones y normas de seguridad laboral.
¿Qué precauciones se deben tomar para la protección del personal y cumplimiento con la regulación vigente?	
¿Se tiene un criterio para espacios de reserva o elementos de reservas?	El cliente deberá presentar su criterio propio para el espacio de reserva en todo sentido desde el espacio incluyendo físico, celdas de reserva, espacios de reserva en tableros, gabinetes y equipos.
¿Qué planos se deberán presentar a la hora de formular un proyecto de este tipo?	Se deberá presentar una lista detallada de cada uno de los planos que se entregaran para el proyecto.
¿Cuáles son los criterios para la selección del conductor de barra?	Se entregará en el mismo documento de memorias de cálculo para el dimensionamiento de los conductores el dimensionamiento para la selección del conductore de barra.
¿Cuáles serán las distancias de seguridad que se deberán mantener en la subestación?	Se elaborará un documento con las memorias de cálculo de las distancias mínimas de seguridad que se deberán tener en la subestación

Tabla 1. Preguntas mínimas previas al proceso general de diseño.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 25 de 168

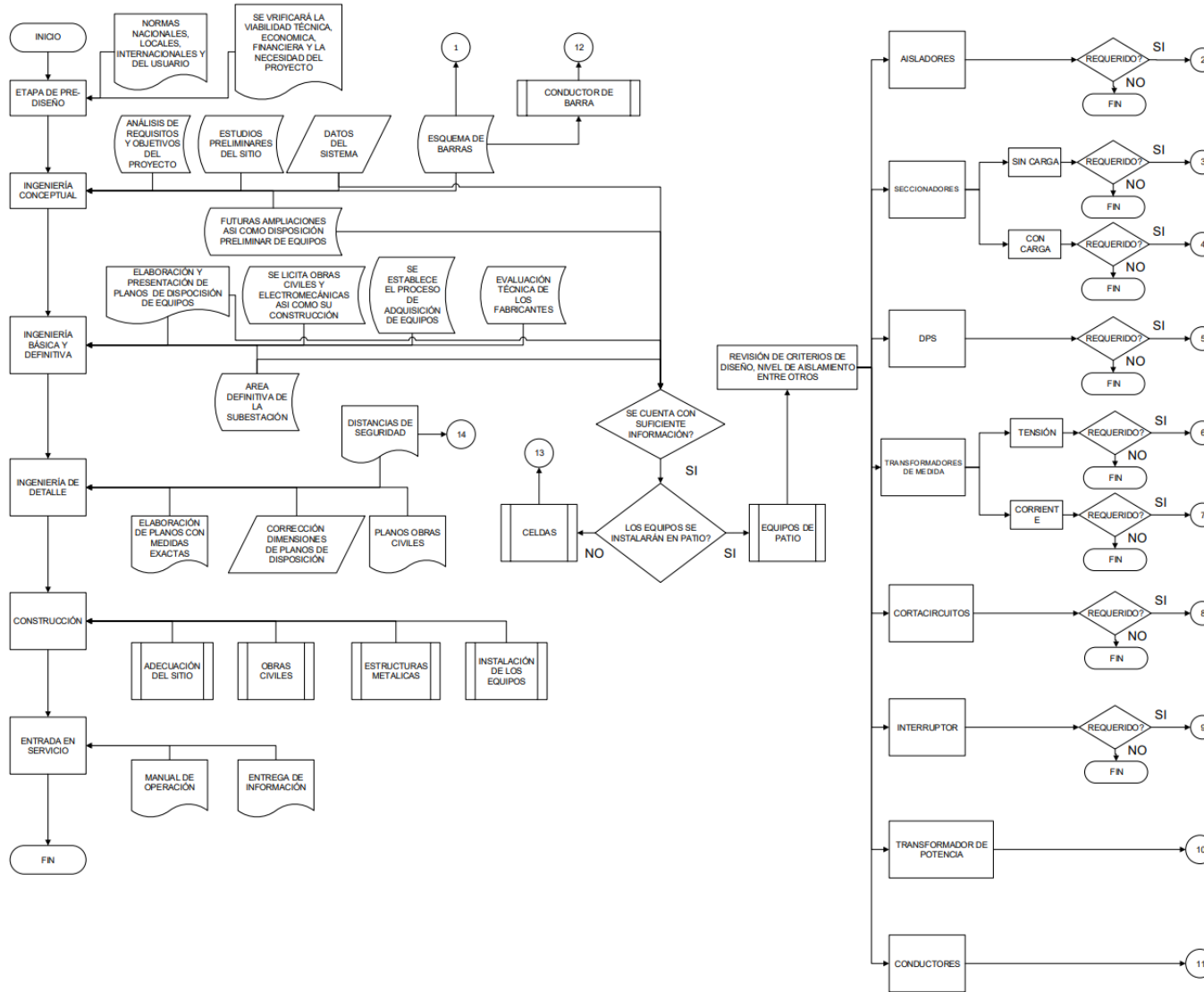




Figura 1. Flujograma del proceso general de diseño.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 26 de 168

8. PROCESO GENERAL DE DISEÑO

Para el inicio de un proyecto de una subestación eléctrica en media tensión, será necesario disponer de información de entrada, que permita establecer los niveles de ingeniería que se requerirán a lo largo del proyecto, estos niveles permitirán abordar en más detalle criterios que influenciarán en gran medida al diseño como lo puede ser la selección de equipos, disposición de estos, etc.

8.1. INFORMACIÓN DE ENTRADA


Los detalles y la cantidad de información de entrada que se encuentre en estos informes dependerán de cada proyecto, pero esta información suele incluir aspectos como: el punto del sistema en el cual se va a construir, requisitos de carga, el número de circuitos de transmisión y/o distribución, el número de patios de conexión que deberá tener, así como los equipos de transformación requeridos y la posibilidad de ampliaciones futuras la cual definirá el tamaño final de la subestación entre otros. Estos aspectos serán determinados por áreas en los operadores de red (OR), o bien por los entes reguladores encargados de la expansión del sistema de distribución de la región.

8.1.1. INFORMACIÓN GENERAL

Una vez se determine el sitio más adecuado para la construcción de la subestación y que vaya en concordancia con el punto de conexión al sistema, la obtención y recopilación de información respecto al sitio de construcción es un paso crucial en el diseño de la infraestructura electromecánica de la instalación; alguna de la información relevante que se debe obtener o recolectar incluye:

- Altura sobre el nivel del mar.
- Temperatura mínima, media y máxima anual y mensual.
- Humedad relativa.
- Viento máximo.
- Grado de contaminación ambiental.
- Exposición solar.
- Precipitación pluvial.
- Nivel de descargas atmosféricas.
- Riesgo sísmico.
- Características topográficas.
- Resistividad del terreno.
- Detalles de accesibilidad del terreno y líneas de distribución (planos generales del área).

Esta información será esencial para el levantamiento de la subestación, así mismo será clave asegurar el cumplimiento de los requisitos técnicos, ambientales, legales y operativos para minimizar potenciales riesgos asociados con la zona en donde se construirá la subestación.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSION PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 27 de 168

8.2. DATOS DEL SISTEMA

En el diseño de subestaciones eléctricas, los datos del sistema se refieren a la información necesaria para determinar los parámetros eléctricos del sistema al cual la subestación se integrará.

8.2.1. NIVELES DE TENSION ¹⁰

EXTRA ALTA TENSION (EAT)	Nivel V	Sistemas con tensión nominal mayor o igual a 220 kV
ALTA TENSION (AT)	Nivel IV	Sistemas con tensión nominal mayor o igual a 57.5 kV y menor a 220 kV
MEDIA TENSION (MT)	Nivel III	Sistemas con tensión nominal mayor o igual a 30 kV y menor de 57.5 kV
	Nivel II	Sistemas con tensión nominal mayor o igual a 1 kV y menor de 30 kV
BAJA TENSION (BT)	Nivel I	Sistemas con tensión nominal menor a 1 Kv

Tabla 2. Niveles de tensión.

8.2.2. ESTUDIO DE FLUJO DE CARGAS


El flujo de cargas en una subestación eléctrica será el estudio, análisis y cálculos de potencia que se realizará en diferentes partes del sistema eléctrico al cual la subestación se conectará. Los valores obtenidos del estudio de flujo de cargas serán esenciales en la determinación de las características de los equipos. Para ello se puede consultar se puede verificar la **Tabla 6** más adelante en donde se especifica el uso que se le dará a la información obtenida de este estudio.

8.2.3. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MÁXIMA

La corriente de cortocircuito en el diseño de subestaciones eléctricas se refiere a la máxima corriente que puede circular en el sistema eléctrico, cuando se produce un cortocircuito. Esta corriente es de suma importancia en el diseño de subestaciones eléctricas, ya que determina la capacidad de los componentes de protección, electromecánicos y conductores eléctricos de soportar dicha corriente sin sufrir daños. El cálculo de la corriente de cortocircuito se realiza mediante el análisis de cortocircuito que tiene en cuenta las características eléctricas del sistema y las condiciones de operación.

Para los equipos en media tensión a **34.5 kV y 13.8 kV** el poder de cortocircuito (***I_k***), el operador de red establece que estos no deberán ser inferior a **31,5 kA y 25 kA** respectivamente, y la duración asignada al cortocircuito (***t_k***) se indicará en las

¹⁰ RESOLUCIÓN CREG 015 DE 2018, Art 3. Definiciones. Niveles de Tensión

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 28 de 168

características garantizadas de cada equipo.¹¹ Sin embargo, algunos fabricantes de equipos en media tensión diseñan sus equipos con valores normalizados en rangos que van desde:

FABRICANTE	I _{cc} [kA]
ABB	31,5 - 50
ORMAZABAL	40 – 63 -100
SIEMENS	25 – 31,5 – 40 – 44 – 50 – 63
LEGRAND	12.5 – 16 – 20
SCHNEIDER	12.5 – 16 – 20 – 25
EFACEC	16 – 25 – 31.5

Tabla 3. Valores normalizados para corriente de cortocircuito de algunos fabricantes para equipos en media tensión.

Ahora, si se desea definir un valor diferente de corriente de cortocircuito, esta será una tarea compleja que requerirá de herramientas adecuadas. Lo recomendable sería que se realicen cálculos o estudios con software especializados con el fin de obtener un valor fiable y preciso de la corriente de cortocircuito máxima. además de esto, se puede verificar dicha corriente a través de métodos de cálculos los cuales se anexarán al presente documento (**ver Anexo 1**).


8.2.4. REQUERIMIENTOS DE ESTABILIDAD PARA EL SISTEMA

Los requerimientos de estabilidad de un sistema eléctrico se refieren a las condiciones y criterios necesarios para garantizar la estabilidad dinámica del sistema que en este caso será el sistema de distribución local – SDL. Es decir, se define como la capacidad del sistema de mantenerse en un estado operativo normal de equilibrio y regresar a este después de haber sido sometido a algún tipo de perturbación.

Estos requerimientos se basan en análisis y modelos matemáticos del comportamiento del sistema, y se usan en el diseño, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas, en donde estos son necesarios para garantizar la estabilidad del sistema eléctrico propio de la subestación; lo cual implica que debe evaluarse la capacidad del sistema eléctrico para mantener su operación normal ante diversas condiciones y perturbaciones tales como variación de la demanda, fallas en los equipos, fluctuaciones en la generación, entre otros. Mientras que para garantizar la estabilidad del propio sistema de la subestación se deben considerar factores como como la capacidad de los transformadores y equipos de control para la regulación de tensión, la selección y coordinación de los dispositivos de protección y evaluación de los niveles de cortocircuito en el sistema eléctrico.

Así entonces los requerimientos de estabilidad del sistema eléctrico son una parte fundamental en el diseño de subestaciones eléctrica, a modo de garantizar la confiabilidad, seguridad y eficiencia en la transmisión y distribución de la energía eléctrica.

¹¹ ANEXO GENERAL PARA EJECUCIÓN DE OBRAS EN TODAS LAS SUBESTACIONES. ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 29 de 168

8.2.5. CAPACIDAD MAXIMA DE TRANSPORTE Y LONGITUD DE LAS LINEAS DE DISTRIBUCION


En este estudio se verificarán aspectos importantes que deberán ser contemplados en el diseño de subestaciones, esto debido a que afectarán directamente la seguridad y confiabilidad del sistema la cual se integrara la subestación. En primer lugar, cuando nos referimos a capacidad máxima de transporte en líneas de transmisión y/o distribución, como su nombre lo indica, hablamos de la cantidad máxima de energía que las líneas pueden transmitir sin que sus límites térmicos y de estabilidad se vean afectados. Este aspecto estará determinado por la capacidad de los equipos que serán instalados en la subestación, así como la capacidad de los conductores dentro de la misma y las distancias entre la subestación y el punto de consumo. es por esto por lo que será clave considerar este aspecto en el diseño de subestaciones, con el propósito de garantizar que el sistema al cual se integrará la subestación pueda manejar la demanda de energía, y así minimizar potenciales sobrecargas que puedan repercutir en daños a los equipos propiciando así interrupciones en el suministro eléctrico

Por otro lado, la longitud en las líneas de transmisión y/o distribución jugará un papel importante, ya que, según la distancia, se definirán los parámetros de calibración de los relés de impedancia. Es por esto por lo que será importante considerar en el diseño la longitud de las líneas, así como realizar una correcta selección de conductores para así minimizar potenciales perdidas de energía, y así poder garantizar una correcta distribución y suministro del servicio a los consumidores que atenderá la subestación.

8.2.6. SOBRETENSIONES TRANSITORIAS Y DE REGIMEN PERMANENTE

Las sobretensiones transitorias son picos de tensión de corta duración, en donde sus valores pueden alcanzar el orden de los kilovoltios y cuya duración está en el orden de los microsegundos. Estas sobretensiones pueden ser causadas por eventos como la operación de interruptores, descargas atmosféricas, maniobras de carga entre otros, y pueden causar daños en equipos de las subestaciones como lo son transformadores, aisladores y otros dispositivos electrónicos

Las sobretensiones de régimen permanente, por otro lado, son aumentos sostenidos o continuos en la tensión de la línea eléctrica o del sistema eléctrico como tal, estas pueden estar causadas por eventos como la conexión de generadores de alta tensión o por la presencia de cargas no lineales en el sistema eléctrico. Al igual que en las sobretensiones transitorias, estas pueden dañar los equipos eléctricos y electrónicos de la subestación, por lo que se hace importante diseñar y proteger las subestaciones eléctricas contra las sobretensiones, ya que estas pueden tener un efecto significativamente negativo en la operación y confiabilidad de la subestación y el sistema eléctrico.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 30 de 168

8.2.7. PARÁMETROS REQUERIDOS PARA NIVEL DE TENSIÓN 34.5 KV Y 13.8 KV

A continuación, se presentan, a manera de ejemplo, los parámetros requeridos para el desarrollo de diseños para una nueva subestación a nivel **34.5/13.8 kV**. Es importante recalcar que estos valores podrán variar o no según sean las necesidades del proyecto y de los parámetros que el cliente tenga establecidos, por lo que los valores aquí presentados son únicamente referenciales.

PARÁMETRO	34.5 [kV]	13.8 [kV]
Tensión nominal	34.5 kV	13.8 kV
Frecuencia asignada	60 Hz	
Máxima tensión de servicio	36 kV	17.5 kV
Tensión asignada al impulso tipo rayo (BIL)	170 kV	95 kV
Tensión asignada soportada de corta duración a frecuencia industrial	70 kV	38 kV
Corriente de cortocircuito para equipos y conductores	31.5 kA	25 kA
Tiempo de duración de la corriente de cortocircuito	1 sg	
Tiempo máximo de despeje de falla	0.5 sg	
Distancia de fuga mínima	34.7 mm/kV	
Tensión de corriente alterna trifásica tetrafililar	208 Vca	
Tensión de corriente alterna monofásica	120 Vca	
Tensión de corriente continua	125 Vcc	

Tabla 4. Parámetros del sistema para nuevas subestaciones.


9. CRITERIOS GENERALES EN LA EJECUCIÓN DEL DISEÑO

A continuación, se presentarán las actividades que se deberán realizar para la ejecución de un proyecto de diseño de una nueva subestación, los cuales tendrán incidencia en el diseño y estructuración del componente electromecánico.

9.1. ESTUDIOS DEL SISTEMA

Como se explicó anteriormente, cada uno de los estudios que se deben llevar a cabo a la hora de empezar con un diseño para una subestación, serán importantes, con el propósito de poder construir una instalación acorde a los requerimientos necesarios para el sistema al cual se integrara la subestación y así mismo para garantizar su óptimo funcionamiento y prestación del servicio. A continuación, se presenta cada uno de los estudios a realizar en el sistema, así como la información recopilada en estos y el uso que se le dará en el proceso de diseño.

ESTUDIO	INFORMACION	USO DE LA INFORMACION
ESTUDIOS FUNDAMENTALES		
FLUJO DE CARGAS	<ul style="list-style-type: none"> Flujos máximos de potencia Corrientes máximas Tensiones máximas y mínimas 	<ul style="list-style-type: none"> Ajuste de protecciones Determinación características de los equipos, Establecer necesidades de compensación

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024	
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL			
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 31 de 168	



ESTUDIO	INFORMACION	USO DE LA INFORMACION
		<ul style="list-style-type: none"> Relaciones de CT's y PT's
CORTOCIRCUITO	<ul style="list-style-type: none"> Corriente de cortocircuito Distribución de corrientes y aportes Relación X/R Sobretensiones, fallas asimétricas % de corriente cd aperiódica 	<ul style="list-style-type: none"> Equivalente de Thévenin Coordinación de protecciones Selección de pararrayos
ESTABILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Tiempos máximos para despeje de fallas Sobretensiones por rechazo de carga 	<ul style="list-style-type: none"> Selección tiempos de recierre Selección de pararrayos
SOBRETENSIONES TEMPORALES	<ul style="list-style-type: none"> Corriente capacitiva de líneas Máxima tensión extremo abierto Sobretensiones fases sanas 	<ul style="list-style-type: none"> Selección de pararrayos Selección dispositivos de interrupción Selección compensaciones Ajuste de relés de sobretensión
ESTUDIO DE ARMÓNICOS	<ul style="list-style-type: none"> Frecuencias de resonancia (polos y ceros) 	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de la necesidad de filtros (para sistemas de compensación)
ESTUDIOS TRANSITORIOS		
SOBRETENSIONES DE MANIOBRA	<ul style="list-style-type: none"> Sobretensiones máximas Corrientes de energización Corrientes máximas Bobinas limitadoras Energía pararrayos 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensionamiento reactancias limitadoras Selección pararrayos Sintonización reactores de neutro Selección dispositivos de interrupción Selección dispositivos de protección, bobinas de bloqueo
SOBRETENSIONES ATMOSFÉRICAS	<ul style="list-style-type: none"> Máximas sobretensiones Energía pararrayos Distancia de pararrayos a equipos 	<ul style="list-style-type: none"> Selección pararrayos Coordinación de aislamiento

Tabla 5. Estudios del sistema al que se conectará la subestación¹²

9.1.1. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

Según lo presentado en la tabla anterior con el estudio de cortocircuito se puede realizar la coordinación de protecciones, y es que este es un proceso clave en el diseño, pues con este se asegura que los dispositivos de protección funciones de forma correcta en caso de presentarse una falla. El objetivo es desconectar la parte afectada por la falla, para reducir

¹² SUBESTACIONES DE ALTA Y EXTRA ALTA TENSIÓN. MEJIA VILLEGAS S.A. INGENIEROS CONSULTORES

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 32 de 168

el impacto en el suministro eléctrico a los usuarios conectados a la subestación, y proteger los equipos y líneas. Con esto se logra garantizar la confiabilidad del sistema y cumpliendo con las normativas y estándares de seguridad.

Para realizar dicho estudio, se deberá tomar como referencia los datos de estudios de flujo de carga y corto circuito que serán suministrados por el operador de red, y se usarán criterios técnicos establecidos en las normatividad nacional e internacional (**IEC 60909-0, IEC 60282, IEC 60255-1, IEEE Std. C37.113, IEEE Std. 242, NFPA 70**) para la implementación de ajustes y verificación de estos, garantizando una correcta coordinación, selectividad y estabilidad para los diferentes escenarios que se contemplen en el estudio.

9.1.2. ESTUDIOS DE ARCO ELÉCTRICO

El objetivo del estudio de arco eléctrico consistirá en determinar la energía incidente que se liberara en celdas de media tensión, en caso de optar por una configuración de tipo interior, así mismo permitirá determinar las categorías de riesgo de exposición a arco eléctrico, los EPP a utilizar, las distancia de aproximación a los equipos energizados, las cuales deberán ser demarcadas en la subestación, así como las etiquetas de señalización de advertencia con la correspondiente información de riesgo de arco eléctrico. Esto en línea con lo establecido en las normas **NFPA 70E, IEEE Std 1584**, así como el **RETIE**.


9.2. SITIO O LOTE DONDE SE CONSTRUIRÁ LA SUBESTACIÓN

Esta actividad se definirá con la ayuda de aspectos técnicos establecidos en el anteproyecto o informes de ingeniería conceptual como lo son: niveles de tensión, tamaño de la subestación, número de circuitos, posibles ampliaciones, etc. para así, con estos datos poder llegar a una propuesta para el sitio recomendado.

Para esto se deberán definir condiciones mínimas del sitio, así como restricciones y aspectos críticos en concordancia con diferentes temas del análisis como lo es el: económico, político, sociocultural, físico, biótico y técnico. Para esto, se podrá realizar análisis con sistemas de información geográfico.

9.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

Una vez definido el sitio en donde estará localizada la subestación, será necesario obtener información relacionada con el lugar de emplazamiento, esta información será de utilidad para realizar los correspondientes diseños del componente electromecánico y civil. Para ello, será necesario que el personal encargado realice visitas de reconocimiento en donde se lleven a cabo actividades de recopilación de información relacionada con el sitio

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 33 de 168

escogido; dentro de la información que se puede recabar, se tienen aspectos como: parámetros ambientales, meteorológicos, ubicación y orientación de la subestación, determinación de la contaminación ambiental presente en el área donde se levantará la instalación y medida de la resistividad del suelo.

A continuación, se listan parámetros ambientales que pueden ser considerados para la elaboración de los diseños de nuevas subestaciones.

PARÁMETRO	UNIDAD	POSIBLES FUENTES
Altura sobre el nivel del mar	msnm	Software de geolocalización
Temperatura máxima absoluta	°C	IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
Temperatura máxima promedio anual		
Temperatura media anual		
Temperatura mínima promedio anual		
Velocidad básica del viento	Km/h	
Humedad relativa promedio	%	
Nivel de calentamiento ambiental	-	

Tabla 6. Características ambientales para considerar en el diseño de nuevas subestaciones.

9.2.2. ESTUDIOS TOPOGRAFICOS


Con el propósito de obtener información detallada sobre características físicas del terreno, que incluyan la toma de medidas, caracterización de este, elevación, pendiente y orientación, de modo que se pueda lograr el levantamiento planimétrico y altimétrico; los estudios topográficos abarcaran un conjunto de actividades que se realizaran sobre el terreno en el cual se pretende levantar la subestación, esto con la ayuda de personal calificado y el uso de herramientas adecuadas.

9.2.3. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

Con el objetivo de investigar el subsuelo, para así establecer criterios necesarios para la construcción de las obras civiles en contacto con este y que permitan garantizar su adecuado comportamiento; los estudios geotécnicos abarcaran un conjunto de actividades de carácter obligatorio para cualquier tipología de edificación, y las subestaciones no son la excepción.

9.2.4. ESTUDIOS SISMICOS

Los estudios sísmicos se realizan con el objetivo de evaluar la importancia de la amenaza sísmica local; estos se realizan con el propósito de estudiar el efecto que las cargas sísmicas pueden tener sobre las estructuras metálicas y obras civiles en la subestación, así como para la verificación de la confiabilidad sísmica de los equipos del componente

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 34 de 168

electromecánico de la esta. Los estudios sísmicos se podrán realizar en base a catálogos sísmicos de la **Red Sísmológica Nacional y de INGEOMINAS**.

9.2.5. CONDICIONES SÍSMICAS DE LOS EQUIPOS DE PATIO

En caso de presentarse un movimiento sísmico sobre los equipos que estén ubicados en el patio de la subestación, este no deberá impedir que los equipos sigan cumpliendo sus funciones durante o después de ocurrido el movimiento telúrico. Para ello, se deberá verificar el cumplimiento y calificación sísmica de los equipos de patio mediante un procedimiento de cálculo donde se demuestre que estos son aptos para soportar dichos movimientos según lo establecido en la norma **IEEE Std 693 del 2018**.

9.2.6. ASPECTOS AMBIENTALES


Los aspectos ambientales son un conjunto de factores a tomar en cuenta a la hora de diseñar una subestación eléctrica sin importar el tipo y nivel de tensión, esto, con el objetivo de evaluar los impactos que podrían causar dicha subestación en el entorno en cada una de sus etapas, desde el diseño y construcción, hasta su entrada en operación; esto bajo la atenta mirada de ciertas dimensiones de análisis como lo son: cultura, economía, política y biótica.

Como se ha mencionado anteriormente, es importante considerar en el diseño de subestaciones eléctricas, la ubicación de esta, a fin de poder minimizar el impacto ambiental que esta tendrá. Esto puede incluir la selección de lugares que no afecten zonas de conservación ambiental, que priorice la prevención de la contaminación de cuerpos de agua cercanos y la protección de la flora y fauna local.

Además, en la construcción y operación de la subestación, el uso de materiales y tecnologías amigables con el medio ambiente podría ayudar a reducir la huella de carbono y así minimizar la contaminación del aire, agua y suelo.

Para esto, se elaborarán documentos con la evaluación de escenarios que puedan ser utilizados según lo establezca la legislación vigente. Cada uno de ellos se basará en las especificaciones técnicas pertinentes y presentará y detallará la metodología para determinar y evaluar los impactos ambientales para que el organismo de control pueda construir un Plan de Manejo Ambiental (PMA) de acuerdo con el entorno caracterizado. Para ello pueden requerirse herramientas como los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), y así lograr una adecuada inserción de este en la zona.

Se debe tener presente que no siempre es necesario el Estudio de Impacto Ambiental, para ello se puede consultar el **Decreto 1076 de 2015**.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 35 de 168

9.2.7. URBANIZACIÓN Y DISPOSICIÓN FÍSICA


El aspecto urbanístico de las subestaciones eléctricas se refiere a la etapa en que se realiza la integración de esta en el entorno urbano, considerando factores como la accesibilidad, seguridad, convivencia con la comunidad y en como la construcción de edificaciones y estructuras para albergar y soportar los equipos y componentes de la subestación puede tener un impacto en la percepción visual del entorno, por lo que se hace necesario establecer medidas que permitan de alguna u otra forma minimizar el impacto visual y sonoro en el entorno. Por otro lado, la disposición física se refiere a la ubicación dentro del sitio de cada uno de los elementos que componen el componente electromecánico que involucra equipos como transformadores, equipos de interrupción y seccionamiento entre otros.

Además, se deben considerar aspectos que involucren áreas para casetas y edificios de control, vías perimetrales de circulación y de acceso, zonas de parqueo, bodegas y talleres, carrileras para la manipulación de los transformadores y servidumbres de acceso de circuitos de líneas, así como cárcamos sin olvidar las áreas para ampliaciones futuras. Para así poder “urbanizar” el predio de la subestación, lo cual consiste en distribuir dichas áreas en tal forma que se ocupe el menor espacio sin que exista interferencia entre ellas, ni problemas de acceso y circulación. El resultado final serán los planos de planta y la cantidad de material que se incluirán en las especificaciones del proyecto.

A continuación, se resumen cada uno de los estudios y actividades que se deberán realizar en el sitio de emplazamiento de la subestación.

ESTUDIOS	INFORMACIÓN
TOPOGRÁFICOS	<ul style="list-style-type: none"> Levantamiento planimétrico y altimétrico del área del lote de la subestación Identificación de coordenadas del punto de amarre con respecto al sistema de información geográfica establecida para el sistema eléctrico.
GEOTÉCNICOS	<ul style="list-style-type: none"> Estudio del subsuelo para recomendar criterios técnicos requeridos para construir la obra en contacto con el suelo y garantizar un comportamiento adecuado.
SÍSMICOS	<ul style="list-style-type: none"> Permitirá evaluar los efectos sísmicos por considerar para el diseño de las obras civiles y estructuras metálicas de la subestación.
AMBIENTALES	<ul style="list-style-type: none"> Estudio en el sitio de ubicación de la subestación según la legislación vigente, que permita evaluar y mitigar el impacto ambiental. Deberá tener en cuenta aspectos como: protección de patrimonio ecológico, abastecimiento de agua, gestión de residuos sólidos, gestión de residuos líquidos, control de erosión y sedimentación, control de vegetación, manejo de fauna, normas básicas para el desmonte, descapote y re-vegetalización, así como adecuación paisajista del área etc.
URBANIZACIÓN Y DISPOSICIÓN FÍSICA	<ul style="list-style-type: none"> Se realiza la urbanización del predio y disposición física final que tendrá la subestación Una vez se conozcan la configuración, disposición física y niveles de aislamiento se elaboran planos preliminares que determinen las áreas de los patios y se establezcan demás áreas como la de casetas de control, vías perimetrales, zonas de circulación y acceso, etc.

Tabla 7. Estudios técnicos por realizar en el sitio seleccionado para el levantamiento de la subestación.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 36 de 168

9.3. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA


Previo al levantamiento de la subestación, se deberá realizar la construcción de la malla a tierra, siendo esta una red de conductores enterrados en el suelo que tiene como objetivo proporcionar un camino de baja impedancia para las corrientes de falla que se puedan presentar, de esta manera, se reduce el riesgo de electrocución del personal y se protege la integridad de los equipos de la subestación. Para mayor detalle sobre este tema consultar el documento ***GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR EL DISEÑO SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA Y APANTALLAMIENTO DE SUBESTACIONES CONVENCIONALES DE MEDIA TENSIÓN PARA UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN LOCAL – SDL***, el cual se encuentra disponible en la base de datos de la biblioteca UIS.

9.4. SERVICIOS AUXILIARES

Serán instalaciones de baja tensión formadas por las fuentes de alimentación de corriente directa y de corriente alterna que alimentarán los sistemas de control, protección, señalización, alarmas, alumbrado, baterías, grupos electrógenos, sistemas de aire acondicionado, calefacción, ventilación y sistemas contraincendios. Para mayor detalle sobre este tema consultar el documento ***GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR EL DISEÑO DE LOS SERVICIOS AUXILIARES DE SUBESTACIONES CONVENCIONALES DE MEDIA TENSIÓN PARA UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN LOCAL – SDL***, el cual se encuentra disponible en la base de datos de la biblioteca UIS.

9.5. COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO

El estudio de coordinación de aislamiento representa un procedimiento particular que debe realizarse para permitir una correcta selección de esos niveles para los componentes y equipos de la subestación y los dispositivos de protección contra sobretensiones o DPS. De modo, que se pueda asegurar un correcto y seguro funcionamiento en condiciones normales y ante una eventual contingencia con sobretensiones, evitando así que se presenten fallas por deterioro dieléctrico o daños o interrupciones en el suministro eléctrico.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 37 de 168

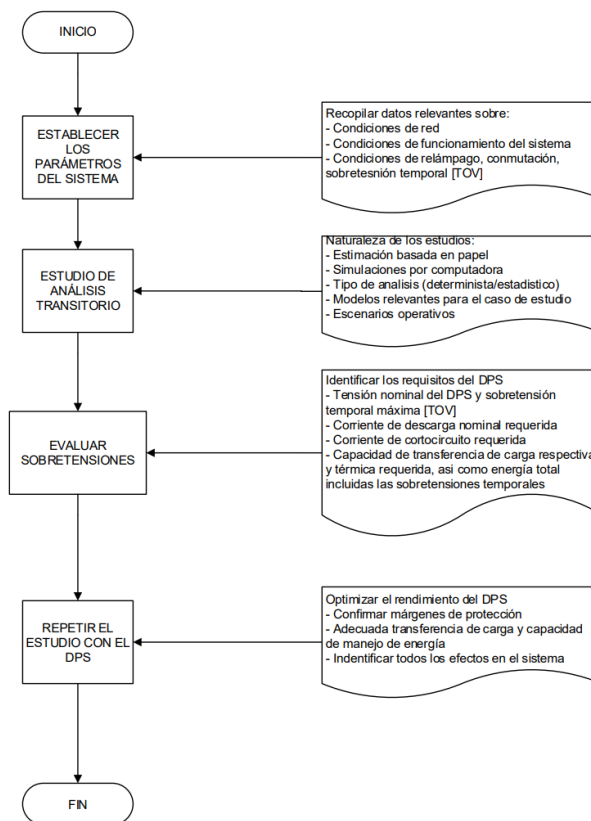



Figura 2. Flujograma de procedimiento para estudio de coordinación de aislamiento según IEC 60099-5 del 2018.

10. SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIONES

Si bien los sistemas de control y protecciones son parte de los servicios auxiliares de la subestación, es importante resaltar que, sin estos, no sería posible una operación segura y confiable de la subestación. Para ello, estos deberán trabajar juntos para lograr el control y monitoreo de las instalaciones, en condiciones normales y de contingencia.

10.1. SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control será el conjunto de equipos capaces de realizar funciones de monitoreo de variables como tensión, corriente y potencia, así como variables que impliquen posición de los seccionadores, interruptores y taps del transformador. Este monitoreo trabajará en conjunto con dispositivos de accionamiento que pueden ser de operación manual o automática y de manera local o remota capaces de realizar acciones de cierre o apertura de equipos de corte.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 38 de 168

Los sistemas de control deberán cumplir con las siguientes características:

Seguridad: deberá contar con su propio sistema de protección de baja tensión y sistemas de alimentación de respaldo, pues una falla en el sistema de control afectará directamente la seguridad e integridad de la instalación.

Disponibilidad: se deberá minimizar los tiempos de mantenimiento y frecuencia de estos a fin de garantizar la mayor disponibilidad del sistema de control y monitoreo.

Facilidad de expansión: al igual que se prevé con los equipos y todo el tema de reservas, se debe asegurar la posibilidad de expansión de estos.

Flexibilidad: se deberá diseñar el sistema de control y monitoreo para poder operar en condiciones normales y en condiciones de falla, y también se debe diseñar para que se puedan modificar o cambiar equipos, por otros fabricantes, cambios en los esquemas de protecciones y cambios en los valores nominales de operación entre otros.

El control de la subestacion se lleva a cabo mediante tres niveles, los cuales son

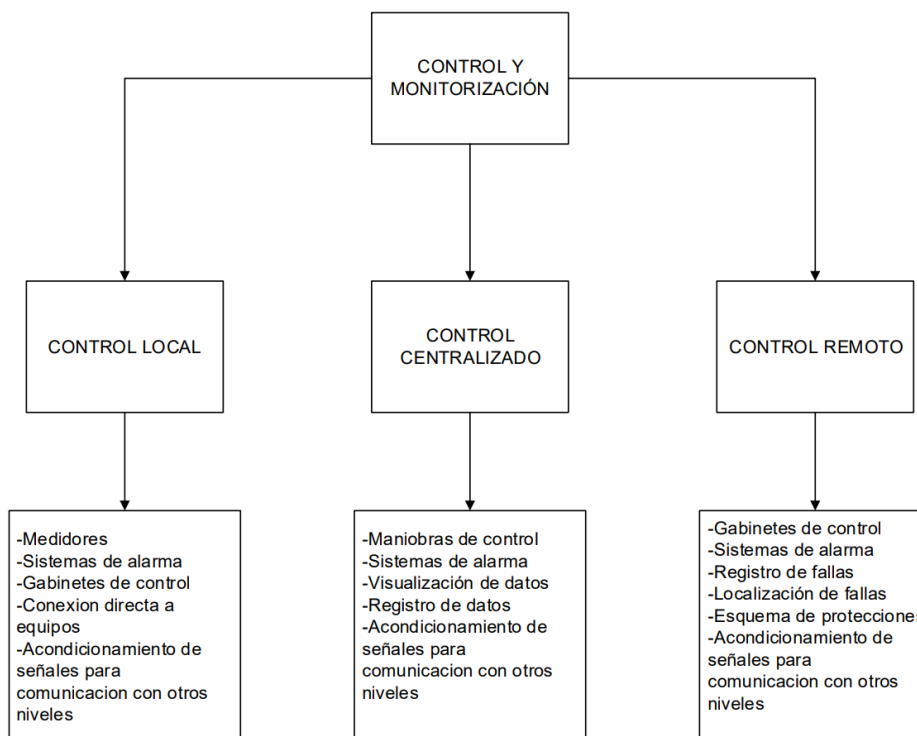




Figura 3. Niveles del sistema de control.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 39 de 168

10.2. SISTEMAS DE PROTECCIONES

Será un conjunto de equipos funcionando coordinadamente para proteger tanto al personal como a los equipos y al sistema. Para que se active el accionamiento de los sistemas de protecciones, se deberá presentar las siguientes situaciones:

Fallas: dentro de las cuales están

- Cortocircuitos (monofásicos, trifásicos, etc.).
- Apertura de fases que puedan repercutir en un daño inminente o inmediato de los equipos por lo que los tiempos de acción deberán ser de orden de los milisegundos.

Perturbaciones: sobrecargas, desbalances en las fases, sobretensiones etc.

Los sistemas de protecciones deberán cumplir con las siguientes características:

Sensibilidad: para poder detectar una condición de falla o límite entre una condición normal o de falla.

Selectividad: que pueda identificar cuál es el elemento o equipos que se debe aislar.

Coordinación: que se obtendrá como resultado de que la sensibilidad y la selectividad trabajen simultáneamente.

Rapidez: de modo que el sistema actúe de la forma más rápida posible en orden de los milisegundos.

Redundancia: duplicando ciertos elementos del sistema de protección a modo de lograr un apoyo al sistema de protección asignado a un equipo específico.


Confiabilidad: este deberá operar en cualquier situación que le corresponda hacerlo y en ningún otro momento.

A continuación, se listan los elementos y equipos que conforman usualmente un sistema de protección

- Transformadores de medida
- Relés de protección
- Circuitos auxiliares de control
- Interruptores
- Contactos
- Tableros

10.3. SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN

La automatización en subestaciones se refiere al uso de sistemas y dispositivos electrónicos para controlar o monitorear de forma automática el funcionamiento de los equipos y procesos de la subestación. Los sistemas de automatización permiten el control remoto de los parámetros eléctricos la gestión y el registro de eventos, la supervisión del estado de los componentes, la detección temprana de fallas y el diagnóstico de problemas.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 40 de 168


El diseño de sistemas de automatización en subestaciones implica la selección y configuración de dispositivos de control y monitoreo, como relés de protección, dispositivos de medición, dispositivos de control remoto y sistemas de supervisión y control de procesos. También se deben establecer los protocolos de comunicación para la transmisión de datos entre los dispositivos y los sistemas de control y supervisión de la subestación. El objetivo principal es asegurar la operación eficiente, segura y confiable de la subestación.

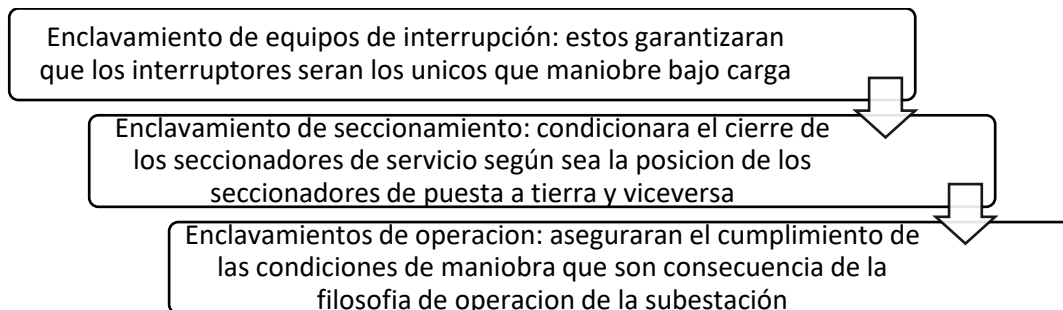
10.4. SISTEMAS DE ENCLAVAMIENTO

Con el propósito de garantizar la seguridad y evitar todo tipo de operación incorrecta o peligrosa en las subestaciones eléctricas, se diseñan sistemas de enclavamiento que impiden la activación incorrecta de un equipo de corte de energía o de protección.

- **Función principal:** establecen una secuencia lógica de operación de los equipos de la subestación, para evitar acciones contradictorias o inseguras, como abrir o cerrar los equipos de interrupción de forma o en situaciones inapropiadas.
- **Tipos:** estos pueden ser del tipo mecánico, eléctrico y lógico. Los enclavamientos mecánicos suelen basarse en la posición física de los equipos de interrupción, utilizando dispositivos físicos que eviten la operación incorrecta. Por otra parte, los enclavamientos eléctricos se basan principalmente en señales eléctricas y relés, para así garantizar que las operaciones se realicen de forma correcta. Y finalmente, los enclavamientos lógicos utilizan sistemas de control que se pueden programar para supervisar y coordinar las operaciones de los equipos de la subestación.
- **Seguridad y protección:** al asegurar una secuencia correcta de operación, se evitarán condiciones peligrosas, como la energización accidental de equipos durante labores de mantenimiento o el cierre de equipos de interrupción sin las condiciones adecuadas, por lo que los sistemas de enclavamiento serán fundamentales para garantizar la seguridad del personal que operará en la subestación, así mismo permitirá la protección de los equipos y el sistema eléctrico en su conjunto.

Los enclavamientos en una subestación eléctrica se estructuran de la siguiente forma:

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 41 de 168




Los enclavamientos que se presentan principalmente en una subestación a nivel general son:

- Un seccionador nunca se deberá maniobrar con carga.
- Para maniobrar un seccionador, el equipo de interrupción o interruptores asociados, así como cuchillas de puesta a tierra deberán estar abiertos.
- Las cuchillas de puesta a tierra solo se maniobrarán cuando los seccionadores de línea asociados estén abiertos y no haya tensión en la línea.
- Los seccionadores de By-Pass o paso directo se cerrarán con tensión cuando el equipo de interrupción en paralelo este cerrado.
- Un seccionador de transferencia se podrá cerrar con tensión cuando haya la misma tensión en sus dos terminales.
- Los seccionadores de barras se podrán operar con tensión cuando el acople esté cerrado.
- Para cerrar un interruptor se deberá cumplir con las condiciones de sincronismo entre los sistemas que cerrará.

10.4.1. ENCLAVAMIENTO DE OPERACIÓN EN SISTEMAS SAS

Los sistemas SAS (Supervisory Control and Data Acquisition) se refieren a un conjunto de dispositivos, equipos y software que permiten supervisar, controlar y adquirir datos en tiempo real de los componentes y procesos de la subestación eléctrica. De manera que, cuando se selecciona un equipo para operación, esta función evaluará las posiciones actuales de todos los demás equipos involucrados en dicha operación, así como la verificación de otras condiciones tales como: presencia de tensión de línea, protecciones u operadores, etc. De modo que, si todas las condiciones de operación se cumplen, este entregará una señal de salida para la habilitación de la apertura o cierre del equipo seleccionado. Si es el caso, y los equipos a maniobrar no cumplen con alguna de las condiciones de enclavamiento, este será señalizado en los despliegues del sistema respectivos para indicar dicha situación, a su vez que se genera una alarma que alerte al

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 42 de 168

operador de cuáles son las condiciones que no se están cumpliendo para efectuar la maniobra¹³.

10.4.2. ENCLAVAMIENTOS DE OPERACIÓN EN SISTEMAS CONVENCIONALES DE CONTROL

En subestaciones donde el control de los enclavamientos es de forma convencional, este se efectúa a través de lógica cableada. Esta lógica utiliza los contactos de posición de los interruptores, seccionadores u otros, para validar la respectiva maniobra con otros equipos.

El **RETIE Art 23.1.m.** Establece que los enclavamientos entre los diferentes elementos de corte y seccionamiento en una subestación son indispensables por razones de seguridad de las personas y conveniencia operativa de la instalación, a fin de no permitir que se realicen maniobras indebidas. Así mismo el **Art 23.1.n.** dicta las actividades que los enclavamientos deberán asegurar para que no sea posible realizar maniobras en caso de que se tengan equipos de tipo extraíble.



11. ESTRUCTURAS METÁLICAS

Este aspecto ira en concordancia con el dimensionamiento y selección de conductores, y serán importantes en el diseño y construcción de subestaciones debido a que estas se encargaran de soportar diferentes equipos que conforman el componente electromecánico de la subestación e incluso sistemas de iluminación.

Factores como la carga máxima que soportaran, ubicación de los equipos, requisitos de seguridad, así como aspectos técnicos aplicables a la construcción de estas estructuras deberán ser considerados en el diseño de estas por parte del personal encargado de esta tarea; además estas deberán ser construidas en materiales de la más alta calidad y que sean resistentes a la corrosión y condiciones climáticas adversas.

Según sea los requisitos específicos del proyecto, así como la topografías y condiciones del sitio, las estructuras metálicas podrán variar.

¹³ SUBESTACIONES DE ALTA Y EXTRA ALTA TENSIÓN. MEJIA VILLEGAS S.A. INGENIEROS CONSULTORES

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 43 de 168

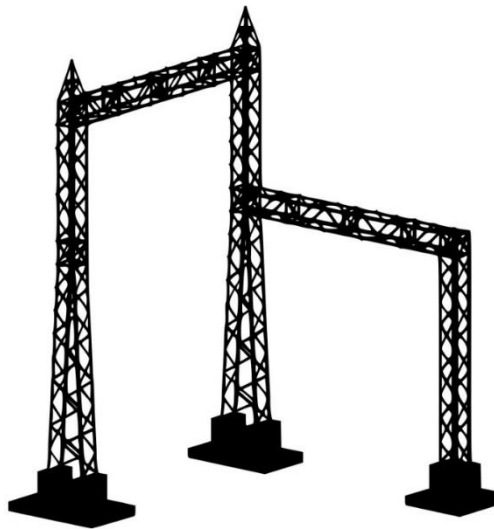


Figura 4. Estructura metálica en celosía.


11.1. CRITERIOS EN EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

En el diseño de las estructuras metálicas que requerirá la subestación, será importante considerar los siguientes aspectos:

- Disposición física del patio, en función de la configuración definida para la subestación y el nivel de tensión.
- Distancia entre los equipos, ancho de los campos y altura.
- Urbanización del lote y adecuación de este, de forma que permita definir la ubicación de las estructuras ya sea de entrada de los circuitos, conexión y soporte de equipos entre otros.
- Conductores, barras y cadena de aisladores que tendrá la subestación.
- Apantallamiento que tendrá la subestación, de modo que permita definir como se soportará en las estructuras.
- Equipos para el proyecto, de modo que permita establecer a través de sus características las cargas que estos impondrán a las estructuras.
- Estudios de riesgo sísmico y eólico para el sitio de ubicación de la subestación.
- Temperatura y radiación solar.
- Contaminación ambiental por salinidad u otros agentes químicos.

11.2. CONDICIONES CRÍTICAS PARA EL DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS

Las condiciones críticas que se deberán considerar en el diseño de las estructuras metálicas para subestaciones a nivel general serán:

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 44 de 168

11.3. CARGAS

Aquí se evaluarán las eventuales cargas externas a las que las estructuras estarán sometidas de forma permanente y/o instantánea como lo pueden ser cargas vivas, de viento, o sísmicas. También se evaluarán las acciones que repercuten el soportar conductores de fase, conexión a equipos y cables de guarda como lo son las cargas de tensión estática y electrodinámica, cargas de montaje y mantenimiento.

11.4. CARGAS DE TENSIÓN ESTÁTICA Y ELECTRODINÁMICA

Estos dos tipos de cargas serán factores importantes para considerar en el diseño de las estructuras metálicas, y en ellas se deberá considerar los efectos de las tensiones y deformaciones de los conductores, las conexiones, los herrajes, cadena de aisladores y demás accesorios que tengan incidencia sobre las estructuras. Además, se deberá considerar todas aquellas cargas que sean producto de la operación del equipo o elemento a soportar, las cuales deberán ser definidas por el fabricante y en ellas puede estar incluido aspectos como:

- Efectos térmicos debidos a condiciones de operación.
- Presión interna de los elementos que contengan gas o aire.
- Tensión estática en los terminales del equipo.


También se deberá solicitar información de cortocircuito cuando estos ocurran y del nivel de cortocircuito a ser considerado por parte del personal encargado del diseño de la subestación.

11.5. CARGAS GRAVITATORIAS

Incluirá todas aquellas cargas producto del peso propio de los equipos, conductores, taleros de control y demás accesorios que se soporten mediante estructuras metálicas. También se deberá incluir el peso propio de la estructura según lo evaluado con sus características físicas y mecánicas.

11.6. CARGAS DE VIENTO

En el diseño se deberá considerar las cargas de viento que podrán variar según sea la ubicación geográfica de la subestación y que pueden generar fuerzas considerables sobre la estructura provocando tensiones y deformaciones en la misma si no se tienen en cuenta adecuadamente. Estas se calcularán en función de la velocidad y dirección del viento, con el fin de garantizar la resistencia y estabilidad de la estructura. Se recomienda aplicar la metodología de cálculo para evaluar la presión dinámica del viento establecida por la **ASCE (American Society of Civil Engineers)**.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 45 de 168

11.7. CARGAS DE SISMO

Realizar un estudio de cargas sísmicas resultará crucial en el diseño de las estructuras metálicas que se utilizarán para construir la subestación. Es necesario verificar diversos parámetros como: máxima aceleración, velocidad y desplazamiento horizontal del suelo sobre el cual descansarán dichas estructuras, junto con características específicas del terreno donde se levantará la subestación. El objetivo principal será garantizar que estas estructuras puedan soportar sin daños o colapsos fuerzas sísmicas significativas.


Es importante mencionar que las cargas sismológicas pueden variar según diversas condiciones geográfica y actividad tectónica global; por lo tanto, es fundamental realizar análisis detallados utilizando espectros sísmicos adaptados al nivel actual de peligro presente en el lugar seleccionado para llevar a cabo el proyecto en cuestión. Además, debe supervisarse los niveles óptimos de amortiguamiento adecuado relacionados con cada tipo particular de construcción tomando siempre en cuenta todas las disposiciones administradas bajo la **Norma Colombiana de Diseño Y Construcción Sismo Resistente (NSR-10)**.

11.8. CARGAS DE MONTAJE Y MANTENIMIENTO

Las cargas de montaje y mantenimiento son al igual que las anteriores cargas, consideraciones importantes para el diseño de las estructuras metálicas que llevara la subestación. Estas se deberán al montaje y mantenimiento de los conductores y cables de guarda de la instalación, además de la acción que vaya a realizar un hombre ya sea para instalar, cambiar o simplemente de mantenimiento en la estructura. Es importante tener en cuenta estas cargas para garantizar la integridad y seguridad de las estructuras en toda su vida útil, por lo que será necesario realizar un diseño adecuado considerando los puntos de apoyo, conexiones, esfuerzos estructurales y criterios específicos para cada equipo y labor de mantenimiento.

11.9. COMBINACIÓN DE CARGAS Y SOBRECARGAS

Finalmente, las estructuras metálicas deberán diseñarse para que puedan soportar la combinación más crítica de cargas, sean estáticas y dinámicas que puedan actuar sobre la estructura para garantizar su seguridad, integridad y resistencia. También como base fundamental en el diseño de las estructuras metálicas, es conveniente utilizar factores de sobrecarga que permitan incorporar factores de seguridad en el diseño, y el objetivo de esto es proporcionar un balance entre costo y potencial de riesgo a causa fallas por fluencia y pandeo lateral en condiciones reales de operación. Estos factores de sobre carga son propuestos en algunos códigos de diseño como la norma **ASCE (American Society of Civil Engineers)** y el **Manual of Steel Construction LRFD del American Institute of Steel Construction AISC**.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 46 de 168

12. CONFIGURACIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

A continuación, se determinan las condiciones que se debe tener presentes en la configuración y por lo tanto en el diseño de una subestación eléctrica.

12.1. FLEXIBILIDAD

Las subestaciones eléctricas, deberán poseer la propiedad para acomodarse a las diferentes condiciones que se puedan presentar, ya sea por cambios operativos en el sistema, así como por contingencias y/o mantenimiento de las propias instalaciones.

Los cambios operativos que se pueden presentar en un sistema se realizan buscando:

- Control de potencia activa y reactiva para optimizar la carga de los generadores, lo cual implica independizar o agrupar circuitos de carga y/o generación.
- Limitar los niveles de cortocircuito, ya que cualquier arreglo o configuración que incorpore medios para dividir la subestación en dos (o más) secciones independientes puede reducir los niveles de cortocircuito, sin embargo, este no debe ser un parámetro inicial de diseño de esta, sino una condición operativa de la instalación para poder prolongar la vida útil de los equipos y mejorar la estabilidad del sistema.
- Independizar o limitar la influencia de algunas cargas o circuitos pertenecientes a subsistemas que por sus características pueden afectar la seguridad, estabilidad y confiabilidad de sistema¹⁴.


12.2. CONFIABILIDAD

Se define como la capacidad de una subestación de cumplir con sus funciones específicas de forma consistente como transformar, distribuir y suministrar energía durante un periodo de tiempo dado bajo la condición de que al menos alguno de sus componentes este fuera de servicio. Es decir, que cuando se presente una situación de falla en alguno de sus componentes como lo pueden ser interruptores, barrajes, seccionadores, etc. Esta pueda continuar con el suministro de energía después de efectuar alguna maniobra interna que permita labores de reparación o mantenimiento en dichos componentes.

12.3. SEGURIDAD

La seguridad en subestaciones eléctricas se refiere a la propiedad que tienen estas de dar continuidad al servicio de suministro de energía, sin sufrir interrupciones ante alguna falla

¹⁴ SUBESTACIONES DE ALTA Y EXTRA ALTA TENSIÓN. MEJIA VILLEGAS S.A. INGENIEROS CONSULTORES

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 47 de 168

en los equipos de potencia como lo son interruptores y barrajes, esta va muy de la mano con la anterior definición dado que seguridad es una manifestación de confiabilidad.

12.4. CRITERIOS O PASOS PARA LA SELECCIÓN DE LA MEJOR CONFIGURACIÓN

La selección de la configuración adecuada para la subestación es crucial para asegurar que se cumplan los requisitos técnicos del proyecto. Para hacer esta selección, se deberá realizar un análisis exhaustivo de los siguientes aspectos:

- Identificar el tipo o función que cumplirá la subestación y necesidades de flexibilidad, confiabilidad y seguridad.
- Facilidad de extensión y modulación, según sea la planeación y normalización de la empresa propietaria de la subestación.
- Preseleccionar los tipos de configuración que satisfagan los criterios anteriores en base a las características que estas presentan.
- Realizar el respectivo análisis de costos, área necesaria, facilidad y efectos de mantenimientos y control de las configuraciones preseleccionadas.
- Establecer la configuración más adecuada, así como los equipos a usar y que se conectarán al barraje.



13. CONFIGURACIÓN DE BARRAJE

Las configuraciones de barraje son aquellas en donde se define el orden de los equipos de conmutación de forma que se pueda facilitar la operación de la subestación cumpliendo con las normas técnicas requeridas para la conexión a los sistemas de transmisión y/o distribución. Hay diferentes tipos de configuración donde cada uno presenta sus ventajas y desventajas según la flexibilidad, confiabilidad, seguridad, economía y sencillez. Por lo que es de vital importancia evaluar cuidadosamente todas las opciones a fin de seleccionar la que mejor se adapte a las necesidades del proyecto. A continuación, se listan las configuraciones más utilizadas en tendencia europea para niveles en media tensión, los esquemas e información adicional se pueden verificar en el **Anexo 2** del presente documento.

13.1. BARRA SENCILLA

El barraje sencillo es una configuración en donde se tiene un único barraje colector, y en donde cada línea que llega proveniente de un equipo de generación o de otra subestación eléctrica cuenta con un interruptor acompañado de sus respectivos seccionadores.

13.2. BARRA PRINCIPAL, MÁS BARRA DE TRANSFERENCIA

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 48 de 168

Esta configuración parte del desarrollo modular de la barra sencilla, en donde se busca mejorar la confiabilidad de esta. Para eso se le agrega una barra adicional a la configuración, que funcionara como barra auxiliar o de transferencia, la cual se usará en caso de falla o mantenimiento en la barra principal, permitiendo así que se traslade los circuitos a esta barra mediante un interruptor de transferencia, logrando que se mantenga el servicio en los circuitos durante las labores de mantenimiento.

13.3. DOBLE BARRA

Esta configuración se deriva del desarrollo modular de la barra sencilla, con el objetivo de mejorar su flexibilidad. Para lograr este objetivo, se agrega una segunda barra principal a la configuración; un seccionador de acople entre ambas barras permite la reubicación de circuitos a esta barra secundaria y permite la separación de circuitos en cada barra individual. Al igual que con la configuración anterior, el trabajo de mantenimiento en las barras colectoras se puede realizar sin interrupción del servicio.

13.4. DOBLE BARRA MÁS SECCIONADOR DE BY-PASS


La configuración de doble barra más seccionador de By-Pass es una opción para subestaciones de media tensión que reúne las características de las dos configuraciones anteriores. Para esto se conecta un seccionador de By-Pass o paso directo a cada salida de circuito, junto con un seccionador adyacente al interruptor para poder aislar este último. En esta configuración se requiere más equipos por campo presentándose una posibilidad más elevada de operación incorrecta durante las maniobras.

14. ANÁLISIS DE CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN

A continuación, se realizará un análisis detallado sobre los diferentes aspectos mostrados en el numeral anterior, que deberán ser tomados en cuenta por el ingeniero de diseño a fin de realizar una correcta selección de configuración de barraje para subestaciones en media tensión.

14.1. IDENTIFICAR EL TIPO O FUNCIÓN QUE CUMPLIRÁ LA SUBESTACIÓN Y NECESIDADES DE FLEXIBILIDAD, CONFIABILIDAD Y SEGURIDAD

Para seleccionar la configuración de barraje que llevará la subestación, será necesario realizar un análisis de la subestación como parte integral del sistema al cual se conectará, con el propósito de poder establecer si se afecta o no la seguridad operativa del sistema a causa de fallas. También, se deberá determinar el papel que cumplirá la instalación, a modo de establecer si se requiere de un mayor o menor grado de flexibilidad, confiabilidad o

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 49 de 168


seguridad, con el fin de minimizar los impactos que puedan afectar el rendimiento y eficiente del sistema al cual se integrará.

TIPO	FUNCIÓN	NECESIDAD
SUBESTACIÓN DE GENERACIÓN	Las subestaciones de generación son aquellas que elevan la tensión generada por las plantas generadoras a niveles altos o muy altos para poder transportar la energía a través de las líneas de transmisión; normalmente estas operan con tensiones primarias entre 3 y 30 [kV] y tensiones secundarias entre 57.5 y 220 [kV]. Sin embargo, también pueden existir subestaciones de generación en media tensión, que son aquellas que elevan la tensión a niveles entre 10 y 34.5 [kV]. Estas subestaciones pueden ser útiles para alimentar cargas locales o para interconectar con otras redes de media tensión.	En las subestaciones de generación, la confiabilidad será la necesidad primordial de esta instalación, esto con el propósito de que la central generadora pueda conectarse al sistema eléctrico. Aunque también, las necesidades de flexibilidad y seguridad pueden ser necesarias, estas dependerán de cuán importante es la subestación para el sistema y su ubicación en este.
SUBESTACIÓN DE MANIOBRA	Las subestaciones de maniobra son aquellas instalaciones que permiten interconectar circuitos dentro de un mismo sistema o de diferentes sistemas, estas son las encargadas de distribuir la energía a subestaciones de transformación, ya que reciben la energía de los circuitos provenientes de centrales generadoras o de sistemas interconectados. En media tensión, estas subestaciones pueden operar siempre y cuando se garantice la seguridad y confiabilidad del sistema.	La flexibilidad, será la necesidad primordial en las subestaciones de maniobra. mientras que las necesidades de confiabilidad y seguridad estarán determinadas en cómo se integrará y ubicará la subestación en el sistema eléctrico.
SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	Las subestaciones de transformación son aquellas instalaciones en donde el objetivo principal es el de entregar la energía a un sistema en un nivel de tensión diferente al que recibe. Dependiendo de su configuración, esta puede ser elevadora o reductora, es decir que el nivel de tensión de salida es más alto al de entrada y viceversa.	En el caso de las subestaciones de transformación, al dividirse en subestaciones reductoras y elevadoras, cada una de las configuraciones presenta una necesidad específica: <ul style="list-style-type: none"> • Para las subestaciones reductoras, la confiabilidad será la necesidad primordial, aunque también puede requerirse flexibilidad (debido a la existencia de diversos circuitos de conexión) y seguridad, aunque esta última dependerá de las necesidades del sistema secundario y la disponibilidad de transformación. • Por otra parte, las subestaciones elevadoras, será primordial la seguridad, la cual deberá ir en concordancia con el nivel de seguridad del sistema secundario.

Tabla 8. Tipos de subestaciones, función y necesidades.

14.2. FACILIDAD DE EXTENSIÓN Y MODULACIÓN, SEGÚN SEA LA PLANEACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE LA EMPRESA PROPIETARIA DE LA SUBESTACIÓN.

Definir una configuración para el barraje con el cual la subestación entrará en servicio será un hito importante en el desarrollo de un proyecto de estas características. El inconveniente se presentará a medida que el sistema al que la subestación estará conectada crece, por

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 50 de 168

lo que se necesita modificar la configuración original de la subestación para satisfacer las necesidades de confiabilidad, flexibilidad y seguridad. Para esto, se deberá planificar la integración de nuevos equipos y circuitos a la subestación, sin que se vea interrumpido el funcionamiento de todos los componentes existentes, y evitar un elevando costo inicial, debido a un exceso de componentes que puedan alterar la simplicidad operacional. En las subestaciones en media tensión se permite un desarrollo modular a partir de la configuración de barrajes, que consiste en diseñar la subestación con una configuración de barra sencilla, llevándola bien a una configuración de barra sencilla más barra de transferencia o doble barra. Es importante establecer si las necesidades derivadas de la evolución del sistema ameritan un desarrollo de esta índole, y en caso de que no sea necesario, se puede simplemente diseñar una subestación con una configuración definitiva anticipándose a posibles crecimientos del sistema.

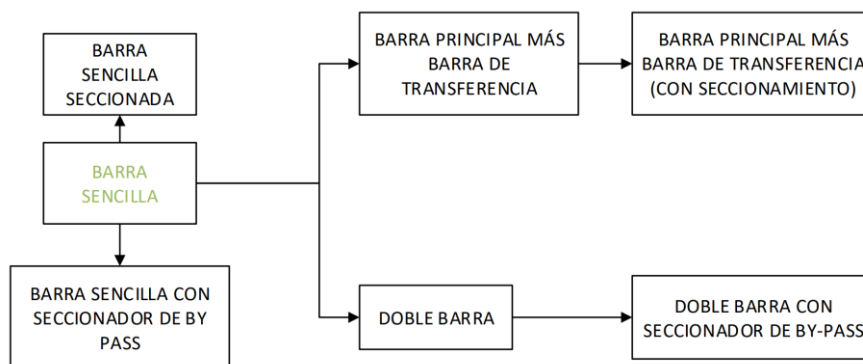


Figura 5. Desarrollo modular de barrajes.


14.3. PRESELECCIONAR LOS TIPOS DE CONFIGURACIÓN

En esta actividad se realizará la preselección de las configuraciones aplicables al diseño, y se evaluarán necesidades que ofrece el barraje (revisar configuraciones).

14.4. ANÁLISIS DE COSTOS, ÁREA NECESARIA, FACILIDAD MANTENIMIENTOS Y CONTROL


Para esta actividad, se deberá evaluar el costo, el área (la cual influirá en gran medida en la adecuación del terreno, disposición de los equipos y distribución de las edificaciones) y dos criterios fundamentales para el correcto funcionamiento de la instalación una vez esta entre en operación, los cuales serán la facilidad de mantenimiento que ofrece dicha configuración y el control que esta demandará.

La importancia de analizar estos dos últimos criterios a la hora de seleccionar la configuración de barraje que llevará la subestación, radica en las siguientes razones:

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS			21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL			
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5	
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 51 de 168	

- El costo que puede implicar para la empresa prestadoras del servicio y propietaria de la instalación, por lo que es bueno que los equipos posean un alto tiempo medio entre fallos o MBTF (Mean Time Between Failures) y, además, que estos como ya se ha comentado anteriormente, soporten las condiciones adversas que puedan presentarse en el área donde se emplazara la subestación.
- Identificar los puntos más vulnerables aplicando técnicas que permitan facilitar este proceso, a fin de garantizar la fiabilidad y disponibilidad del suministro eléctrico.
- Lograr una configuración sencilla que sea fácil de entender y operar, simplificando tareas de monitoreo, control y protección. Y así reducir la posibilidad de errores humanos mejorando la eficiencia ante situaciones de emergencia.
- Poder seleccionar una configuración que brinde simplicidad en el control y protección, por lo que la adaptabilidad y flexibilidad de esta será mayor, permitiendo que se puedan realizar cambios o modificaciones en caso de que se integren nuevas tecnologías a la subestación.
- Lograr un impacto en la seguridad de la instalación y del personal que opera en ella; esto gracias a la selección de una configuración que sea fácil de comprender y operar, reduciendo la posibilidad de errores que puedan atentar a la integridad de la subestación y del personal.


CONFIGURACIÓN	COSTO	ÁREA	MANTENIMIENTO	CONTROL
BARRA SENCILLA	Es la configuración que presenta el menor costo de todas las configuraciones.	Es la configuración que requiere menor área para su construcción, en el caso de las S/E en media tensión, el área necesaria puede oscilar entre 50 a 100 m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil acceso a los equipos y circuitos. • Facilidad para labores de mantenimiento y limpieza. • Menor tiempo en labores de reparación y remplazo de componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Simplificación en el control debido al menor número de dispositivos. • Operación más sencilla y entendible para el personal operativo. • Menor complejidad en la interacción entre equipos de control y protección.
BARRA PRINCIPAL MÁS BARRA DE TRANSFERENCIA	Esta configuración presenta un costo moderado en relación con las demás.	Esta configuración requerirá un área ligeramente mayor a la anterior, para S/E en media tensión, esta oscila entre 80 a 150 m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso adecuado a los equipos tanto para la barra principal como para la barra de transferencia. • Facilidad para labores de inspección, mantenimiento y limpieza. Puede que requiera más tiempo y cuidado en labores de reparación y mantenimiento por la complejidad adicional de la barra de transferencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor número de equipos y circuitos en comparación con la barra sencilla, por lo que su control será un poco más complejo. • Requiere una programación y configuración en el control un poco más compleja dada la presencia de la barra de transferencia. • Puede requerir capacitación adicional para el personal de control, operación y supervisión. • Necesitará mayor cuidado y atención para evitar errores

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 52 de 168

CONFIGURACIÓN	COSTO	ÁREA	MANTENIMIENTO	CONTROL
DOBLE BARRA	Configuración con un costo más elevado con relación a las anteriores.	En relación con las configuraciones anteriores, esta requerirá un área mucho mayor, para S/E en media tensión, esta configuración podrá requerir un área de 100 a 200 m ²	<ul style="list-style-type: none"> Acceso adecuado a ambas barras y equipos. Facilidad para labores de mantenimiento y pruebas de los equipos en cada barra. Permite realizar mantenimientos sin interrumpir el servicio 	<p>de configuración y programación en el control</p> <ul style="list-style-type: none"> Permite mayor flexibilidad en la operación y control de la instalación Presenta la posibilidad de operar y controlar de forma independiente cada barra. Mayor cantidad de equipos y circuitos por lo que podrá requerir mayor experiencia y conocimiento por parte del personal operativo. Requerirá una programación y configuración en el control y operación dada la presencia de dos barras.
DOBLE BARRA MÁS SECCIONADOR DE BY-PASS	Configuración más costosa de todas las anteriores, debido al costo adicional de los seccionadores de paso directo.	Esta configuración requerirá un área similar a la doble barra	<ul style="list-style-type: none"> Posibilidad de aislar una barra para mantenimiento o reparación sin interrumpir el servicio. Facilidad para labores de mantenimiento y pruebas en equipos y en cada barra. El By-Pass agrega una mayor complejidad al mantenimiento. El acceso se puede ver afectado debido a la presencia de equipos adicionales. Permite realizar trabajos en una barra mientras la otra sigue operativa. 	<ul style="list-style-type: none"> Permite aislar una barra y redirigir la carga mediante el seccionador. Mayor complejidad en la operación y control debido a la presencia del By-Pass Requiere una programación y configuración más compleja de control y operación a fin de coordinar el seccionador. Requerirá capacitación adicional para el personal encargado del control y supervisión.

Tabla 9. Costo, área requerida aproximada, facilidad en mantenimiento y control para cada configuración.

Es importante recalcar que los aspectos presentados en la tabla anterior se hacen de forma muy general y que los valores que hacen referencia a el área requerida por cada una de las configuraciones son valores aproximados, por lo que estos podrán variar dependiendo de la capacidad y complejidad del proyecto, así como los equipos que conforman el componente electromecánico utilizado en cada configuración. Así mismo, los aspectos ya

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 53 de 168

sean de mantenimiento o simplicidad en el control podrán discernir a los presentados en la tabla anterior por lo que deberán establecerse según las necesidades específicas del proyecto. Y finalmente el tema de costos, deberá ser consultado por las áreas especializadas, ya que lo presentado en la tabla anterior son criterios generales dado que **el componente económico no es del alcance del presente documento.**

14.5. EFECTOS DE MANTENIMIENTO EN LA SEGURIDAD DEL SISTEMA

Para conocer los efectos que se tendrán por los mantenimientos en dispositivos de interrupción y en barrajes, revisar el Anexo 2 de este documento.

14.6. REVISIÓN DE CADA UNA DE LAS CONFIGURACIONES Y ESTABLECER LA MÁS ADECUADA

En la actividad final que influirá en la selección de la configuración, se verificarán los criterios analizados previamente, se revisarán cuáles de las configuraciones usadas en subestaciones eléctricas en media tensión cumplen o no las necesidades del proyecto, para llegar a la configuración que más se moldee a estas necesidades y así establecer la configuración definitiva de la instalación, lo que permitirá avanzar al siguiente paso, la verificación de equipos.

15. METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE BARRA

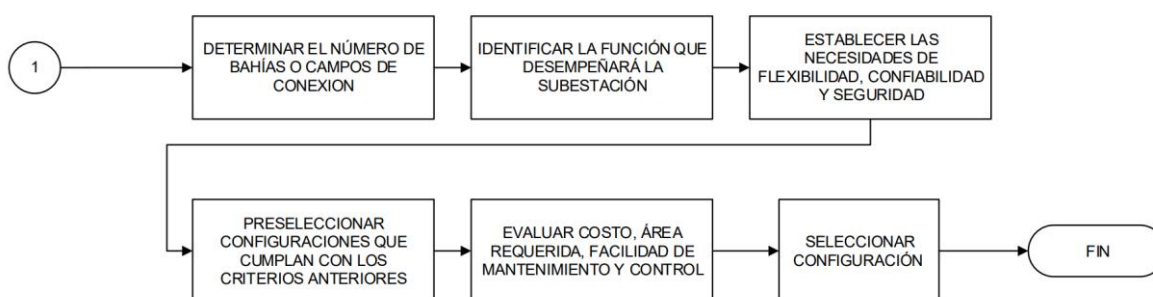



Figura 6. Metodología para selección de configuración de barraje.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 54 de 168


16. EQUIPOS

Durante el proceso constructivo de una subestación eléctrica, la selección adecuada de los equipos que conformaran dicha instalación será vital para garantizar la confiabilidad y eficiencia del sistema al que se conectará la subestación. Para esto, se deberá tener en cuenta algunos aspectos o criterios para el diseño y selección de los equipos, algunos de estos aspectos son:

- Tipo de subestación, si esta es netamente convencional con todos sus equipos ubicados en patio o si parte de ellos estará encapsulados en celdas.
- Nivel básico de aislamiento.
- Factores de corrección por altitud.
- Efectos producidos por corrientes de cortocircuito.
- Calibre de los alimentadores.

También, se deberá cumplir con la normativa y regulación técnica vigente, a fin de garantizar la seguridad de operación y del personal, así como los estándares de calidad requeridos para la entrada en operación de este tipo de infraestructura. Para esto se deberá establecer criterios que permitan tomar la decisión de como instalar dichos equipos como lo son:

- **Espacio disponible:** pues se deberá conocer que tanto espacio se dispondrá para el emplazamiento de la subestación, ya que, si se cuenta con un área considerablemente amplia, instalar los equipos de forma exterior puede ser óptimo para el tema de distancias de seguridad y mantenimiento. Por otra parte, si se cuenta con un área relativamente limitada, lo más conveniente sería considerar la instalación de equipos en celdas a excepción de aquellos de gran capacidad y tamaño como el transformador.
- **Condiciones climáticas y ambientales:** si la zona donde se emplazará la subestación es una zona donde las condiciones climáticas son adversas con lluvias intensas, fuertes vientos, alta humedad o exposición a la salinidad (si esta estará ubicada en zonas cerca al mar), podría ser más conveniente instalar los equipos a excepción de aquellos de gran capacidad y tamaño en celdas a fin de que se puedan proteger y prolongar su vida útil.
- **Requisitos de seguridad y aislamiento:** según sean las normativas y regulaciones locales, los requisitos de aislamiento y seguridad de los equipos pueden ser específicos para el área de emplazamiento por lo que usar celdas puede ser una opción para la disposición de estos.
- **Tipo de equipos:** en las subestaciones convencionales, será común tener equipos de gran tamaño y peso instalados en el patio de esta. Mientras que los equipos de maniobra, medición y protección como interruptores y seccionadores, podrán ser instalados en celdas.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 55 de 168

- **Costos de instalación y mantenimiento:** los costos asociados a la instalación y mantenimiento pueden tener influencia en la selección y ubicación de los equipos, pues en algunos casos puede ser más conveniente y económico instalar la totalidad de los equipos en el patio de la subestacion, mientras que, en otros, los gastos que suponen este tipo de instalación en temas de mantenimiento y protección pueden ser más elevados a comparación a instalarlos en celdas.
- **Flexibilidad y expansión:** si se tiene previsto realizar futuras expansiones a la subestación, instalar celdas modulares podría facilitar la adición de nuevos equipos si tener que afectar a los ya existentes.
- **Reconocimiento de la inversión¹⁵:** en base a lo establecido en la resolución **CREG 015 del 2018** el reconocimiento de la inversión será el proceso mediante el cual se reconoce el valor de los activos fijos que formarán parte de la subestación, para ello el reconocimiento de la inversión en subestaciones involucra criterios como son:
 - Identificación y clasificación de activos
 - Valoración de activos
 - Cálculo de remuneración
 - Cumplimiento regulatorio



Así entonces, la instalación de los equipos en este tipo de subestaciones dependerá de varios factores, y la decisión se tomará considerando todos para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.

16.1. EQUIPOS QUE DEBERÁN SER INSTALADOS EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE TIPO CONVENCIONAL

Los elementos que se deberán instalar en el sitio donde se emplazara la subestacion son los siguientes:

- Aisladores.
- Seccionador sin carga.
- Seccionador bajo carga
- Dispositivo de protección contra sobretensiones (DPS).
- Transformador de tensión.
- Transformador de corriente.
- Corta circuitos.
- Interruptor de potencia (este puede reemplazar al seccionador bajo carga y al cortacircuitos).
- Transformador de potencia.

¹⁵ RESOLUCIÓN CREG NO. 015 DE ENE.29-2018

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 56 de 168

A continuación, se listan en detalle los requerimientos de cada equipo a instalar con su respectivo proceso de selección, independientemente de si se decide por instalarlos de forma externa o interna en celdas.


Los valores que se presentan a continuación se de carácter referencial en base a las necesidades de instalación para subestaciones en este nivel de tensión.

Los esquemas representativos para cada equipo se presentarán en la sección de anexos (**ver Anexo 5**).

16.1.1. AISLADORES

Norma	IEC 60672-1, IEC 61466-2, IEC 60071-1	
Tipo de instalación	Intemperie	
Posición	Horizontal, vertical	
Aislante	Fibra de vidrio, polímero, porcelana	
Acople metálico	Acero galvanizado, forjado en caliente	
Frecuencia nominal	60 Hz	
Tensión de servicio continuo	34.5 kV	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV	17.5 kV
Nivel de aislamiento nominal		
Tensión de prueba al impulso (BIL)	145 kV	75 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	70 kV	38 kV
Distancia mínima de fuga	580 mm	280 mm
Distancia mínima de arco	285 mm	125 mm
Carga mecánica nominal	120 kN	70 kN

Tabla 10. Requisitos mínimos para selección de aisladores.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 57 de 168

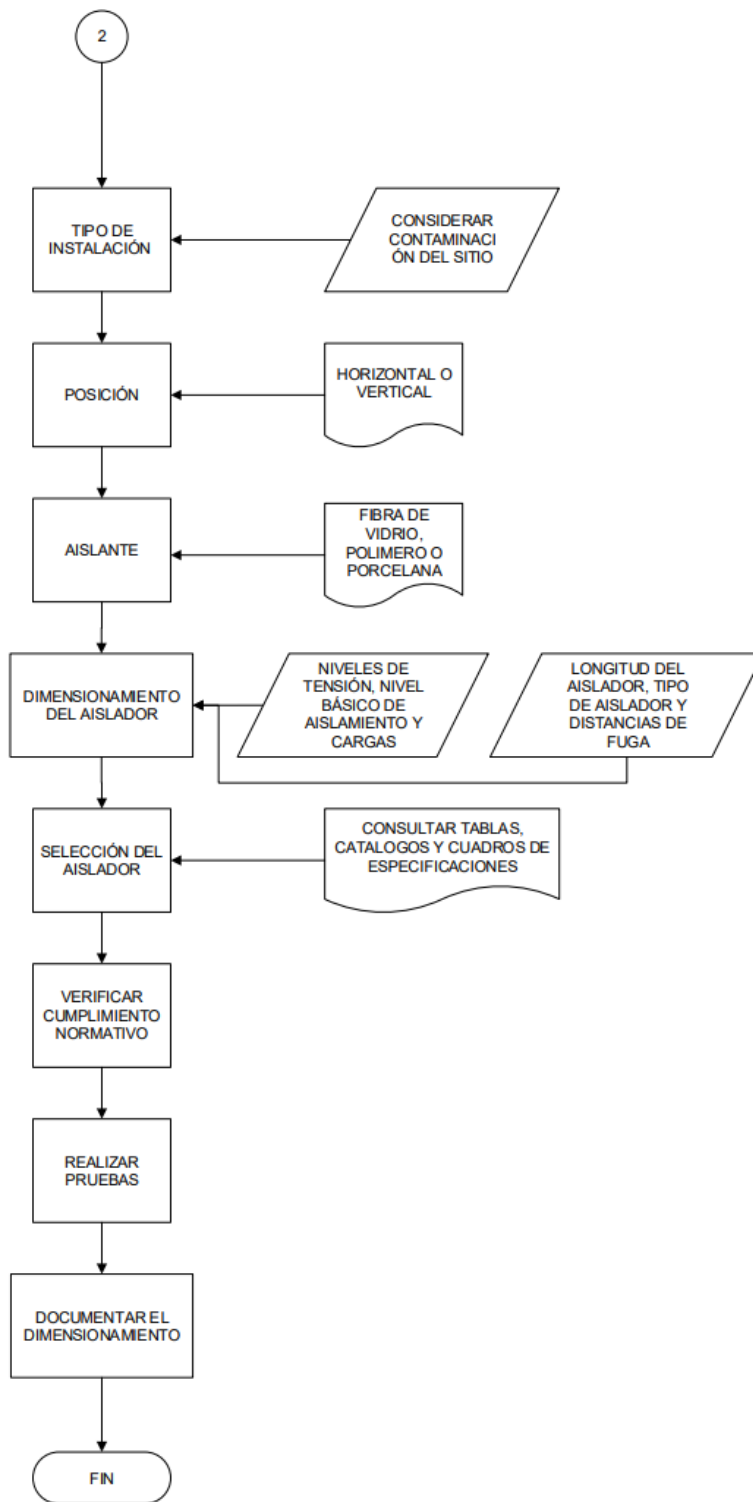




Figura 7. Metodología de selección de aisladores.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 58 de 168

16.1.2. SECCIONADOR SIN CARGA

Norma	IEC 62271-102, IEC 62271-1	
Tipo de instalación	Intemperie	
Posición	Horizontal, Vertical	
Accionamiento	Tripolar, Monopolar, de apertura simple	
Tipo de operación	Motorizada o Manual, ejecutado a palanca o manivela	
Frecuencia nominal	60 Hz	
Tensión de servicio continuo	34.5 kV	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV	17.5 kV
Corriente nominal	100 – 200 – 400 – 500 A	
Corriente mínima de cortocircuito		
A tensión nominal	31.5 kA	25 kA
A valor pico del impulso de corriente	78.75 kA	62.5 kA
Tensión de prueba al impulso (BIL)		
A tierra y entre polos	170 kV	95 kV
Entre contactos abiertos	195 kV	110 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial durante 1 minuto en seco		
A tierra y entre polos	70 kV	38 kV
Entre contactos abiertos	80 kV	45 kV

Tabla 11. Requisitos mínimos para selección de seccionadores sin carga.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 59 de 168

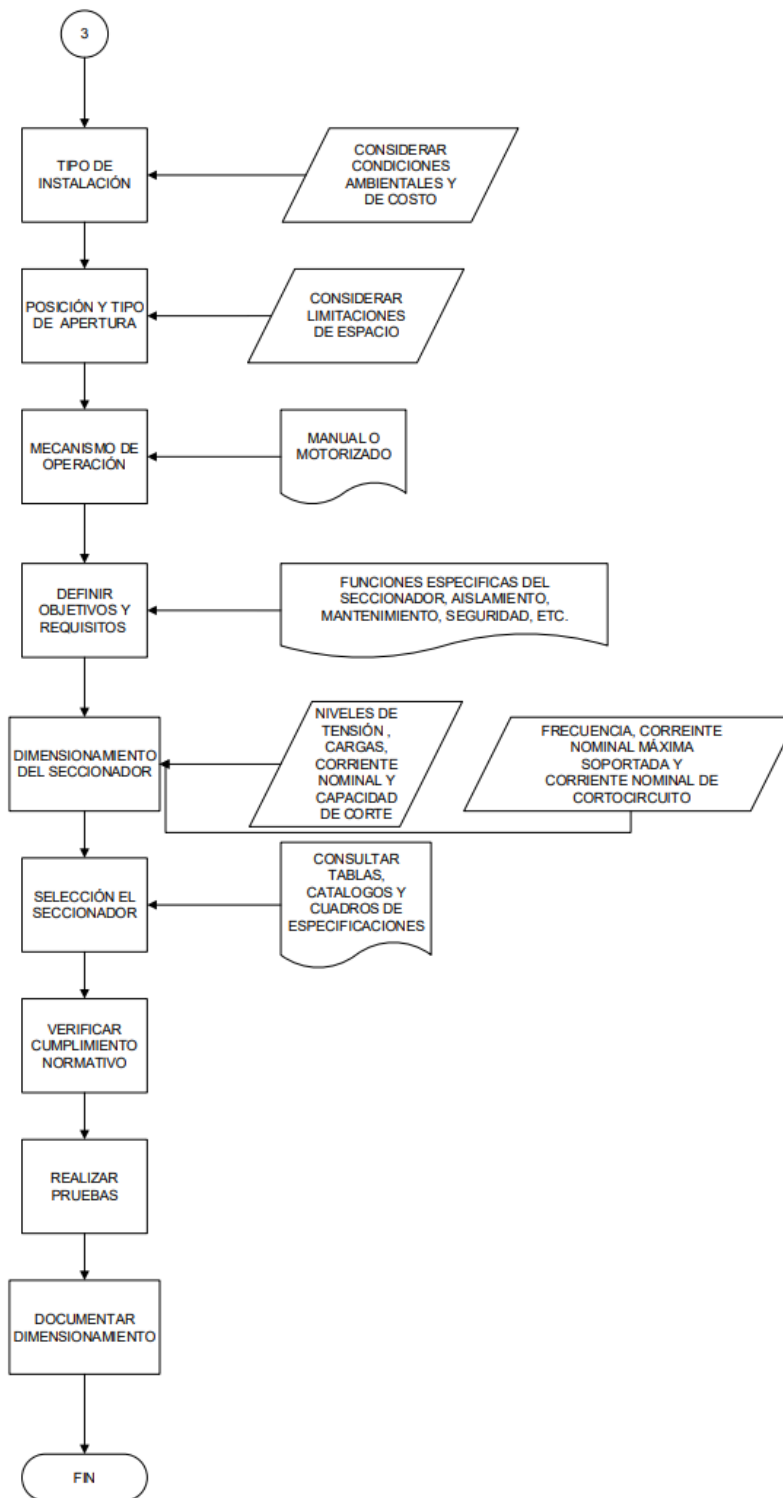




Figura 8. Metodología de selección de seccionadores de operación sin carga.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 60 de 168

16.1.3. SECCIONADOR BAJO CARGA

Norma	IEEE C37-30, ANSI C37-32, IEEE C37-34	
Tipo de instalación	Intemperie	
Posición	Vertical en poste o en estructura metálica, o horizontal	
Accionamiento	Tripolar	
Tipo de operación	Motorizada o manual	
Aislamiento	Aire o SF6	
Frecuencia nominal	60 Hz	
Tensión de servicio continuo	34.5 kV	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	38 kV	15.5 kV
Corriente nominal	100 – 200 – 400 – 500 A (Según proyecto)	
Corriente mínima de cortocircuito		
A tensión nominal	31.5 kA	25 kA
A valor pico del impulso de corriente	78.75 kA	62.5 kA
Tensión de prueba al impulso (BIL)		
A tierra y entre polos	170 kV	95 kV
Entre contactos abiertos	195 kV	110 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial durante 1 minuto en seco	95 kV	50 kV

Tabla 12. Requisitos mínimos para seccionador de operación bajo carga.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 61 de 168

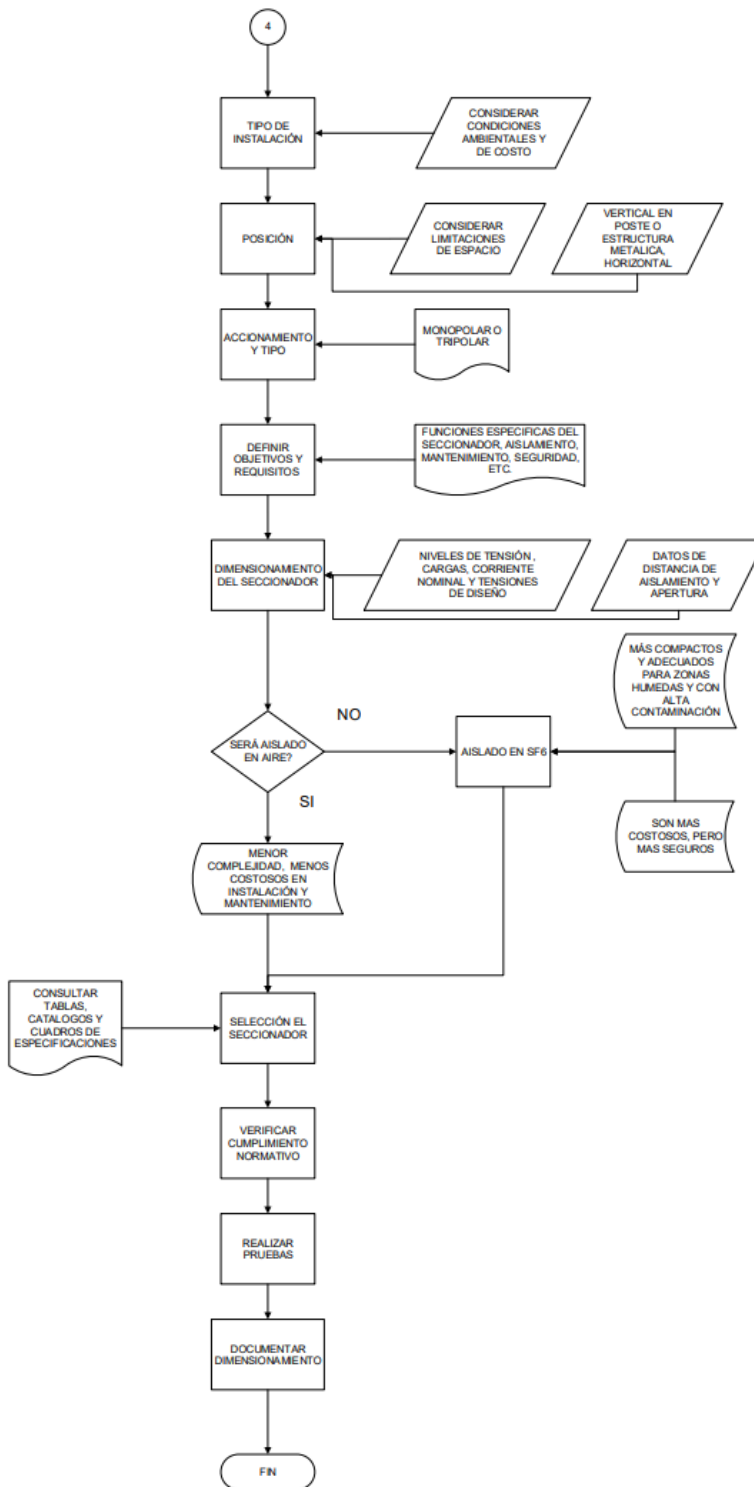



Figura 9. Metodología de selección de seccionadores bajo carga.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMEQUÍMICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 62 de 168

16.1.4. DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

Norma	IEC 60099-4, IEC 60099-5	
Tipo	Oxido de Zinc [ZnO]	
Tipo de instalación	Intemperie	
Posición	Vertical	
Frecuencia nominal	60 Hz	
Corriente nominal de descarga	10 kA	
Impedancia característica	450 Ω	
Tensión nominal	36 kV	17.5 kV
Máxima tensión de operación continua	38 kV	15 kV

Tabla 13. Requisitos mínimos para el DPS.

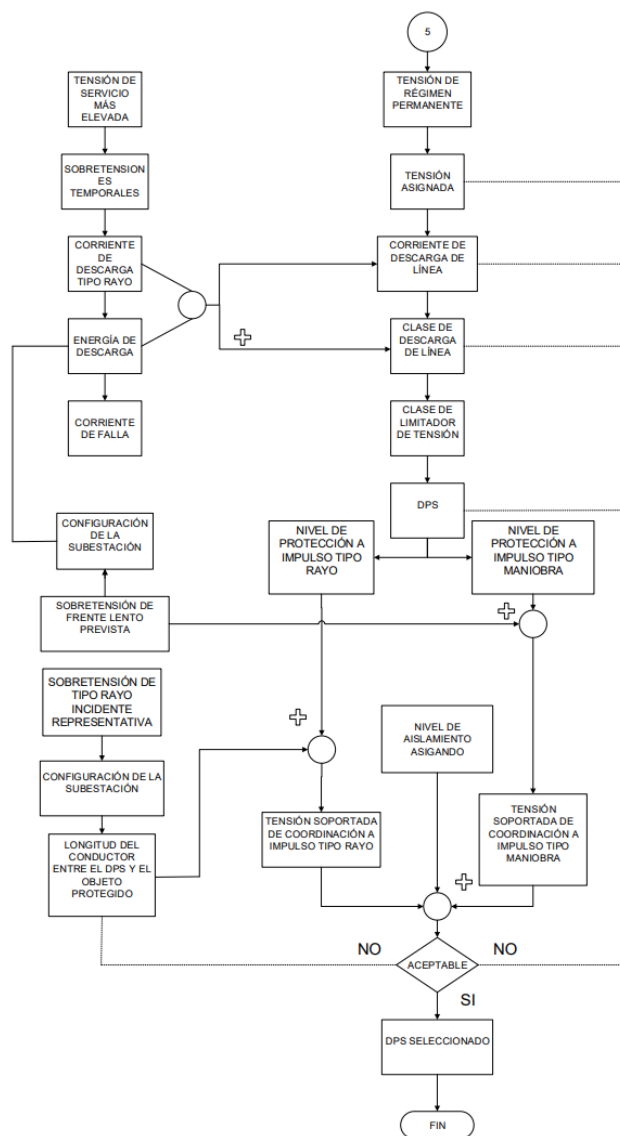




Figura 10. Metodología de selección para la selección del DPS.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 63 de 168

16.1.5. TRANSFORMADOR DE TENSIÓN

Norma	NTC 2207, IEC 61869-3	
Tipo de instalación	Intemperie	
Posición	Vertical sobre estructura metálica	
Frecuencia nominal	60 Hz	
Tensión de servicio continuo	34.5 kV	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV	17.5 kV
Tensión secundaria nominal	115 V	120 V
Niveles de aislamiento nominales para devanados primarios		
Tensión de prueba al impulso (BIL)	145 kV	75 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial durante 1 minuto en seco	70 kV	38 kV
Capacidad para soportar el cortocircuito	1 s	
Relación de transformación	Según proyecto.	
Clase de precisión	0.2 y 0.5 según Art 9 CREG 038 del 2014	
Burden con un factor de potencia de 0.8 inductivo	10 – 25 – 50 – 100 VA	

Tabla 14. Requisitos mínimos para transformadores de tensión.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 64 de 168

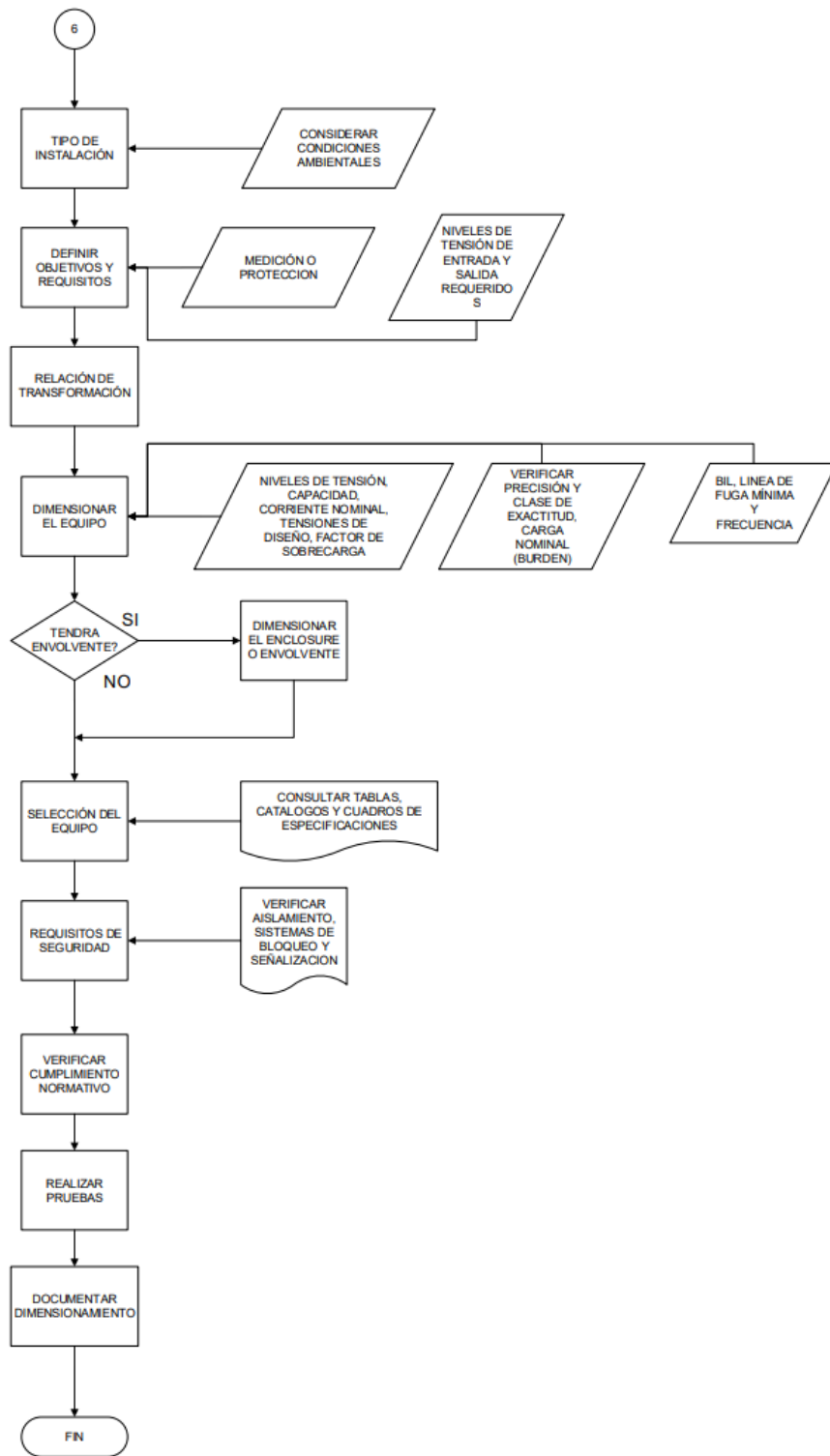




Figura 11. Metodología de selección del transformador de tensión.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 65 de 168

16.1.6. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Norma	NTC 2205, IEC 61869-2	
Tipo de instalación	Intemperie	
Posición	Vertical sobre estructura metálica	
Frecuencia nominal	60 Hz	
Tensión de servicio continuo	34.5 kV	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV	17.5 kV
Corriente primaria nominal	10 – 12.5 – 15- - 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 75 A (Según proyecto)	
Corriente secundaria nominal	5 A	
Niveles de aislamiento nominales para devanados primarios		
Tensión de prueba al impulso (BIL)	145 kV	75 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial durante 1 minuto en seco	70 kV	38 kV
Capacidad para soportar el cortocircuito	1 s	
Corriente dinámica nominal	40 kA	
Relación de transformación	Según proyecto y ajustable solo por el lado primario	
Clase de precisión	0.2 y 0.5 según Art 9 CREG 038 del 2014	
Burden con un factor de potencia de 0.8 inductivo	2.5 – 5.0 – 10 – 15 - 30 VA	

Tabla 15. Requisitos mínimos para transformadores de corriente.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 66 de 168

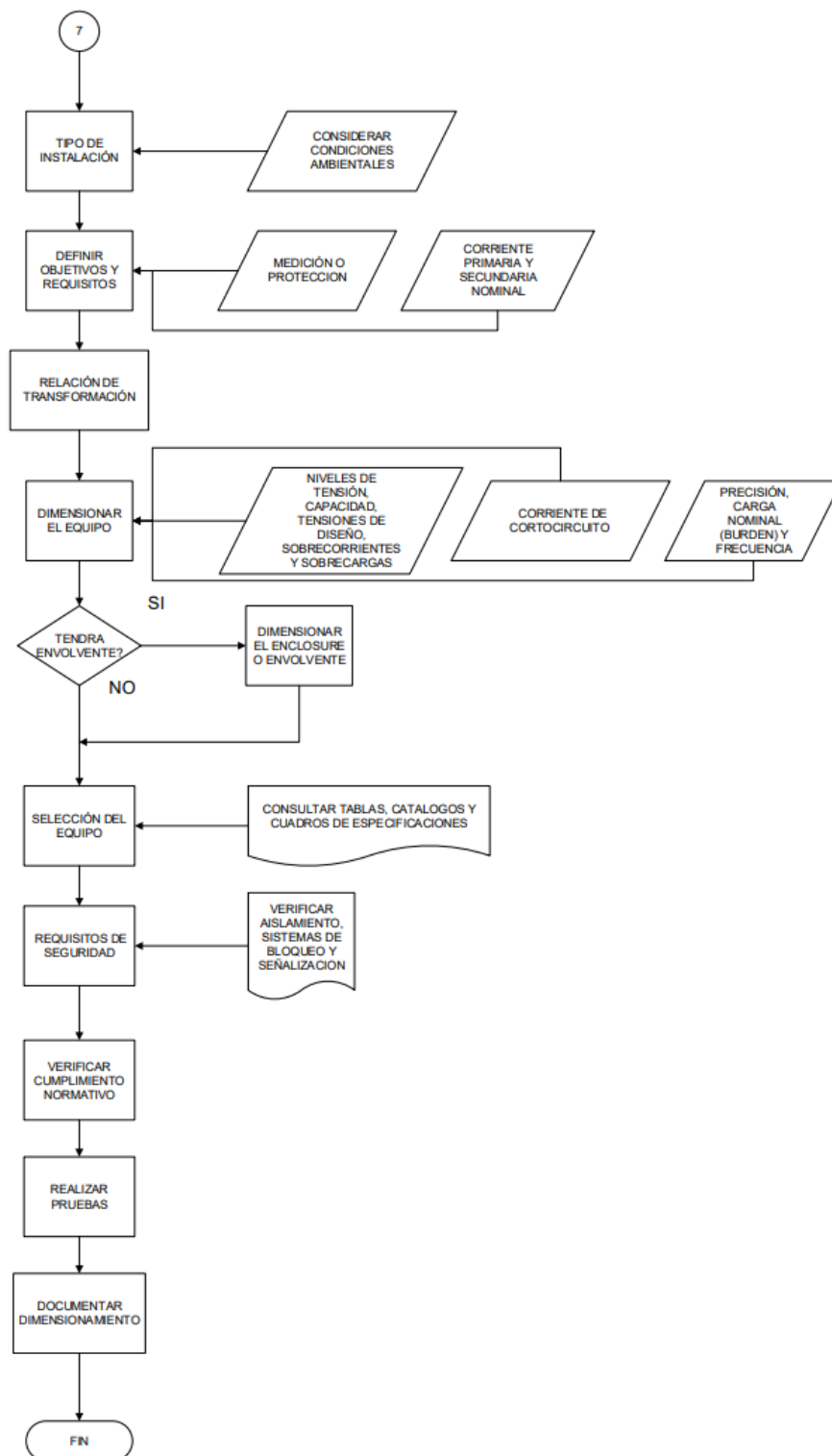




Figura 12. Metodología de selección del transformador de corriente.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 67 de 168

16.1.7. CORTA CIRCUITOS

Norma	NTC 2797, IEEE Std C37.42	
Tipo de instalación	Intemperie	
Posición	Horizontal o Vertical en poste o estructura metálica	
Frecuencia nominal	60 Hz	
Tensión de servicio continuo	34.5 kV	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	38 kV	15.5 kV
Corriente asignada nominal	100 – 200 A (Según proyecto)	
Corriente nominal de soporte en cortocircuito durante un tiempo determinado		
Corriente mínima de cortocircuito (durante 3 segundos)	3.2 kA	1.6 kA
Valor pico del impulso de corriente	12.74 kA	20.3 – 32.8 kA
Tensiones de ensayo no disruptivo		
Tensión de prueba al impulso (BIL) terminal a terminal	150 kV	95 kV
Tensión de prueba al impulso (BIL) terminal a tierra		
Tensión de prueba a frecuencia industrial durante 1 minuto en seco	70 kV	35 kV
tensión de prueba a frecuencia industrial en condiciones de humedad y durante 10 sg	60 kV	30 kV
OBSERVACIÓN: Los cortacircuitos podrán ser reemplazados por un interruptor según sea la capacidad de la subestación.		

Tabla 16. Requisitos mínimos para cortacircuitos.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 68 de 168

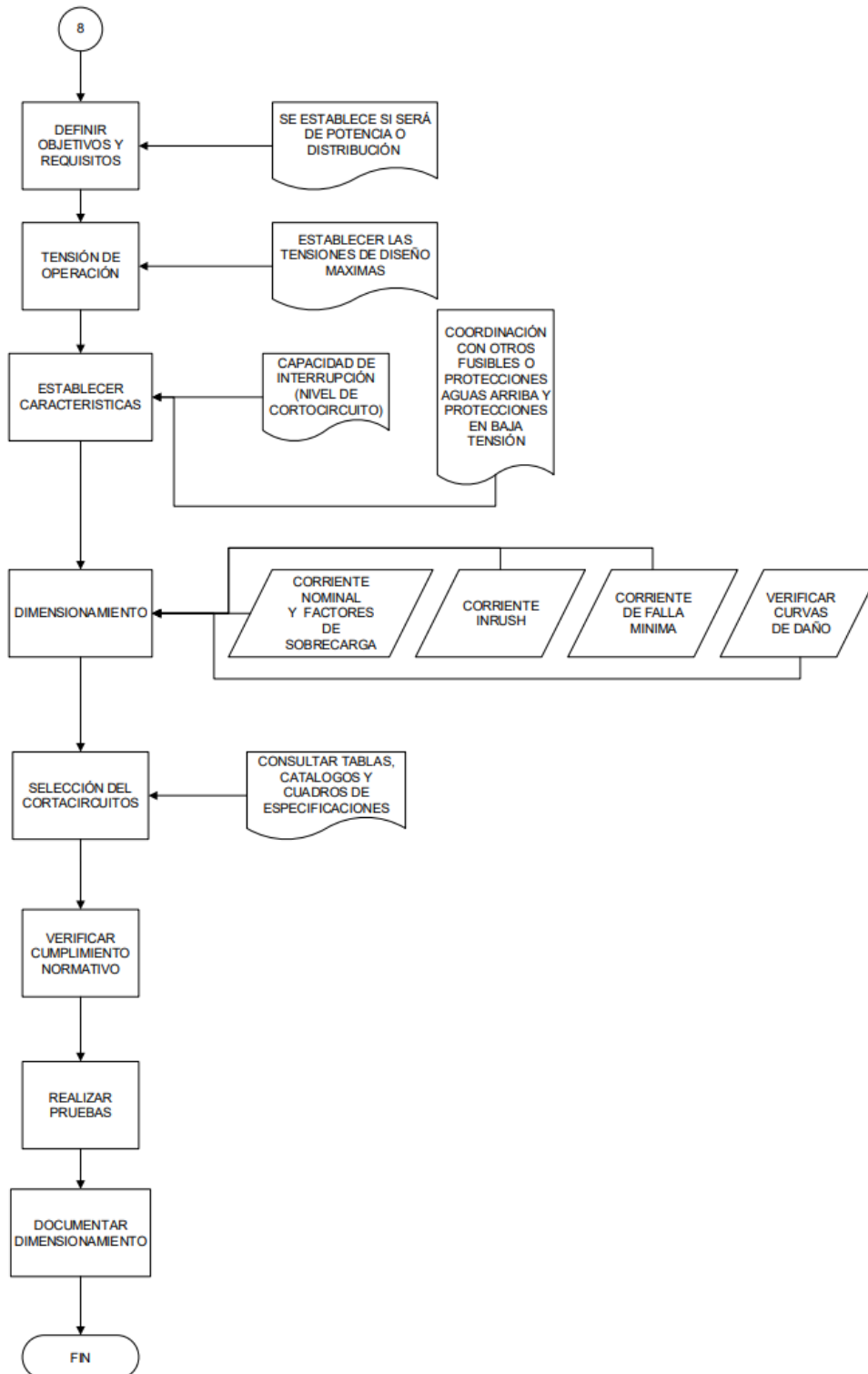




Figura 13. Metodología de selección del cortacircuitos.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 69 de 168

16.1.8. INTERRUPTOR DE POTENCIA

Norma	IEC 62271-100, IEC 62271-1	
Tipo de instalación	Intemperie, tanque vivo o tanque muerto	
Posición	Vertical sobre estructura metálica	
Frecuencia nominal	60 Hz	
Medio de extinción de arco	Aceite, SF6 o aire, vacío	
Mecanismo de operación	Resortes, neumático o hidráulico	
Corriente nominal	400 – 630 – 800 - 1250 A (Según proyecto)	
Tensión de servicio continuo	34.5 kV	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV	17.5 kV
Secuencia de operaciones [O – t – CO – t' – CO]	[O – 0,3 s – CO – 15 s – CO]	
Tiempo de apertura	45 ms	
Tiempo de arco	10 – 15 ms	
Tiempo total de interrupción	55 – 60 ms	
Tiempo de cierre	80 ms	
Duración mecánica del interruptor		
A corriente nominal	mínimo 10.000 maniobras	
A corriente de corto	Mínimo 50 maniobras	
Corriente mínima de cortocircuito		
Corriente asignada de corta duración (3s)	16 – 31.5 kA	
Capacidad de corte	40 – 80 Ka o el valor de corriente específica para cada S/E	
Niveles de aislamiento nominales		
Tensión de prueba al impulso (BIL)	170 kV	95 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial (1 min en seco)	70 kV	38 kV
OBSERVACIÓN: Cada interruptor estará provisto de su correspondiente caja o cabina de comando,		

Tabla 17. Requisitos mínimos para interruptores.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 70 de 168

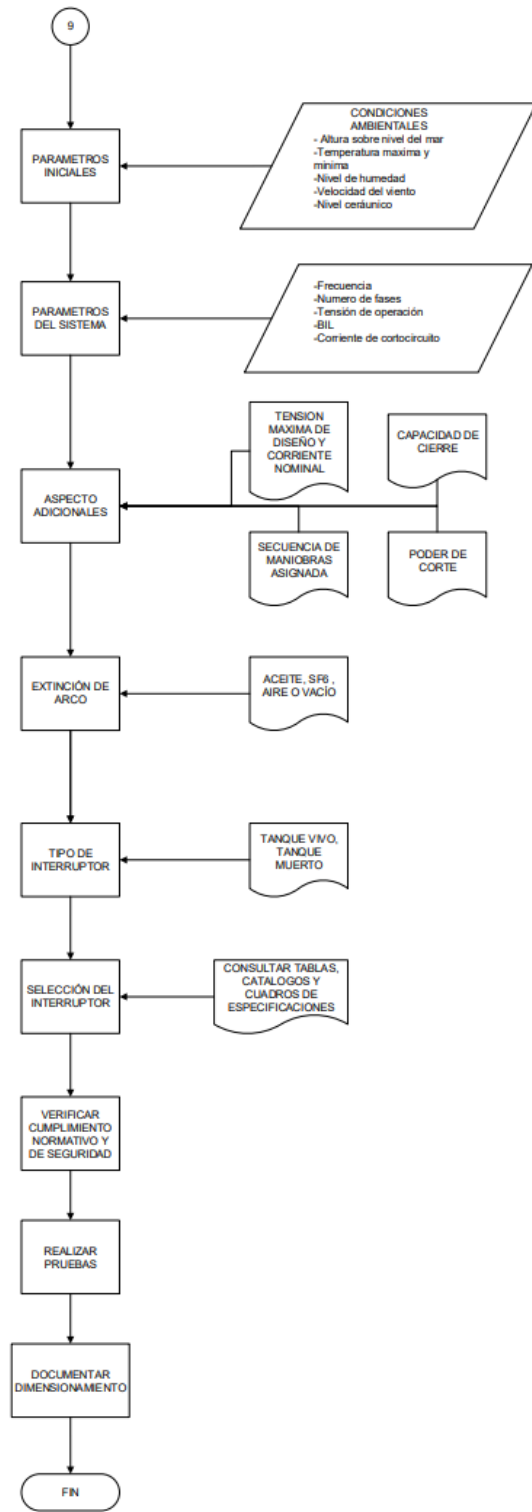




Figura 14. Metodología de selección para interruptores de potencia.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 71 de 168

16.1.9. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Norma	IEEE Std C57.12.00, IEC 60076-1, IEC 60076-2, IEC 60076-3	
Tipo de instalación	Intemperie	
Tipo de transformador	Transformador trifásico aislado en aceite	
Capacidad	10 – 12.5 – 15 – 20 – 26.6 MVA (Según proyecto)	
Tipo de refrigeración	ONAN/ONAF	
Frecuencia nominal	60 Hz	
Temperatura ambiente promedio en el lugar de instalación	Según proyecto	
Grupo horario de conexión		
Conexión del sistema	Delta – Y aterrizada o el requerido por razones operativas	
Capacidad de soportar cortocircuitos externos	1 s	
Tensiones nominales	Devanado primario	Devanado secundario
Tensión de servicio continuo	34.5 kV	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV	17.5 kV
Distancia mínima de aislamiento en el aire	320 mm	160 mm
Corriente mínima de cortocircuito	Devanado primario	Devanado secundario
A tensión nominal	31.5 kA	25 kA
Niveles de aislamiento	Devanado primario	Devanado secundario
Tensión de prueba al impulso (BIL)	170 kV	95 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial (1 min en seco)	70 kV	38 kV

Tabla 18. Requisitos mínimos para el transformador de potencia.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 72 de 168

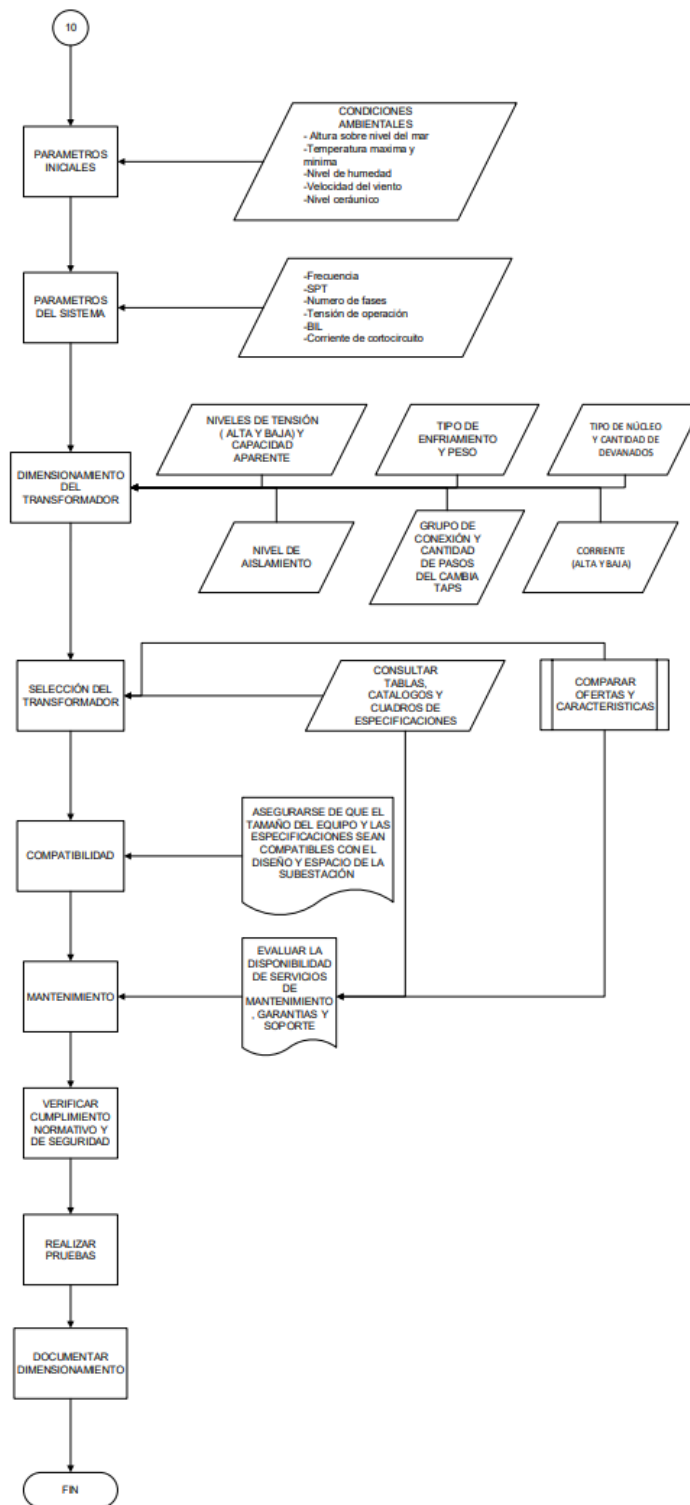



Figura 15. Metodología de selección para transformador de potencia.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 73 de 168


16.1.10. CELDAS EN 34.5 kV Y 13.8 kV

Si se opta por instalar los equipos de forma interna al interior de celdas se hace imprescindible entender el papel fundamental que tendrán estas en la subestación, pues no solo es asumir que los equipos que se tienen en un patio se alberguen en un envolvente metálico, sino que estas además permitirán el control, protección y distribución en situaciones donde el espacio disponible es un factor determinante en la disposición final de la subestación. Con el fin de garantizar un óptimo rendimiento, las celdas deberán cumplir requerimientos técnicos y de seguridad que vayan alineados con estándares internacionales, así como los requerimientos propios del cliente. A continuación, se presentan las celdas que se deberán considerar para el tipo de subestacion que engloba el presente documento.

- Celda de entrada y salida de línea, tipo GIS en 34.5 kV
- Celda de entrada y salida de línea, tipo AIS en 13.8 kV
- Celda GIS del transformador para 34.5 kV (Enlace transformador)
- Celda AIS del transformador para 34.5 kV (Enlace del transformador)
- Celda AIS del transformador para 13.8 kV (Enlace del transformador)

16.1.11. CELDA DE ENTRADA Y SALIDA DE LÍNEA, TIPO GIS 34.5 kV

GENERALIDADES	
Norma	IEC 62271-200
Tipo de instalación	Interior
Tensión nominal	34.5 kV
Tipo	Metal-Clad
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión máxima de diseño	36 kV
Medio de aislamiento interno	SF6
Perdidas de gas por año máxima	0.5 %
Color exterior de la celda	Gris RAL 7032
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	170 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	70 kV
Dimensiones exteriores	
Altura	Indicada por el fabricante
Ancho	700 mm (máximo permitido)
Profundidad	1800 mm (máximo permitido)
Grado de protección	
Para el compartimiento de alta tensión	IP67
Para el compartimiento de baja tensión	IP42
Llegada de conductores de potencia, aislados en 34.5 kV	
Conexión en la celda	Inferior
Categoría de pérdida de continuidad del servicio	LSC 2B (Metal-Clad)
Clase de partición	PM (Metal-Clad)
Clasificación al arco interno	A FLR
Resistencia frente a arcos internos (1 s máximo)	31.5 kA
Corriente de corto circuito de corta duración (3 s máximo)	31.5 kA
Valor pico del impulso de corriente	80 kA

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 74 de 168

Se debe indicar

- Fabricante
- Número de conductores que llegan por fase
- Espesor de lámina metálica en [mm]
- Peso total en [Kg]

Deberá incluir

- Suministro de terminales
- Canal de alivio de presión de gases

SECCIONADOR

Tensión nominal	34.5 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV
Frecuencia nominal	60 Hz
Numero de polos	3
Corriente nominal	1250 A
Corriente de corto circuito de corta duración (3 s máximo)	31.5 kA
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Tensión de alimentación del motor	125 Vcc
Tipo de mecanismo de operación	
Seccionador	Motorizado
Cuchilla de puesta a tierra	
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	170 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	70 kV

Se debe indicar

- Fabricante
- Norma IEC
- Material de los contactos principales
- Torque requerido para operación manual

DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

Tensión nominal	34.5 kV
Tensión nominal del DPS	30 kV
Corriente nominal de descarga	10 Ka
Máxima tensión de operación continua	24.4 kV
Clase de descarga de línea	1


TRANSFORMADOR DE TENSIÓN

Norma	IEC 61869-3
Frecuencia	60 Hz
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV
Cantidad de PT's por juego suministrado	3 (1 por cada fase)
Numero de núcleos en el secundario	3
Conexión primaria	A la llegada de cables de potencia
Encapsulados en una cámara o gabinete independiente	No
Relación de transformación	
Núcleo 1 – Medida	$\frac{34500}{\sqrt{3}} : \frac{115}{\sqrt{3}}$
Núcleo 2 – Protección	
Núcleo 3 – Protección	
Precisión	
Núcleo 1 – Protección	3P
Núcleo 2 – Medida	0.2
Núcleo 3 – Medida	


Se debe indicar:

- Fabricante
- Carga nominal para cada núcleo en [VA]

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 75 de 168

Norma	IEC 61869-2
Frecuencia	60 Hz
Numero de fases	3
Corriente nominal primaria	400-800 A
Numero de núcleos en la celda de línea	3
Relación de transformación	
Núcleo 1	400-800/5
Núcleo 2	
Núcleo 3	
Precisión	
Núcleo 1 – Medida	0.2s
Núcleo 2 – Protección	5P20
Núcleo 3 – Protección	
Se debe indicar:	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Carga nominal para cada núcleo en [VA] 	
INTERRUPTOR DE POTENCIA	
Norma	IEC 62271-100
Medio de extinción de arco	Vacío
Aislamiento	SF6
Mecanismo de operación	Motorizado
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV
Numero de fases	3
Corriente nominal	1250 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (3 s máximo)	31.5 kA
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Ciclo de operación	O-0.3 s – CO – 15 s - CO
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	170 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	70 kV
Mecanismo de accionamiento	
Tipo	Resortes
Numero de ciclos para cierre-apertura sin recargar	1 mínimo
Tensión de alimentación del motor	125 Vcc
Duración mecánica del interruptor	
A corriente nominal	mínimo 10.000 maniobras
A corriente de corto	Mínimo 50 maniobras
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Tiempo de cierre en [ms] Tiempo de apertura en [ms] Tiempo muerto en [ms] Tiempo total de interrupción en [ms] Numero de contactos utilizados Numero de contactos disponibles NA y NC 	
BARRAJE	
Material	Cobre
Tipo de aislamiento	SF6
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV
Corriente nominal continua	2500 A
Capacidad térmica y mecánica de cortocircuito (3 s máximo)	31.5 kA
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante 	


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 76 de 168

- Recubrimiento
- Norma IEC


Tabla 19. Requisitos para celda GIS de línea en 34.5 kV.

16.1.12. CELDA DE ENTRADA Y SALIDA DE LÍNEA, TIPO AIS 13.8 kV


GENERALIDADES	
Norma	IEC 62271-200
Tipo de instalación	Interior
Tensión nominal	13.8 kV
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión máxima de diseño	17.5 kV
Medio de aislamiento interno	Aire
Construcción modular	Si
Color exterior de la celda	Gris RAL 7032
Sistema de detector de tensión capacitivo	Si
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	95 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	38 kV
Dimensiones exteriores	
Altura	Indicada por el fabricante
Ancho	800 mm (máximo permitido)
Profundidad	1800 mm (máximo permitido)
Grado de protección	
Para el compartimiento de alta tensión	IP42
Para el compartimiento de baja tensión	IP42
Llegada de conductores de potencia, aislados en 34.5 kV	
Conexión en la celda	Inferior
Clasificación al arco interno	A FLR
Resistencia frente a arcos internos (1 s máximo)	25 kA
Corriente de corto circuito de corta duración (3 s máximo)	
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante • Número de conductores que llegan por fase • Espesor de lámina metálica en [mm] • Peso total en [Kg] 	
Deberá incluir	
<ul style="list-style-type: none"> • Suministro de terminales • Canal de alivio de presión de gases 	
DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES	
Tensión nominal	13.8 kV
Tensión nominal del DPS	12 kV
Corriente nominal de descarga	10 Ka
Máxima tensión de operación continua	10.2 kV
Clase de descarga de línea	1
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	
Norma	IEC 61869-2
Frecuencia	60 Hz
Numero de fases	3
Tipo	Bloque
Corriente nominal primaria	400-800 A
Uso	Interior, tres en cada celda

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 77 de 168

Corriente de corto circuito	25 kA
Valor pico del impulso de corriente	40 kA
Factor de corriente térmica continua	1.33
Factor de sobrecarga continua	1.2
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	95 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	38 kV
Relación de transformación	
Núcleo 1	300/600:5
Núcleo 2	
Núcleo 3	
Precisión	
Núcleo 1 – Medida	0.2s
Núcleo 2 – Protección	10P
Núcleo 3 – Protección	
Factor de seguridad para núcleo de medida	10
Factor límite de precisión núcleo de protección	20
Se debe indicar:	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Carga nominal para cada núcleo tanto de protección como de medida en [VA] La selección final de la relación de transformación para los transformadores de medida y protección debe tener todas las consideraciones asociadas con el código de medida (resolución CREG 038 de 2014) La selección final del burden o carga de precisión debe tener todas las consideraciones asociadas con el código de medida (resolución CREG 038 de 2014) 	
INTERRUPTOR DE POTENCIA	
Norma	IEC 62271-100
Tipo	Extraíble
Medio de extinción de arco	Vacío
Aislamiento	Aire
Mecanismo de operación	Motorizado
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión nominal	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	17.5 kV
Numero de fases	3
Corriente nominal	630 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (1 s máximo)	25 kA
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Circuito de control de tipo antibombeo	Si
Ciclo de operación	O-0.3 s – CO – 15 s - CO
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	95kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	38 kV
Mecanismo de accionamiento	
Tipo	Resortes
Numero de ciclos para cierre-apertura sin recargar	1 mínimo
Tensión de alimentación del motor	125 Vcc
Duración mecánica del interruptor	
A corriente nominal	mínimo 10.000 maniobras
A corriente de corto	Mínimo 50 maniobras
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Tiempo de cierre en [ms] Tiempo de apertura en [ms] Tiempo muerto en [ms] Tiempo total de interrupción en [ms] 	

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 78 de 168

<ul style="list-style-type: none"> Numero de contactos utilizados Numero de contactos disponibles NA y NC 	
BARRAJE	
Material	Cobre
Tipo de aislamiento	Aire
Tensión nominal	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	17.5 kV
Corriente nominal continua	1250 A
Capacidad térmica y mecánica de cortocircuito (3 s máximo)	25 kA
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> Sección neta en mm² Fabricante Recubrimiento 	
FUNCIÓN DE PROTECCIÓN – CELDA DE SALIDA	
Norma	IEC 60255-1
Ubicación	Celda salida
Función detección de arco	si
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Referencia 	
FUNCIÓN DE SOBRE CORRIENTE	
Corriente nominal secundaria	5 A
Función 51 y 51N	Si
Función 51 y 50N	
Función de sobre corriente de secuencia negativa	
Curvas estándar de tiempo inverso US	
Curvas estándar de tiempo inverso IEC	
Rango de ajusta de relé 51/51N	0.5-16 A
Incremento máximo de relé 51/51N	0.1 A
Incremento máximo del dial para las curvas	0.1
Rango del relé 50/50N/67/67N	0.5-60 A
Incremento máximo del relé 50/50N/67/67N	0.1 A
FUNCIÓN DE FRECUENCIA	
Elementos independientes de sobre/baja frecuencia	4
Rango de ajuste baja frecuencia	40-60 Hz
Rango de ajuste sobre frecuencia	60-65 Hz
Incremento máximo en el ajuste	0.01 Hz
FUNCIÓN DE SOBRE Y BAJA TENSIÓN	
Tensión nominal Fase-Tierra	$\frac{115}{\sqrt{3}}$ V
Máxima tensión permanente Fase-Tierra	150 V
Máxima tensión por 10 s	300 V
Rango de ajuste por baja tensión	0-100 V
Rango de ajuste por sobre tensión	50-150 V
Incremento máximo en el ajuste	0.1 V
Disparo temporizado sobre/baja tensión	Si
Disparo instantáneo sobre/baja tensión	
COMUNICACIÓN	
Protocolo	IEC 61850
SCADA	Si
Re-cierres automáticos secuenciales	4
Puerto de comunicación	
RS 232	1
Fibra óptica multimodo conector LC	1
Grabación y almacenamiento de reportes de eventos	Si
Grabación y almacenamiento de eventos oscilo gráficos	
Grabación y almacenamiento de eventos cronológicos	


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 79 de 168

Herramientas incluidas (según diseño)	
Palanca para extracción e inserción para cada celda	si
Palanca de carga de resorte para cada celda	
Carro para manipulación y transporte del interruptor (si es necesario)	
Llaves para apertura de puertas para cada celda	
Palanca de operación del interruptor para cada celda	
Otras funciones	
Contactos de salida	10
Entradas lógicas	10
Tensión de polarización	125 Vcc
Tiempo de operación de contactos	≤ 5 ms
Tiempo de desenganche de contactos	≤ 10 ms
Conducción permanente de corriente en los contactos	≥ 5 A
Conducción de corriente en los contactos (1 s)	≥ 100 A


Tabla 20. Requisitos para celda AIS de línea en 13.8 kV.

16.1.13. CELDA GIS DEL TRANSFORMADOR PARA 34.5 kV (ENLACE TRANSFORMADOR)

GENERALIDADES	
Norma	IEC 62271-200
Tipo de instalación	Interior
Tensión nominal	34.5 kV
Tipo	Metal-Clad
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión máxima de diseño	36 kV
Medio de aislamiento interno	SF6
Perdidas de gas por año máxima	0.5 %
Color exterior de la celda	Gris RAL 7032
Construcción modular	Si
Sistema detector de tensión capacitivo integrado	Si
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	170 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	70 kV
Dimensiones exteriores	
Altura	Indicada por el fabricante
Ancho	650 mm (máximo permitido)
Profundidad	1800 mm (máximo permitido)
Grado de protección	
Para el compartimiento de alta tensión	IP67
Para el compartimiento de baja tensión	IP42
Llegada de conductores de potencia, aislados en 34.5 kV	
Conexión en la celda	Inferior
Numero de cables que llegan por fase	2
Categoría de pérdida de continuidad del servicio	LSC 2B (Metal-Clad)
Clase de partición	PM (Metal-Clad)
Clasificación al arco interno	A FLR
Resistencia frente a arcos internos (1 s máximo)	31.5 kA
Corriente de corto circuito de corta duración (3 s máximo)	
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Se debe indicar <ul style="list-style-type: none"> • Fabricante • Número de conductores que llegan por fase 	


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 80 de 168

<ul style="list-style-type: none"> • Espesor de lámina metálica en [mm] • Peso total en [Kg] 	
Deberá incluir	
<ul style="list-style-type: none"> • Suministro de terminales • Canal de alivio de presión de gases 	
SECCIONADOR	
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV
Frecuencia nominal	60 Hz
Numero de polos	3
Corriente nominal	1250 A
Corriente de corto circuito de corta duración (3 s máximo)	31.5 kA
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Tensión de alimentación del motor	125 Vcc
Tipo de mecanismo de operación	
Seccionador	Motorizado
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	170 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	70 kV
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante • Norma IEC • Material de los contactos principales • Torque requerido para operación manual 	
DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES	
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión nominal del DPS	30 kV
Corriente nominal de descarga	10 Ka
Máxima tensión de operación continua	24.4 kV
Clase de descarga de línea	1
TRANSFORMADOR DE TENSIÓN DE BARRAJE	
Norma	IEC 61869-3
Frecuencia	60 Hz
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV
Cantidad de PT's por juego suministrado	3 (1 por cada fase)
Numero de núcleos en el secundario	3
Conexión primaria	A barra a través de un equipo de corte
Encapsulados en una cámara o gabinete independiente	si
Relación de transformación	
Núcleo 1 – Medida	$\frac{34500}{\sqrt{3}} : \frac{115}{\sqrt{3}}$
Núcleo 2 – Protección	
Núcleo 3 – Protección	
Precisión	
Núcleo 1 – Protección	3P
Núcleo 2 – Medida	0.2
Núcleo 3 – Medida	
Se debe indicar:	
<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante • Carga nominal para cada núcleo en [VA] 	
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	
Norma	IEC 61869-2
Frecuencia	60 Hz
Numero de fases	3
Corriente nominal primaria	400-800 A
Numero de núcleos en la celda de línea	4

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 81 de 168


Relación de transformación	
Núcleo 1	400-800/5
Núcleo 2	
Núcleo 3	
Núcleo 4	
Precisión	
Núcleo 1 – Medida	0.2s
Núcleo 2 – Protección	5P20
Núcleo 3 – Protección	
Núcleo 4 - Protección	
Se debe indicar:	
<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante • Carga nominal para cada núcleo en [VA] 	
INTERRUPTOR DE POTENCIA	
Norma	IEC 62271-100
Medio de extinción de arco	Vacío
Aislamiento	SF6
Mecanismo de operación	Motorizado
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV
Numero de fases	3
Corriente nominal	1250 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (3 s máximo)	31.5 kA
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Ciclo de operación	O-0.3 s – CO – 15 s - CO
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	170 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	70 kV
Mecanismo de accionamiento	
Tipo	Resortes
Numero de ciclos para cierre-apertura sin recargar	1 mínimo
Tensión de alimentación del motor	125 Vcc
Duración mecánica del interruptor	
A corriente nominal	mínimo 10.000 maniobras
A corriente de corto	Mínimo 50 maniobras
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante • Tiempo de cierre en [ms] • Tiempo de apertura en [ms] • Tiempo muerto en [ms] • Tiempo total de interrupción en [ms] • Numero de contactos utilizados • Numero de contactos disponibles NA y NC 	
BARRAJE	
Material	Cobre
Tipo de aislamiento	SF6
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV
Corriente nominal continua	2500 A
Capacidad térmica y mecánica de cortocircuito (3 s máximo)	31.5 kA
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante • Recubrimiento • Norma IEC 	

Tabla 21. Requisitos para celda GIS de transformador 34.5 kV.


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 82 de 168

16.1.14. CELDA AIS DEL TRANSFORMADOR PARA 34.5 kV (ENLACE TRANSFROMADOR)


GENERALIDADES	
Norma	IEC 62271-200
Tipo de instalación	Interior
Tensión nominal	34.5 kV
Tipo	Metal-Clad
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión máxima de diseño	36 kV
Medio de aislamiento interno	Aire
Color exterior de la celda	Gris RAL 7032
Construcción modular	Si
Sistema detector de tensión capacitivo integrado	Si
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	170 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	70 kV
Dimensiones exteriores	
Altura	Indicada por el fabricante
Ancho	1200 mm
Profundidad	1500 mm
Grado de protección	
Para el compartimiento de alta tensión	IP42
Para el compartimiento de baja tensión	IP42
Llegada de conductores de potencia, aislados en 34.5 kV	
Conexión en la celda	Inferior
Categoría de pérdida de continuidad del servicio	LSC 2B (Metal-Clad)
Clase de partición	PM (Metal-Clad)
Clasificación al arco interno	A FLR
Resistencia frente a arcos internos (1 s máximo)	31.5 kA
Corriente de corto circuito de corta duración (1 s máximo)	
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Número de conductores que llegan por fase Espesor de lámina metálica en [mm] Peso total en [Kg] Canal de alivio de presión de gases 	
SECCIONADOR	
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV
Frecuencia nominal	60 Hz
Numero de polos	3
Corriente nominal	1250 A
Corriente de corto circuito de corta duración (3 s máximo)	31.5 kA
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Tensión de alimentación del motor	125 Vcc
Tipo de mecanismo de operación	
Seccionador	Motorizado
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	170 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	70 kV
Se debe indicar	

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 83 de 168


<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Norma IEC Material de los contactos principales Torque requerido para operación manual 	
DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES	
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión nominal del DPS	30 kV
Corriente nominal de descarga	10 Ka
Máxima tensión de operación continua	24.4 kV
Clase de descarga de línea	1
TRANSFORMADOR DE TENSIÓN	
Norma	IEC 61869-3
Frecuencia	60 Hz
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV
Cantidad de PT's por juego suministrado	3 (1 por cada fase)
Numero de núcleos en el secundario	3
Encapsulados en una cámara o gabinete independiente	si
Factor de tensión continuo	1.2
Factor de tensión 30 s	1.5
Tipo	Bloque
Relación de transformación	
Núcleo 1 – Medida	$\frac{34500}{\sqrt{3}} : \frac{115}{\sqrt{3}}$
Núcleo 2 – Protección	
Precisión	
Núcleo 1 – Medida	0.2s
Núcleo 2 – Protección	6P
Se debe indicar: <ul style="list-style-type: none"> Fabricante Carga nominal para cada núcleo en [VA] 	
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	
Norma	IEC 61869-2
Frecuencia	60 Hz
Numero de fases	3
Corriente nominal primaria	400-800 A
Numero de núcleos	3
Tipo	Bloque
Corriente de corto circuito	31.5 kA
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Factor de corriente térmica continua	1.33
Factor de sobrecarga continúa	1.2
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	170 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	38 kV
Relación de transformación	
Núcleo 1	400-800/5
Núcleo 2	
Núcleo 3	
Precisión	
Núcleo 1 – Medida	0.2s
Núcleo 2 – Protección	10P
Núcleo 3 – Protección	
Se debe indicar: <ul style="list-style-type: none"> Fabricante Carga nominal para cada núcleo en [VA] 	
INTERRUPTOR DE POTENCIA	

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 84 de 168

Norma	IEC 62271-100
Tipo	Extraíble
Medio de extinción de arco	Vacío
Aislamiento	Aire
Mecanismo de operación	Motorizado
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV
Numero de fases	3
Corriente nominal	1250 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (1 s máximo)	31.5 kA
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Factor del primer polo	1.5
Libre de reencendido	Si
Circuito de control de tipo antibombeo	Si
Ciclo de operación	O-0.3 s – CO – 15 s - CO
Tiempos de operación	
Tiempo de cierre	< 65 ms
Tiempo de apertura	< 50 ms
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	170 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	70 kV
Mecanismo de accionamiento	
Tipo	Resortes
Numero de ciclos para cierre-apertura sin recargar	1 mínimo
Tensión de alimentación del motor	125 Vcc
Duración mecánica del interruptor	
A corriente nominal	mínimo 10.000 maniobras
A corriente de corto	Mínimo 50 maniobras
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante • Tiempo muerto en [ms] • Tiempo total de interrupción en [ms] • Numero de contactos utilizados • Numero de contactos disponibles NA y NC 	
BARRAJE	
Material	Cobre
Tipo de aislamiento	Aire
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión máxima de diseño	36 kV
Corriente nominal continua	1250 A
Capacidad térmica y mecánica de cortocircuito (3 s máximo)	31.5 kA
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante • Sección neta en [mm²] • Recubrimiento • Norma IEC 	
FUNCIONES DE PROTECCION – CELDA PRINCIPAL	
Norma	IEC 60255-1
Ubicación	Celda principal
Tecnología	Numérica
Tipo integrado	Programable
Tensión nominal	125 Vcc

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 85 de 168

Corriente nominal	5 A
Rango relé 51/51N	0.1 – 16 A
Incremento máximo relé 51/51N	0.1 A
Curvas extremadamente inversas	1 a 10
Incremento máximo del dial para las curvas	0.1
Protocolo de comunicación	IEC 61850
Función auto-diagnostico	Si
Función detección de arco	
Función de recierre automático con tres intentos de recierre programables como mínimo y que puedan ser ajustados en secuencia.	
Opciones de control lógico programable para aplicar esquema de deslastre de carga	
Puerto para sincronización IRIG-B.	
Comunicaciones locales y remotas	
Puertos de comunicación. 1 - Fibra óptica multimodo, conector LC. 1- RS 232 Frontal	
Software parametrización de relés	
Protección por contraseña.	
Se debe indicar:	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Referencia 	
FUNCIONES CELDA DE SALIDA	
Norma	IEC 60255-1
Ubicación	Celda de salida
Función detección de arco	Si
FUNCIÓN DE SOBRE-CORRIENTE	
Corriente nominal secundaria	5 A
Función 51 y 51N	Si
Función 51 y 50N	
Función de sobre-corriente de secuencia negativa	
Rango de ajuste del 51/51N	0.5 – 16 A
Incremento máximo del relé 51/51N	0.1 A
Curvas estándar de tiempo inverso US	Si
Curvas estándar de tiempo inverso IEC	
Incremento máximo del dial para las curvas	0.1
Rango del relé 50/50N/67/67N	0.5 – 60 A
Incremento máximo del relé 50/50N/67/67N	0.1 A
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Referencia 	
FUNCIÓN DE FRECUENCIA	
Elementos independientes de sobre/baja frecuencia con temporizadores	4
Rango de ajusta baja frecuencia	40 – 60 Hz
Rango de ajuste sobre frecuencia	60 – 65 Hz
Incremento máximo en el ajuste	0.01 Hz
FUNCIÓN DE SOBRE/BAJA TENSIÓN	
Tensión nominal Fase-Tierra	$\frac{115}{\sqrt{3}}$ V
Máxima tensión permanente Fase-Tierra	150 V
Máxima tensión por 10 s	300 V
Rango de ajuste por baja tensión	0 – 100 V
Rango de ajuste por sobre tensión	50 – 150 V
Incremento máximo en el ajuste	0.1 V
Disparo temporizado sobre/baja tensión	Si
Disparo instantáneo sobre/baja tensión	
COMUNICACIÓN	
Protocolo	IEC 61850
SCADA	Si


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 86 de 168

Re-cierres automáticos secuenciales	4
Puerto de comunicación	
RS 232	1
Fibra óptica multimodo conector LC	1
Grabación y almacenamiento de reportes de eventos	Si
Grabación y almacenamiento de eventos oscilo gráficos	
Grabación y almacenamiento de eventos cronológicos	
Herramientas (según diseño)	
Palanca para extracción e inserción para cada celda	Si
Palanca de carga de resorte para cada celda	
Carro para manipulación y transporte del interruptor (si es necesario)	
Llaves para apertura de puertas para cada celda	
Palanca de operación del interruptor para cada celda	
Otras funciones	
Contactos de salida	10
Entradas lógicas	10
Tensión de polarización	125 Vcc
Tiempo de operación de contactos	≤ 5 ms
Tiempo de desenganche de contactos	≤ 10 ms
Conducción permanente de corriente en los contactos	≥ 5 A
Conducción de corriente en los contactos (1 s)	≥ 100 A
La selección final del burden o carga de precisión debe tener todas las consideraciones asociadas con el código de medida (resolución CREG 038 de 2014)	


Tabla 22. Requisitos para celda AIS de transformador 34.5 kV.

16.1.15. CELDA AIS DEL TRANSFORMADOR PARA 13.8 kV (ENLACE TRANSFORMADOR)


GENERALIDADES	
Norma	IEC 62271-200
Tipo de instalación	Interior
Tensión nominal	13.8 kV
Tipo	Metal-Clad
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión máxima de diseño	17.5 kV
Medio de aislamiento interno	Aire
Color exterior de la celda	Gris RAL 7032
Construcción modular	Si
Sistema detector de tensión capacitivo integrado	Si
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	95 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	38 kV
Dimensiones exteriores	
Altura	Indicada por el fabricante
Ancho	1200 mm
Profundidad	1800 mm
Grado de protección	
Para el compartimiento de alta tensión	IP42
Para el compartimiento de baja tensión	IP42
Llegada de conductores de potencia, aislados en 34.5 kV	
Conexión en la celda	Inferior
Categoría de pérdida de continuidad del servicio	LSC 2B (Metal-Clad)

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 87 de 168



Clase de partición	PM (Metal-Clad)
Clasificación al arco interno	A FLR
Resistencia frente a arcos internos (1 s máximo)	25 kA
Corriente de corto circuito de corta duración (1 s máximo)	
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Número de conductores que llegan por fase Espesor de lámina metálica en [mm] Peso total en [Kg] Canal de alivio de presión de gases 	
DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES	
Tensión nominal	34.5 kV
Tensión nominal del DPS	30 kV
Corriente nominal de descarga	10 Ka
Máxima tensión de operación continua	24.4 kV
Clase de descarga de línea	1
TRANSFORMADOR DE TENSIÓN	
Norma	IEC 61869-3
Frecuencia	60 Hz
Tensión nominal	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	17 kV
Numero de núcleos en el secundario	2
Encapsulados en una cámara o gabinete independiente	si
Factor de tensión continuo	1.2
Factor de tensión 30 s	1.5
Tipo	Bloque
Relación de transformación	
Núcleo 1 – Medida	$\frac{13800}{\sqrt{3}} : \frac{115}{\sqrt{3}}$
Núcleo 2 – Protección	
Precisión	
Núcleo 1 – Medida	0.2s
Núcleo 2 – Protección	6P
Se debe indicar:	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Carga nominal para cada núcleo en [VA] 	
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	
Norma	IEC 61869-2
Frecuencia	60 Hz
Numero de fases	3
Corriente nominal primaria	400-800 A
Numero de núcleos	3
Tipo	Bloque
Corriente de corto circuito	25 kA
Valor pico del impulso de corriente	40 kA
Factor de corriente térmica continua	1.33
Factor de sobrecarga continúa	1.2
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	95 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	38 kV
Relación de transformación	
Núcleo 1 -Medida	4000/2000:5 A * 2000/1000:5 A **
Núcleo 2 – Protección	
Núcleo 3 – Protección	4000/2000:5 A
Precisión	

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 88 de 168

Núcleo 1 – Medida	0.2s
Núcleo 2 – Protección	10P
Núcleo 3 – Protección	
Se debe indicar:	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Carga nominal para cada núcleo en [VA] 	
INTERRUPTOR DE POTENCIA	
Norma	IEC 62271-100
Tipo	Extraíble
Medio de extinción de arco	Vacío
Aislamiento	Aire
Mecanismo de operación	Motorizado
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión nominal	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	17.5 kV
Numero de fases	3
Corriente nominal	2500 A
Corriente de cortocircuito de corta duración (1 s máximo)	25 kA
Valor pico del impulso de corriente	80 kA
Factor del primer polo	1.2
Libre de reencendido	Si
Circuito de control de tipo antibombeo	
Ciclo de operación	O-0.3 s – CO – 15 s - CO
Tiempos de operación	
Tiempo de cierre	< 65 ms
Tiempo de apertura	< 50 ms
Nivel de aislamiento	
Tensión de prueba al impulso (BIL)	95 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial	38 kV
Mecanismo de accionamiento	
Tipo	Resortes
Numero de ciclos para cierre-apertura sin recargar	1 mínimo
Tensión de alimentación del motor	125 Vcc
Duración mecánica del interruptor	
A corriente nominal	mínimo 10.000 maniobras
A corriente de corto	Mínimo 50 maniobras
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Tiempo muerto en [ms] Tiempo total de interrupción en [ms] Numero de contactos utilizados Numero de contactos disponibles NA y NC 	
BARRAJE	
Material	Cobre
Tipo de aislamiento	Aire
Tensión nominal	13.8 kV
Tensión máxima de diseño	17.5 kV
Corriente nominal continua	2500 A
Capacidad térmica y mecánica de cortocircuito (3 s máximo)	25 kA
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Sección neta en [mm²] Recubrimiento Norma IEC 	


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 89 de 168

FUNCIONES DE PROTECCION – CELDA PRINCIPAL	
Norma	IEC 60255-1
Ubicación	Celda principal
Tecnología	Númérica
Tipo integrado	Programable
Tensión nominal	125 Vcc
Corriente nominal	5 A
Rango relé 51/51N	0.1 – 16 A
Incremento máximo relé 51/51N	0.1 A
Curvas extremadamente inversas	1 a 10
Incremento máximo del dial para las curvas	0.1
Protocolo de comunicación	IEC 61850
Función auto-diagnostico	Si
Función detección de arco	
Función de recierre automático con tres intentos de recierre programables como mínimo y que puedan ser ajustados en secuencia.	
Opciones de control lógico programable para aplicar esquema de deslastre de carga	
Puerto para sincronización IRIG-B.	
Comunicaciones locales y remotas	
Puertos de comunicación. 1 - Fibra óptica multimodo, conector LC. 1- RS 232 Frontal	
Software parametrización de relés	
Protección por contraseña.	
Se debe indicar:	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Referencia 	
FUNCIONES CELDA DE SALIDA	
Norma	IEC 60255-1
Ubicación	Celda de salida
Función detección de arco	Si
FUNCIÓN DE SOBRE-CORRIENTE	
Corriente nominal secundaria	5 A
Función 51 y 51N	Si
Función 51 y 50N	
Función de sobre-corriente de secuencia negativa	
Rango de ajuste del 51/51N	0.5 – 16 A
Incremento máximo del relé 51/51N	0.1 A
Curvas estándar de tiempo inverso US	Si
Curvas estándar de tiempo inverso IEC	
Incremento máximo del dial para las curvas	0.1
Rango del relé 50/50N/67/67N	0.5 – 60 A
Incremento máximo del relé 50/50N/67/67N	0.1 A
Se debe indicar	
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante Referencia 	
FUNCIÓN DE FRECUENCIA	
Elementos independientes de sobre/baja frecuencia con temporizadores	4
Rango de ajusta baja frecuencia	40 – 60 Hz
Rango de ajuste sobre frecuencia	60 – 65 Hz
Incremento máximo en el ajuste	0.01 Hz
FUNCIÓN DE SOBRE/BAJA TENSIÓN	
Tensión nominal Fase-Tierra	$\frac{115}{\sqrt{3}}$ V
Máxima tensión permanente Fase-Tierra	150 V
Máxima tensión por 10 s	300 V
Rango de ajuste por baja tensión	0 – 100 V

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 90 de 168

Rango de ajuste por sobre tensión	50 – 150 V
Incremento máximo en el ajuste	0.1 V
Disparo temporizado sobre/baja tensión	Si
Disparo instantáneo sobre/baja tensión	
COMUNICACIÓN	
Protocolo	IEC 61850
SCADA	Si
Re-cierres automáticos secuenciales	4
Puerto de comunicación	
RS 232	1
Fibra óptica multimodo conector LC	1
Grabación y almacenamiento de reportes de eventos	Si
Grabación y almacenamiento de eventos oscilo gráficos	
Grabación y almacenamiento de eventos cronológicos	
Herramientas (según diseño)	
Palanca para extracción e inserción para cada celda	Si
Palanca de carga de resorte para cada celda	
Carro para manipulación y transporte del interruptor (si es necesario)	
Llaves para apertura de puertas para cada celda	
Palanca de operación del interruptor para cada celda	
Otras funciones	
Contactos de salida	10
Entradas lógicas	10
Tensión de polarización	125 Vcc
Tiempo de operación de contactos	≤ 5 ms
Tiempo de desenganche de contactos	≤ 10 ms
Conducción permanente de corriente en los contactos	≥ 5 A
Conducción de corriente en los contactos (1 s)	≥ 100 A
<ul style="list-style-type: none"> • La selección final del burden o carga de precisión debe tener todas las consideraciones asociadas con el código de medida (resolución CREG 038 de 2014) • La selección final de la relación de transformación para los transformadores de medida y protección debe tener todas las consideraciones asociadas con el código de medida (resolución CREG 038 de 2014) • *Relación de transformación de los transformadores de medida y protección para el transformador de 40MVA • ** Relación de transformación de los transformadores de medida y protección para el transformador de 25MVA 	

Tabla 23. Requisitos para celda AIS de transformador 13.8 kV.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 91 de 168

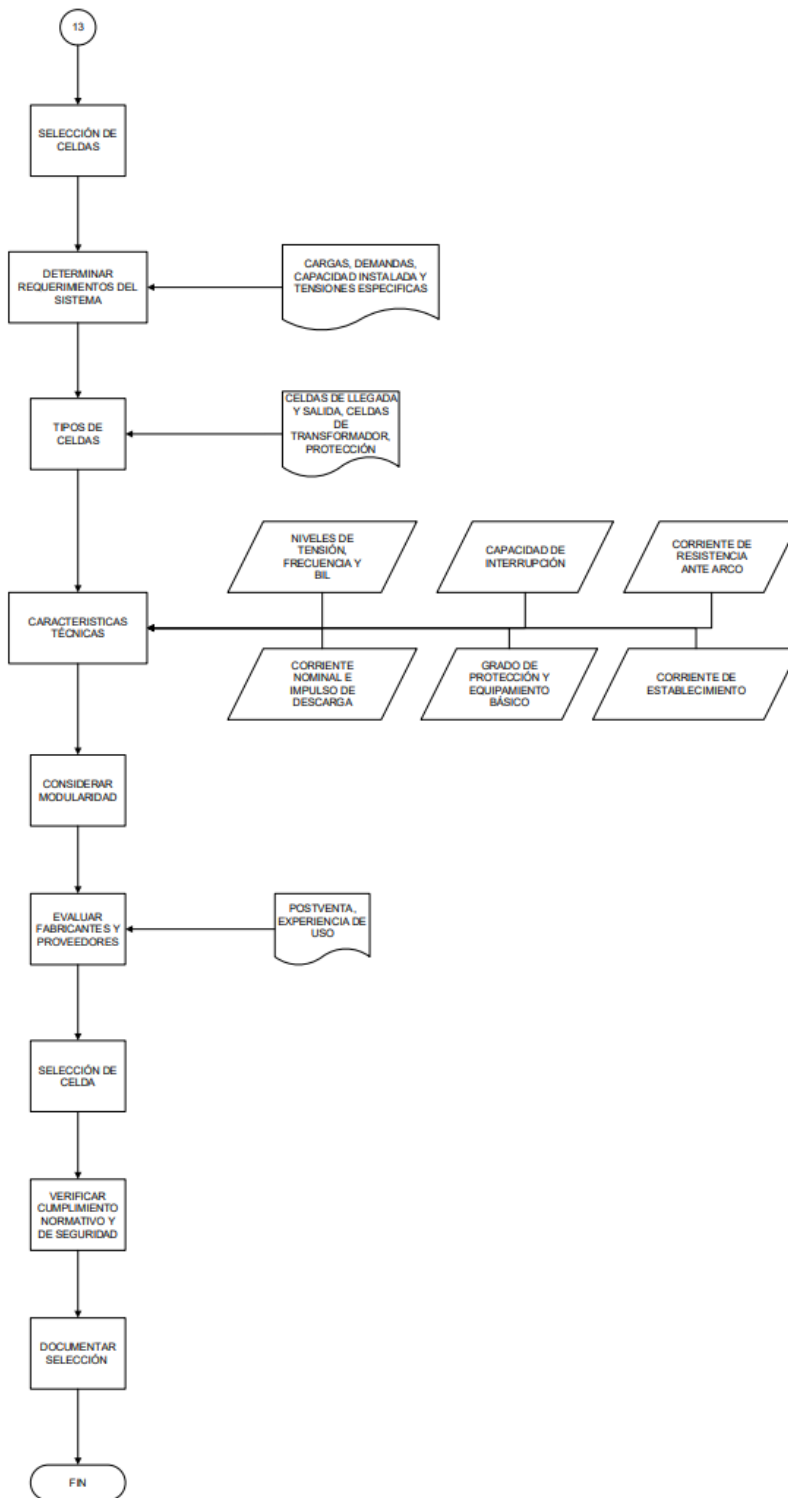



Figura 16. Metodología de selección para las celdas.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 92 de 168

16.1.15.1. REQUERIMIENTOS ADICIONALES

El **RETIE** establece que las celdas en media tensión deberán cumplir con requisitos técnicos internacionales asegurándose de que:

- a. Las celdas del equipo de seccionamiento deben permitir controlar los efectos de un arco (sobrepresión, esfuerzos mecánicos y térmicos), evacuando los gases hacia arriba, hacia los costados, hacia atrás o al frente si lo hace por lo menos a dos metros del piso.
- b. En celdas de media tensión, los aisladores deben cumplir la prueba de flamabilidad.
- c. Las puertas y tapas deben tener un seguro para permanecer cerradas.
- d. Las piezas susceptibles de desprenderse, tales como chapas o materiales aislantes, deben estar firmemente aseguradas.
- e. Cuando se presente un arco, este no debe perforar partes externas accesibles.
- f. Deben tener conexiones efectivas con el sistema de puesta a tierra.
- g. La celda deberá tener especificada la clasificación de resistencia al arco interno y de rotulado establecido en el **numeral 20.23.1.4 del RETIE**.
- h. las partes conductoras de corriente deberán cumplir el literal h del **numeral 20.23.1.2 del RETIE**¹⁶


16.2. CERTIFICACIONES PARA CELDAS EN MEDIA TENSIÓN¹⁷

Según lo establecido en **Art 20.23.3 del RETIE**, para efectos de la certificación de las celdas, se deberá verificar mediante pruebas como mínimo los siguientes parámetros:

- a. Grados de protección IP no menor a 2XC (o su equivalente NEMA) e IK declarados.
- b. Incremento de temperatura.
- c. Propiedades dieléctricas.
- d. Distancias de aislamiento y fuga.
- e. Efectividad del circuito de protección.
- f. Comprobación del funcionamiento mecánico de sistemas de bloqueo, puertas, cerraduras u otros elementos destinados a ser operados durante el uso normal del tablero.
- g. Resistencia a la corrosión del encerramiento.
- h. Resistencia al calor anormal y al fuego de los elementos aislantes.

¹⁶ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES

¹⁷ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 93 de 168

- i. Medidas de protección contra el contacto directo (barreras, señales de advertencia, etc.).
- j. Resistencia al cortocircuito.
- k. Arco interno (solo para el caso de celdas de media tensión).

17. TABLEROS

Los tableros independientemente de si los equipos estarán ubicados en patio o en celda, estos cumplirán un papel fundamental en la operación segura de la subestacion. Estos serán puntos donde converjan y se gestionen diversas señales de control, así como datos y funciones derivadas de la monitorización para la protección de los equipos y circuitos que conforman la instalación. Según sea la disposición de los equipos, estos tableros podrán estar en patio, mediante gabinetes metálicos auto soportados o en la propia celda en caso de que se opte por usar equipos de tipo interior.

Dentro de las funciones y utilidad de los tableros se tiene:


Control: permitiendo la operación y control remoto o local de los equipos como interruptores, seccionadores, y otros dispositivos.

Protección: albergaran relés de protección para el monitoreo contante de las condiciones y detección de anomalías.

Monitorización: mostrarán datos en tiempo real de parámetros como tensión, corriente y potencia. También permitirán visualizar como es el estado de la subestacion en el sistema mediante el SCADA.

Dentro de los equipos al interior del tablero, se pueden tener:	
<ul style="list-style-type: none"> • Breaker de DC para control y señalización • Breaker de DC para alimentar motor del interruptor • Breaker de AC para iluminación, calefacción y toma • Interruptor de mando eléctrico del disyuntor • Pulsador de apertura mecánico del disyuntor • Pulsador de cierre mecánico del interruptor • Indicador de posición del interruptor • Indicador de posición del seccionador • Indicador de resorte “tensado” del interruptor • Contador de ciclos de maniobra del interruptor • Manómetro 	
Conductor aislado 600-1000 V	
Control, supervisión y señales de tensión	Calibre 12 AWG
Corrientes de protección y medida	Calibre 10 AWG


Tabla 24. Elementos que pueden constituir un tablero o gabinete.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024	
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL			
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 94 de 168	

17.1. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS PARA TABLEROS

Para las subestaciones eléctricas, el diseño de los tableros deberá considerar una serie de aspectos constructivos que garanticen su rendimiento óptimo, seguridad y confiabilidad. Dentro de estas consideraciones se engloba de manera general las siguientes:

- **Diseño ergonómico y garantía de seguridad del personal:** para asegurar que cada componente que se instale en el tablero esté accesible y ergonómico para facilitar la operación y mantenimiento. Así mismo, estos deberán incorporar medidas de seguridad como barreras de protección o “frente muerto” hechas del mismo material del tablero con el único propósito de proporcionar seguridad a las personas que efectúen labores de operación, lectura y mantenimiento, impidiendo contacto directo con partes energizadas.
- **Aislamiento y blindaje:** estos deberán estar contruidos con materiales aislantes para proteger a las personas que efectúen labores de operación, lectura y mantenimiento ante posibles arcos eléctricos o descargas.
- **Ventilación y refrigeración:** será conveniente diseñar o implementar sistemas de ventilación o refrigeración que mitiguen el sobrecalentamiento de los equipos instalados en el tablero permitiendo así que se mantenga una temperatura adecuada para su funcionamiento.
- **Protección contra polvo y humedad:** garantizar la certificación IP para evitar la entrada de polvo, humedad y otros contaminantes que puedan afectar el rendimiento de los componentes a instalar en el tablero.
- **Cableado y conexiones:** se deberá dejar suficiente espacio interno para el enrutamiento y gestión del cableado y conexiones, facilitando futuras modificaciones y mantenimiento.
- **Identificación y etiquetado:** se deberá realizar el etiquetado e identificación de cada componente, conexión y función en el tablero y su identificación desde el exterior.
- **Puesta a tierra:** garantizar una conexión a tierra adecuada que permita prevenir descargas eléctricas y reducir así el riesgo de daños al personal y equipos. El calibre del conductor deberá cumplir con lo establecido en la **Tabla 250-94** de la **NTC 2050**.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 95 de 168

- **Diseño modular:** optar por un diseño modular que permita agregar o reemplazar componentes sin afectar el funcionamiento general del tablero. Para facilitar los trabajos de instalación, mantenimiento y reposición, es recomendable construir en forma modular de máximo 24 dispositivos.
- **Acceso y visibilidad:** se debe asegurar que los medidores, indicadores, displays y controles instalados en el tablero sean visibles y legibles de modo que se pueda facilitar su visibilidad, supervisión y diagnóstico. A continuación, se muestran algunas alturas recomendadas para medidores y protecciones

Tipo de medida	Ubicación del tablero	Altura mínima del medidor [mm]	Altura máxima del medidor [mm]	Altura mínima palanca interruptor [mm]	Altura máxima palanca interruptor [mm]
Directa	Interior	600	1800	400	2000
	Exterior	1000		800	
Semi-directa	Interior	1300		400	
	Exterior	1300		800	
Indirecta	Interior	-	2000	-	-

Tabla 25. Alturas recomendadas para medidores y protecciones¹⁸.

- **Fácil mantenimiento:** de la mano con el diseño modular, se deberá diseñar un tablero que permita la sustitución de componentes de modo tal que se facilite el mantenimiento y reposición de elementos de manera segura y eficiente.
- **Cumplimiento normativo:** se debe garantizar que el diseño y construcción del tablero cumpla con los estándares, normas y regulaciones técnicas en el marco de la seguridad y funcionalidad eléctrica.
- **Expansiones futuras:** se debe considerar en el diseño del tablero la posibilidad de futuras expansiones o reservas.



17.2. CERTIFICACIONES DE TABLEROS¹⁹

Según lo establecido en **Art 20.23.3 del RETIE**, para efectos de la certificación de los tableros, se deberá verificar mediante pruebas como mínimo los siguientes parámetros:

- Grados de protección IP no menor a 2XC (o su equivalente NEMA) e IK declarados.
- Incremento de temperatura.

¹⁸ NORMA RA8-012 TABLEROS Y CELDAS DE MEDIDA GRUPO EPM


¹⁹ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 96 de 168

- c. Propiedades dieléctricas.
- d. Distancias de aislamiento y fuga.
- e. Efectividad del circuito de protección.
- f. Comprobación del funcionamiento mecánico de sistemas de bloqueo, puertas, cerraduras u otros elementos destinados a ser operados durante el uso normal del tablero.
- g. Resistencia a la corrosión del encerramiento.
- h. Resistencia al calor anormal y al fuego de los elementos aislantes.
- i. Medidas de protección contra el contacto directo (barreras, señales de advertencia, etc.).
- j. Resistencia al cortocircuito. k. Arco interno (solo para el caso de celdas de media tensión).

18. CONDUCTORES

Con el único propósito de transportar la energía a lo largo de la subestación y a los usuarios finales, los conductores serán una pieza clave en el rompecabezas del diseño de subestaciones eléctricas en general. Para esto en el diseño eléctrico se deberá realizar un correcto dimensionamiento, tanto para conductores en media tensión que recibirán la energía que llega a la subestación y la distribuirá por la red, así mismo como los diferentes circuitos de control y señalización de los equipos de la subestación, controladores y equipos de protección en edificio y casetas de control (si se cuenta con ellas en el diseño). Los conductores deberán ser dimensionados para soportar condiciones ambientales según se requiera, así como soportar las cargas eléctricas a las que estarán sometidos, de modos que se garantice una distribución de energía de segura y eficiente y así evitar posibles sobrecargas y pérdidas de energía. Para efectos del presente documento se presentará lo correspondiente a los conductores por fase que alimentaran a diversos circuitos y equipos en **34.5 kV y 13.8 kV**, para ello se recomienda seguir la siguiente metodología:

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 97 de 168

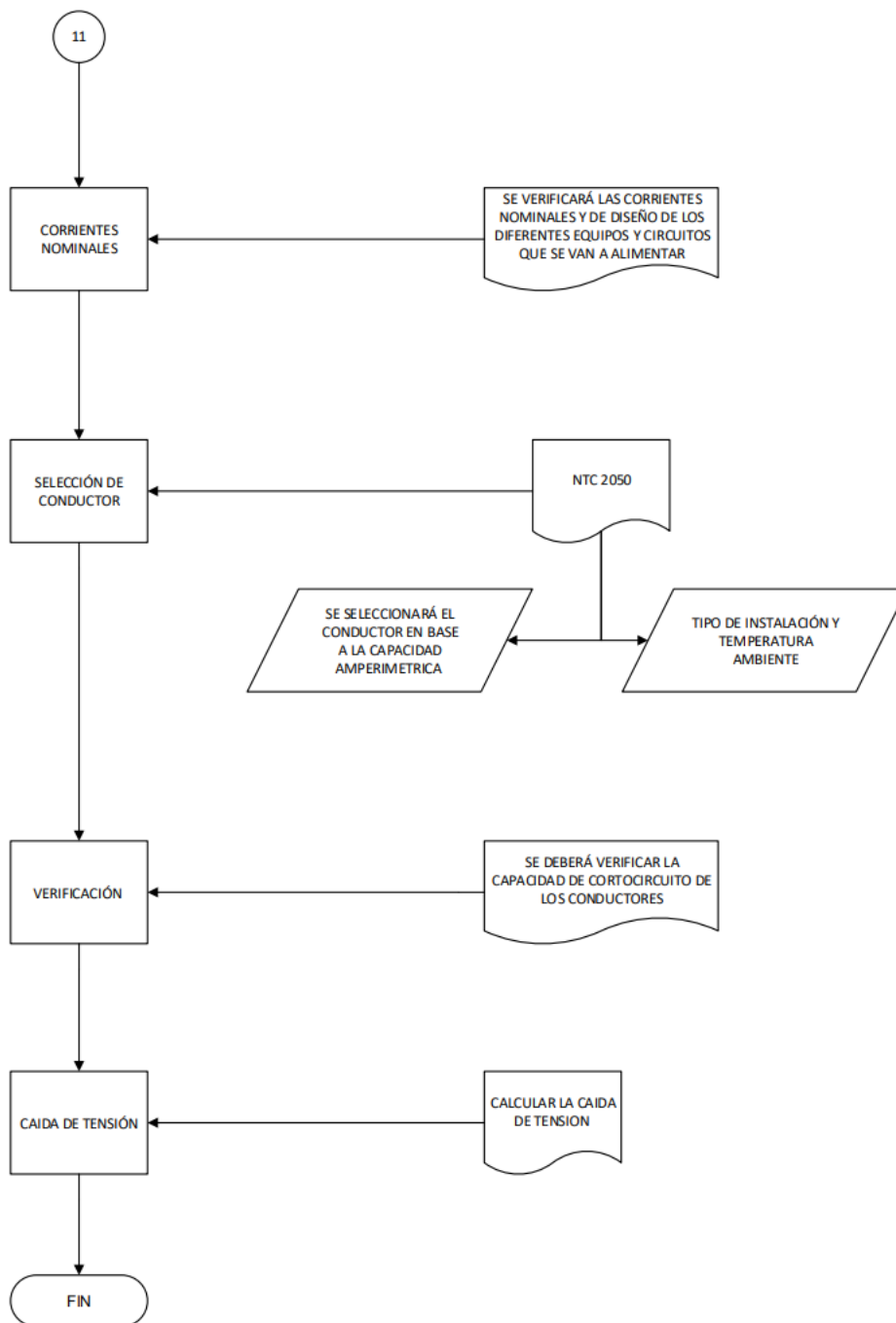



Figura 17. Metodología de selección para conductores.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 98 de 168

18.1. CAPACIDADES NOMINALES, DE EQUIPOS Y CONDUCTORES

Se deberán listar las capacidades nominales a ser consideradas en el proyecto para la selección de los conductores en **34.5 kV** y **13.8 kV** para las diversas alimentaciones de equipos y circuitos en la subestación.

Equipo o circuito	Capacidad en [MVA]	Corriente nominal [A]	Factor de seguridad [%]	Corriente de diseño [A]
Se especificarán los equipos, líneas y circuitos al interior de la subestación, en el caso del transformador de potencia se debe considerar cada uno de sus devanados	Se especificarán las capacidades en base a datos suministrados por el cliente, para los SSAA se estimará de acuerdo con las cargas asociadas a estos	Se especificarán las capacidades en base a datos suministrados por el cliente o con la ayuda de software especializados en el estudio flujos de carga	Se deberá garantizar que la capacidad amperimétrica de los conductores sea mayor o igual a la existente en la subestación por lo que se deberá considerar un factor de seguridad o sobrecarga	Se deberá tener en cuenta el cumplimiento de la capacidad en base a corrientes de operación continua según lo establecido en la NTC 2050

Tabla 26. Criterios de corriente nominal y de diseño de los equipos y circuitos.


18.2. CONSIDERACIONES PARA CONDUCTORES EN BANCOS DE DUCTOS



Figura 18. Representación de ductos subterráneos.

Para conductores que vayan a ser instalados en bancos de ductos a **34.5 kV** y **13.8 kV** se deberá tener presente las siguientes consideraciones

- El relleno para bancos de ductos en PVC podrá ser de tierra u hormigón.
- Se considerará 20°C como temperatura para la tierra, la cual aplicará para el dimensionamiento de conductores alojados en bancos de ductos, según lo indica la **Tabla 310-77** de la **NTC 2050**.
- Se considerará 29°C como la temperatura máxima promedio de la tierra y se aplicará un factor de corrección de 1.10 según lo establecido en **Tabla 310.60 (C)(4)** de la norma **NFPA 70-NEC**

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024	
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL			
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 99 de 168	

- Un ducto eléctrico será considerado independiente cuando alrededor del mismo, en un recuadro de 30 x30 cm, no se tenga ningún otro ducto eléctrico.

Una vez se tengan en cuenta las consideraciones anteriores, y según las capacidades amperimétricas establecidas en la **NTC 2050 Tabla 310-77** se deberá indicar los siguientes parámetros:

Equipo o circuito	Calibre conductor (AWG/Kcmil)	Número de conductores por fase	Capacidad de corriente según Tabla 310-77 [A]	Capacidad corregida total [A]	Ductos PVC y diámetro en pulgadas
-------------------	-------------------------------	--------------------------------	---	-------------------------------	-----------------------------------

Tabla 27. Parámetros para la selección de conductores en ducto.

18.3. CONSIDERACIONES PARA CONDUCTORES EN CÁRCAMO

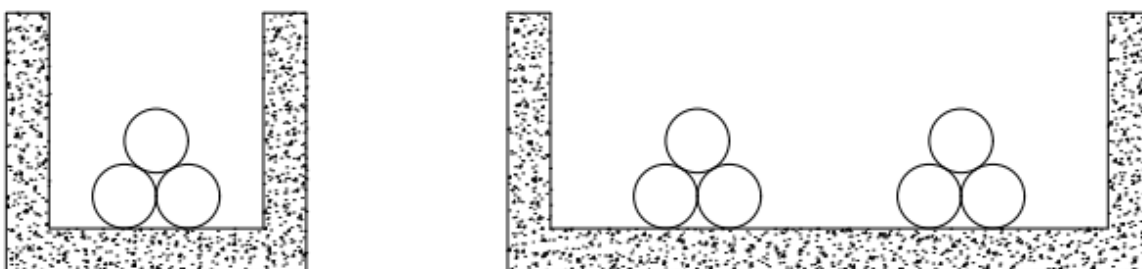



Figura 19. Representación de ductos conductores en cárcamo.

Para conductores que vayan a ser instalados en cárcamos a **34.5 kV** y **13.8 kV** se deberá tener presente las siguientes consideraciones

- Los conductores serán tendidos sobre bandejas portacables de piso, las cuales serán instaladas al interior del cárcamo.
- se seguirá lo establecido en la sección **318-13 b)** de la **NTC 2050** cuando se instales conductores sencillos en configuración triangular en bandejas portacables sin tapar.
- Se mantendrá una separación entre circuito no inferior a 2.15 veces el diámetro de un conductor.
- La capacidad de corriente de conductores 1/0 AWG o mayores no deberá superar la capacidad de corriente establecidas en las tablas **310-67** y **310-68** de la **NTC 2050**.
- Se considerará 40°C como temperatura ambiente.

Una vez se tengan las consideraciones anteriores, se utilizarán las capacidades de corriente listadas en la **Tabla 310-67** de la norma **NTC 2050** y se deberá indicar los siguientes parámetros:

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 100 de 168

Equipo o circuito	Calibre conductor (AWG/Kcmil)	Número de conductores por fase	Capacidad de corriente según Tabla 310-67 [A]	Capacidad corregida total [A]
-------------------	-------------------------------	--------------------------------	---	-------------------------------

Tabla 28. Parámetros para la selección de conductores en cárcamo.

18.4. CAPACIDAD DE CORTOCIRCUITO

En base a la norma **IEC 60949** se determinará la capacidad de cortocircuito para conductores en media tensión mediante la siguiente ecuación:

$$I_{cc} = \frac{S}{\sqrt{t}} * K * \sqrt{\ln \frac{\theta_f + \lambda}{\theta_i + \lambda}} \quad (1)$$

Donde:

[I_{cc}] Intensidad máxima de cortocircuito en A.

[K] Constante del material conductor, para el aluminio $K = 224$ y para el cobre $K = 341$

[S] Sección transversal del conductor en mm^2 .

[t] Tiempo de duración del cortocircuito.

[θ_f] Temperatura final.

[θ_i] Temperatura inicial.



[λ] Constante del material $\lambda = 228$ para el aluminio y $\lambda = 234$ para el cobre.

Una vez determinada la capacidad de cortocircuito, se deberá verificar que todos los conductores cumplen con dicha capacidad establecida para los niveles de **34.5 kV** y **13.8 kV** que se obtuvieron como resultado del estudio de flujo de carga previo.

18.5. REGULACIÓN DE TENSIÓN

Para el cálculo de la caída de tensión, se determinará inicialmente la caída de tensión, y para ello se usará la siguiente ecuación:

$$\Delta V = Z_{EF} * \sqrt{3} * L * I \quad (2)$$

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 101 de 168

Donde:

[ΔV] Caída de tensión en V.

[Z_{EF}] Impedancia eficaz Ω/km

[L] Longitud del circuito en km

[I] Corriente del circuito en A.

Es importante recordar que la caída de tensión no podrá ser mayor al 5%

Para el cálculo de impedancia eficaz se tiene que:

$$Z_{EF} = R \cos(\theta) + X \sin(\theta) \quad (3)$$

Donde:

[R] Resistencia AC del conductor a 90°C [$\frac{ohm}{km}$]

[X] Reactancia del conductor [$\frac{ohm}{km}$]


Así entonces, el cálculo de la regulación de tensión se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\%Reg = \left(\frac{\Delta V}{V} \right) * 100 \quad (4)$$

18.6. CONEXIÓN ENTRE EQUIPOS DE PATIO

Si se opta por emplazar los equipos que conformarán la subestación en un patio, considerando los aspectos previamente listados en el capítulo 17 (**EQUIPOS**) del presente documento, se deberá realizar conexión de estos equipos de manera aérea. Para ello se recomienda realizarlas con barra flexible o tendida y conductor flexible, acatando ciertas formas de conexión denominadas “holguras” entre los equipos de patio o entre un equipo y la barra.

La recomendación del uso de conductor flexible, para la interconexión de los equipos emplazados en patio trae a lugar la alta condición sísmica a la que se ve envuelto gran parte del territorio nacional, y como consecuencia de esto pueden presentarse desplazamientos entre los puntos de conexión de los diversos equipos, lo que puede desencadenar una rotura del conductor o de los mismos aisladores si no se tiene o se deja una holgura suficiente.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 102 de 168

Por eso, es necesario que el largo de los conductores que interconectarán los equipos de patio sea dimensionado correctamente, para poder tener la suficiente holgura y flexibilidad para soportar los desplazamientos entre los puntos de conexión de los equipos. Además de esto, se deberá determinar la geometría que el conductor tendrá dado que según sea esta, se presentarán distintas formas de oscilación y esfuerzos mecánicos.

La norma y/o estándar **IEEE 693** establece las siguientes configuraciones para conductores flexibles, teniendo en cuenta criterios como lo son:

- Cálculo de las distancias mínimas de seguridad entre equipos de patio
- Cálculo de desplazamiento de equipos de patio
- Geometría del conductor

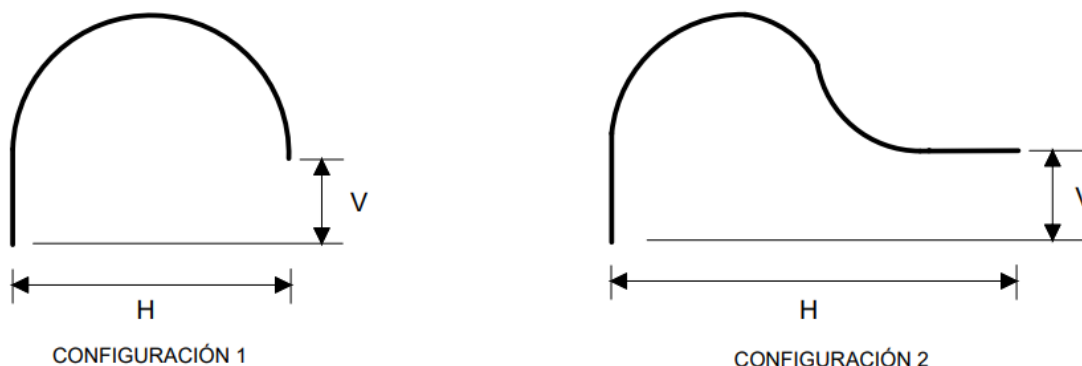


Figura 20. Configuración recomendada para conductores flexibles.


18.7. CONDUCTORES DE BARRA

Los conductores de barra se utilizarán como conexión común de los diferentes circuitos que llegarán a la subestación, las principales características que deberá tener el barraje serán:

- Buena conductividad eléctrica
- Alta capacidad de corriente
- Buena resistencia en cortocircuito
- Resistencia a la corrosión (si el barraje estará a la intemperie)
- Alta resistividad mecánica

Para la selección del conductor que más se amolde a un montaje determinado se deben considerar principalmente los siguientes parámetros:

- Determinación de la sección por intensidad máxima admisible por calentamiento.
- Control de calentamiento en cortocircuito.
- Caída de tensión máxima admisible.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 103 de 168

18.7.1. DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE POR CALENTAMIENTO

Una vez se tenga conocimiento de la corriente nominal, así como de las condiciones de instalación, se determinará la sección mediante tablas de capacidad de carga del tipo de cable seleccionado (consultar catálogo respectivo). Mediante estas tablas se podrá elegir la sección de los conductores en base a la corriente máxima admisible para el nivel de tensión de servicio. Dentro de este apartado se debe considerar los siguientes criterios:

- La temperatura máxima de trabajo de los cables estará prevista en 90°C y la temperatura ambiente que rodeará los cables se supondrá en 40°C para los barrajes que se instalen al aire libre (según lo establezca el proyecto).
- Si la temperatura ambiente difiere de los valores antes supuestos, las intensidades admisibles para los cables se corregirán con coeficientes establecidos en tablas de corrección de temperatura incluidas en la NTC 2050 o en su defecto en los catálogos del fabricante.

18.7.2. CONTROL DE CALENTAMIENTO EN CORTOCIRCUITO

Para verificar si la sección seleccionada es suficiente para soportar la corriente de cortocircuito, deberá cumplirse la condición:

$$I * \sqrt{t} = K * S \quad (5)$$

Donde:


[K] Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y sus temperaturas al inicio y final del cortocircuito.

[S] Sección transversal del conductor en mm^2 .

18.7.3. CONTROL DE CAÍDA DE TENSIÓN

La capacidad máxima de potencia que podrá transportarse por el circuito sin que los niveles de tensión caigan por debajo de los niveles mínimos preestablecidos también deberá considerarse para la selección de conductores de barraje, para evitar así que a los equipos conectados al barraje no les llegue un nivel de tensión demasiado bajo para su funcionamiento normal.

Es por esto por lo que se recomienda escoger un calibre de conductor adecuado de modo tal que la caída de tensión para los circuitos derivados del barraje no excedan el 3% y la máxima caída de tensión entre circuitos alimentadores y circuitos derivados hasta el punto más lejano no exceda el 5%.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 104 de 168

18.7.4. CAPACIDAD DE CORRIENTE

Los conductores se seleccionarán por la capacidad de corriente nominal de la subestación que a su vez dependerá del nivel de tensión y potencia que esta tendrá, el cálculo de esta será la que determine en un principio la sección del conductor. El valor eficaz de la intensidad de corriente nominal del circuito no tendrá que ocasionar un incremento de temperatura superior a la especificada para el tipo de cable, y con base en su valor se determinará la sección de los conductores y características de conducción de corriente de los equipos (interruptores, seccionadores, transformadores de medida, etc.).

También se considerarán aspectos como corriente de carga, de cortocircuito, temperatura ambiente, velocidad del viento (sobre todo para conductores de barra flexibles o tendidos) y radiación solar.

18.7.5. MATERIALES USADOS

Los materiales comúnmente usados son:

- Cobre
- Aluminio
- Aleación de aluminio o ACSR

Deberán garantizar alta resistencia mecánica y proveer un transporte de alta conductividad eléctrica según el sistema al que se conectará la subestación.

18.7.6. TIPOS DE CONDUCTORES PARA BARRA

Flexible o tendido: estos serán cables que permitirán flexibilidad y capacidad de adaptarse a curvas y movimientos. Estos serán de gran utilidad en aplicaciones de barrajes donde se requiera que las conexiones se ajusten a cambios en la disposición de los equipos.


Rígido: estos serán básicamente tubos metálicos de aluminio en lugar de cables, brindando mayor rigidez a la estructura, aunque su uso podrá verse limitado por aspectos sísmicos en comparación con conductores de cable flexible o tendidos

PRINCIPALES VENTAJAS DEL CABLE

- Será el más usado debido a la reducción económica en aislamiento y materiales de conexión.
- Se pueden lograr mayores vanos.

PRINCIPALES DESVENTAJAS DEL CABLE

- Mayores pérdidas por corona (no aplica a este nivel de tensión).
- Se tiene mayor pérdida por efecto superficial o efecto piel.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 105 de 168

- Se obliga a tener mayores distancias, tanto horizontales como verticales debido a las flechas, inclinaciones por acción del viento y esfuerzos de cortocircuito.

PRINCIPALES VENTAJAS DEL CONDUCTOR RIGIDO

- Capacidad de conducción de corriente relativamente alta por su sección de área.
- Igual deformación en todas las direcciones.
- Menor número de soportes a causa de su rigidez
- Menor pérdidas por corona (no aplica a este nivel de tensión).
- Menor pérdidas por efecto superficial o efecto piel.

PRINCIPALES DESVENTAJAS DEL CONDUCTOR RIGIDO

- Mas costoso en comparación con el cable
- Requiere mayor número de juntas de unión, debido a las longitudes relativamente cortas con la que estos se fabrican.

A continuación, se presenta la metodología para la selección del conductor de barra

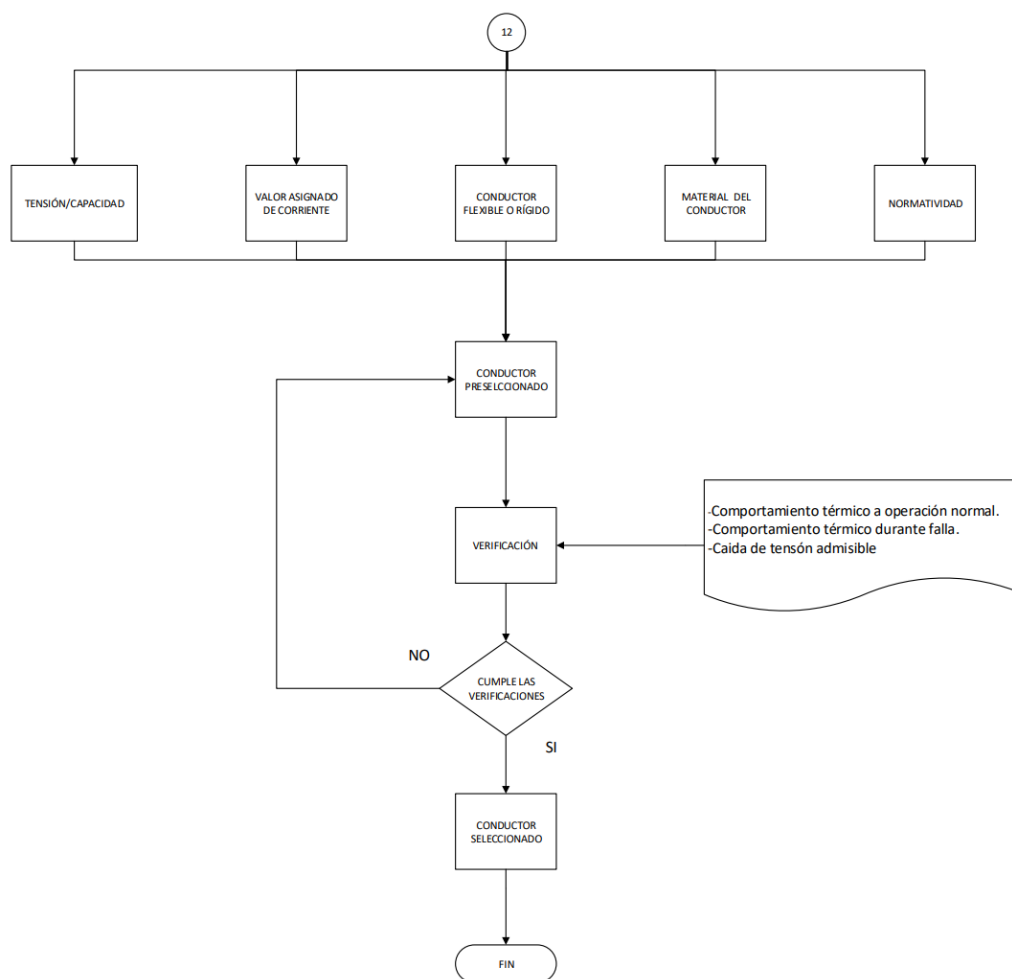



Figura 21. Metodología para selección de conductor de barra.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 106 de 168


18.8. CONDUCTORES HOMOLOGADOS

A continuación, se presenta una lista de los conductores homologados usados en media tensión.

CABLES DE ALUMINIO SEMIAISLADOS 15 kV
CABLE AAC 2 AWG IRIS MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAC 1/0 AWG POPPY MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAC 2/0 AWG ASTER MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAC 4/0 AWG OXLIP MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAC 266.8 kcmil DAISY MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAC 336.4 kcmil TULIP MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAC 477 kcmil COSMOS MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAC 556.5 kcmil DAHLIA MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE ACSR 2 AWG SPARROW MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE ACSR 1/0 AWG RAVEN MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE ACSR 2/0 AWG QUAIL MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE ACSR 4/0 AWG PENGUIN MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE ACSR 266.8 kcmil WAXWING MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAAC 77.47 kcmil AMES MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAAC 123.3 kcmil AZUSA MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAAC 155.4 kcmil ANAHEIM MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAAC 246,9 kcmil ALLIANCE MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAAC 312.8 kcmil BUTTE MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAAC 394.5 kcmil CANTON MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLE AAAC 559.5 kcmil DARIEN MONOPOLAR CUBIERTO 15 kV 90°C
CABLES DE ALUMINIO SEMIAISLADOS 38 kV
CABLE AAC 1/0 AWG POPPY MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE AAC 2/0 AWG ASTER MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE AAC 4/0 AWG OXLIP MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE AAC 266.8 kcmil DAISY MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE AAC 336.4 kcmil TULIP MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE AAC 477 kcmil COSMOS MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE ACSR 2/0 AWG QUAIL MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE ACSR 4/0 AWG PENGUIN MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE ACSR 266.8 KCMIL WAXWING MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE AAAC 77.47 kcmil AMES MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE AAAC 123.3 kcmil AZUSA MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE AAAC 155.4 kcmil ANAHEIM MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE AAAC 246,9 kcmil ALLIANCE MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C
CABLE AAAC 312.8 kcmil BUTTE MONOPOLAR CUBIERTO 38 kV 90°C

Tabla 29. Cables de aluminio semiaislado homologados para 13.8 kV y 34.5 kV.²⁰

²⁰ ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA CABLES SEMIAISLADOS DE ALUMINIO PARA MEDIA TENSIÓN GRUPO EPM

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024	
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL			Versión 5
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Página 107 de 168
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre		

CABLE MONOPOLAR AISLADO 15 kV	
CABLE AAC 1/0 AWG MONOPOLAR AISLADO XLPE/LLDPE 15 kV 100% 90°C NEUTRO 100% CU	
CABLE AAC 4/0 AWG MONOPOLAR AISLADO XLPE/LLDPE 15 kV 100% 90°C NEUTRO 100% CU	
CABLE AAC 3X1/0 AWG TRIPLEX AISLADO XLPE/LLDPE 15 kV 100% 90°C NEUTRO 1/3 CU	
CABLE AAC 3X4/0 AWG TRIPLEX AISLADO XLPE/LLDPE 15 kV 100% 90°C NEUTRO 1/3 CU	

Tabla 30. Cables monopolares aislado homologado para 13.8 kV.²¹

CABLE DE COBRE AISLADO 15 kV	
CABLE COBRE AISLADO 2 AWG, 15 kV XLPE-TR 100%	
CABLE COBRE AISLADO 1/0 AWG 15 kV XLPE-TR 100%	
CABLE COBRE AISLADO 2/0 AWG 15 kV XLPE-TR 100%	
CABLE COBRE AISLADO 4/0 AWG 15 kV XLPE-TR 100%	
CABLE COBRE AISLADO 350 kcmil 15 kV XLPE-TR 100%	
CABLE DE COBRE AISLADO 38 kV	
CABLE COBRE AISLADO 4/0 AWG 38 kV XLPE-TR 90°C 133%	
CABLE COBRE AISLADO 250 kcmil 38 kV XLPE-TR 90°C 133%	
CABLE COBRE AISLADO 350 kcmil 38 kV XLPE-TR 90°C 133%	
CABLE COBRE AISLADO 500 kcmil 38kV XLPE-TR 90°C 133%	
CABLE COBRE AISLADO 1000 kcmil 38 kV XLPE-TR 90°C 133%	

Tabla 31. Cables de cobre aislado homologado para 13.8 kV y 34.5 kV.²²


19. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Para el dimensionamiento de las distancias mínimas en el aire y de seguridad para los niveles de **34.5 kV** y **13.8 kV** que se tendrán en este tipo de subestaciones, se debe considerar que el aire es un excelente medio aislante, pero aun así se debe garantizar que se cuente con una distancia conservativa respecto a las partes energizadas para minimizar la probabilidad de algún tipo de riesgo eléctrico que ponga en peligro la integridad del personal o de los equipos que vayan a ser instalados en la subestación. Para ello se presentarán longitudes que se mantendrán entre los elementos energizados y otras partes no energizadas de la subestación, y las distancias que se deberán tener y conservar si los equipos instalados en el interior de un cuarto mediante celdas.

Las distancias presentadas en este apartado son referenciales, tomadas en base a proyectos ya existentes en este tipo de instalaciones, y deberán tomarse de superficie a superficie, y la separación entre los equipos se tomará de centro a centro. Los elementos que sostendrán conductores se considerarán elementos energizados y harán parte de ellos, caso similar para las bases metálicas de los equipos, que se tomarán como parte de la estructura.

²¹ ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA CABLE DE ALUMINIO AISLADOS DE MEDIA TENSIÓN GRUPO EPM

²² ESPECIFICACIÓN TÉCNICA CONDUCTORES DE COBRE AISLADO DE MEDIA TENSIÓN GRUPO EPM

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 108 de 168

19.1. PROCEDIMIENTO

El procedimiento general para realizar el dimensionamiento de las distancias de seguridad tanto para subestaciones donde sus equipos se emplazarán en patio como para aquellas donde sus equipos se ubicarán en un cuarto mediante celdas es el siguiente:

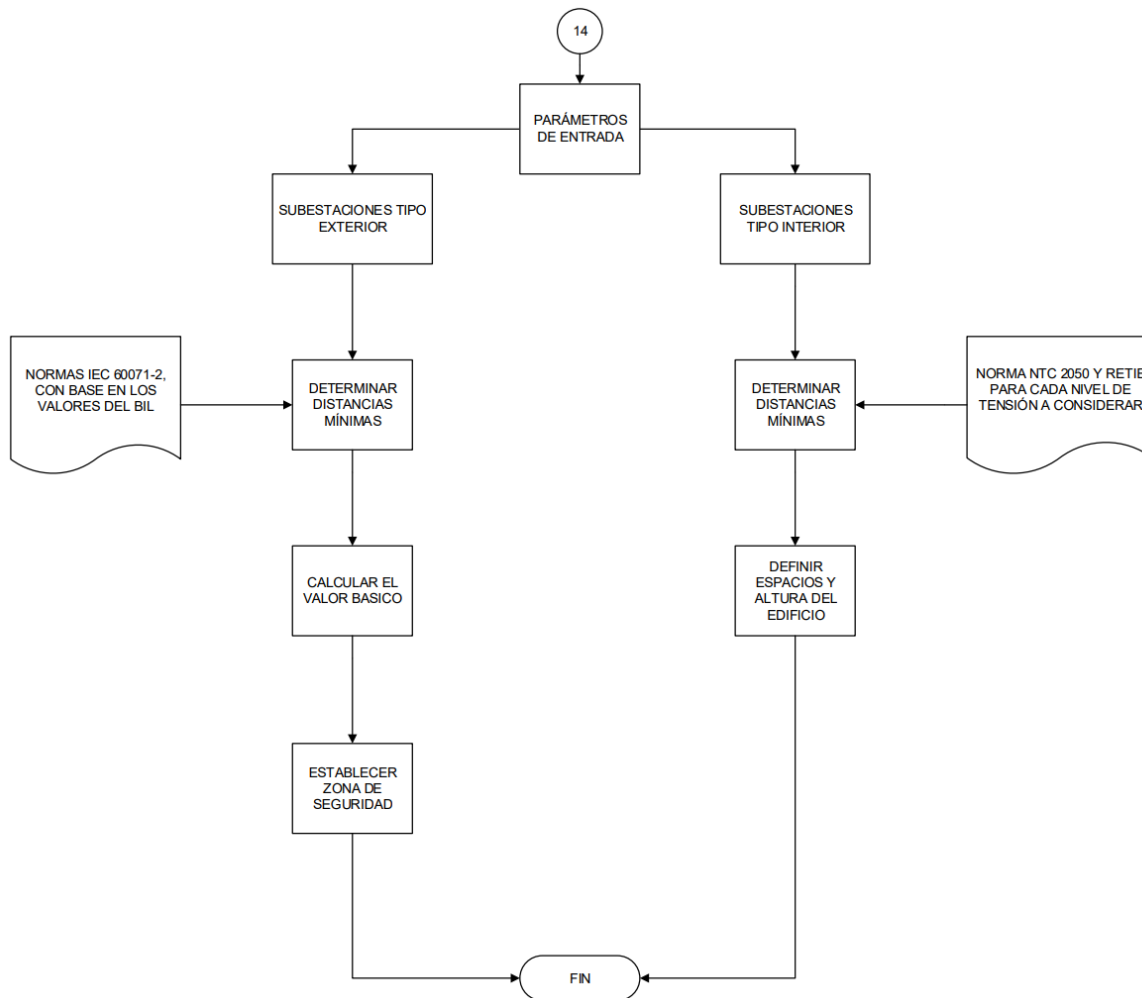



Figura 22. Metodología de procedimiento para el dimensionamiento de las distancias de seguridad.

19.2. PARÁMETROS DE ENTRADA

Para el dimensionamiento de las distancias de seguridad, se tomarán los siguientes parámetros de entrada

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 109 de 168

PÁRAMETROS	34.5 kV	13.8 kV
Tensión nominal Fase-Fase	34.5 kV	13.8 kV
Máxima tensión de diseño Fase-Fase	36 kV	17.5 kV
Tensión asignada al impulso tipo rayo	170 kV	95 kV
Tensión asignada de corta duración a frecuencia industrial	70 kV	38

Tabla 32. Parámetros de entrada para el dimensionamiento de las distancias de seguridad.

19.3. DISTANCIAS DE SEGURIDAD PARA SUBESTACIONES TIPO EXTERIOR

19.3.1. DISTANCIAS MÍNIMAS FASE-TIERRA

Se deberá revisar la norma **IEC 60071-1**, la cual define los niveles de aislamiento normalizados para las instalaciones eléctricas correspondientes a tensiones máximas U_m permisibles.

- Las tensiones soportables asignadas de impulso tipo rayo y de frecuencia industrial de corta duración, para equipos con $U_m \leq 245 \text{ kV}$, denominado rango I.
- Las tensiones soportables de impulso tipo rayo, de maniobra, de frecuencia industrial para equipos con $U_m > 245 \text{ kV}$, denominado rango II.

Para las distancias mínimas en aire, solo será determinante la tensión que produce un esfuerzo más fuerte. Para el rango I $U_m \leq 245 \text{ kV}$ esta será la tensión de impulso tipo rayo, y para el rango II $U_m > 245 \text{ kV}$, será la tensión de soportabilidad normalizada al impulso tipo maniobra.

A continuación, se presentan los valores normalizados para las tensiones asignadas al impulso tipo rayo y las tensiones asignadas de corta duración a frecuencia industrial según lo establecido en la norma **IEC 60071-1**.


TENSIÓN NOMINAL [kV] (VALOR EFICAZ)	TENSIÓN MÁXIMA DE DISEÑO [kV] (VALOR EFICAZ)	TENSIÓN ASIGNADA AL IMPULSO TIPO RAYO [kV] (VALOR PICO)	TENSIÓN ASIGNADA DE CORTA DURACIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL [kV] (VALOR EFICAZ)
13.8	17.5	95	38
34.5	36	170	70

Tabla 33. Niveles de aislamiento normalizados para 13.8 kV y 34.5 kV.

Para determinar las distancias mínimas en aire, se revisará la **Tabla A.1** de la **IEC 60071-1** para los niveles de tensión de impulso tipo rayo presentados anteriormente.

TENSIÓN ASIGNADA AL IMPULSO TIPO RAYO [kV]	DISTANCIA MÍNIMA PUNTA – ESTRUCTURA [mm]	DISTANCIA MÍNIMA CONDUCTOR – ESTRUCTURA [mm]
95	160	160
170	320	320
<ul style="list-style-type: none"> • Para Fase -Tierra, se aplica la distancia mínima conductor – estructura y punta – estructura. • Para Fase – Fase, se aplica la distancia mínima punta – estructura. 		

Tabla 34. Correlación entre tensiones de impulso tipo rayo y distancia mínima en aire.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 110 de 168

19.3.2. VALOR BÁSICO

El valor básico “b” deberá garantizar el espaciamiento adecuado para prevenir cualquier riesgo de flameo aún bajo las condiciones más desfavorables, este valor estará determinado con base en la distancia mínima Fase – Tierra correspondiente al nivel de aislamiento determinado para la instalación incrementada un 10% como factor de seguridad, de modo que se pueda tener en cuenta tolerancias en la fabricación y montaje de los equipos, así como diferencias de un fabricante a otro. Para determinar el valor básico, el **RETIE** establece la siguiente expresión:

$$\text{Valor Básico} = 1.1 * \text{distancia mínima Fase – Tierra} \quad (6)$$

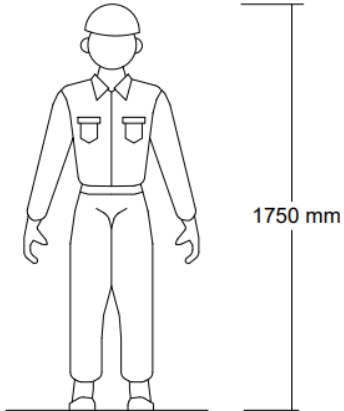
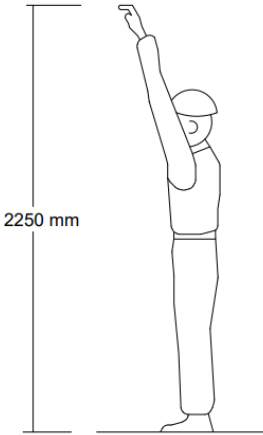
Así entonces, el valor básico “b” para los niveles 13.8 kV y 34.5 kV son los siguientes:


TENSIÓN NOMINAL [kV] (VALOR EFICAZ)	TENSIÓN ASIGNADA AL IMPULSO TIPO RAYO [kV] (VALOR PICO)	DISTANCIA MÍNIMA FASE – TIERRA [mm]	VALOR BÁSICO	
			FACTOR DE SEGURIDAD 10% [mm]	TOTAL [mm]
13.8	95	160	16	176
34.5	170	320	32	352

Tabla 35. Valor básico para 13.8 kV y 34.5 kV.

19.3.3. DISTANCIA DE SEGURIDAD

Para determinar la distancia de seguridad, será necesario incrementar el valor básico relacionado con el nivel de aislamiento, el cual determina una “zona de guarda” alrededor de las partes energizadas con un valor que es función de los movimientos del personal de mantenimiento, así como del tipo de trabajo y la maquinaria usada. Esto determina una “zona de seguridad” dentro de la cual queda eliminado cualquier peligro relacionado con acercamientos eléctricos. Para esto, las dimensiones promedio a tomar en cuenta son:

ALTURA PROMEDIO	BRAZOS ESTIRADOS VERTICALMENTE
	

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 111 de 168

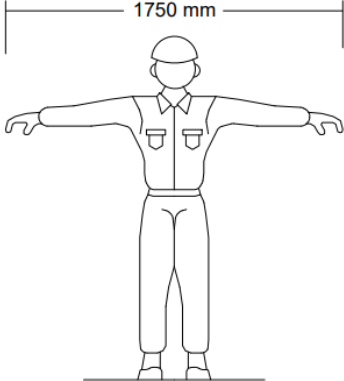
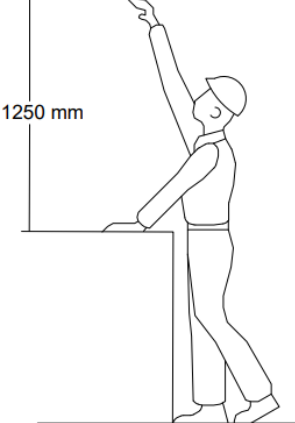
BRAZOS ESTIRADOS HORIZONTALMENTE	MANO ALZADA SOBRE EL PLANO DE TRABAJO
	

Tabla 36. Dimensiones promedio del operador.

19.3.4. MOVIMIENTO DE PERSONAL

Comprenderá la distancia entre la base de cualquier aislador de poste o buje y tierra, esta no deberá ser menor de **2250 mm**. el aislador o buje deberá ser considerado como un componente energizado en donde se reduce la tensión gradualmente y solo la parte metálica inferior está a potencial de tierra.

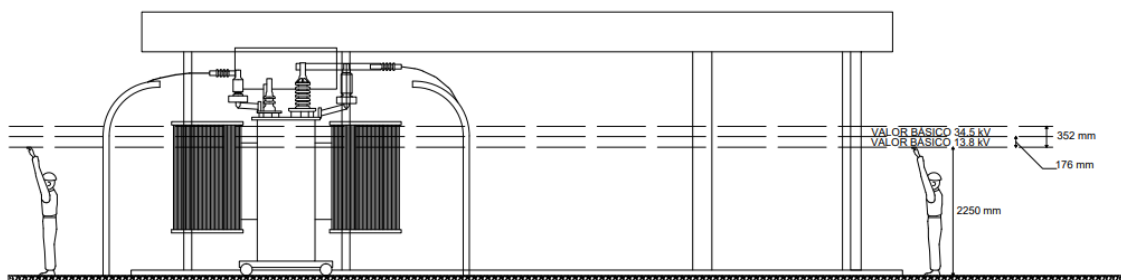



Tabla 37. Movimiento de personal para subestaciones tipo exterior.

A continuación, se muestran las distancias de seguridad para el movimiento de personal.

TENSIÓN NOMINAL [kV] (VALOR EFICAZ)	TENSIÓN ASIGNADA AL IMPULSO TIPO RAYO [kV] (VALOR PICO)	VALOR BÁSICO [mm]	DISTANCIA DE SEGURIDAD BAJO CONEXIONES	
			ZONA DE SEGURIDAD [mm]	VALOR TOTAL [mm]
13.8	95	176	2250	3000*
34.5	170	352	2250	3000*
<ul style="list-style-type: none"> 3000 mm será el valor mínimo recomendado para distancias de seguridad según lo indica la Tabla 23.2 del RETIE 				

Tabla 38. Distancias de seguridad para el movimiento de personal.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 112 de 168

19.3.5. MOVIMIENTO VEHICULAR

Para el montaje y mantenimiento de algunos equipos, se deberán prever vías internas con las debidas distancias de seguridad. Debido a esto, se tendrá una zona de seguridad para estos casos. Esta zona de seguridad estará delimitada por el perfil del vehículo más **700 mm** de modo que se pueda permitir imprevistos en la conducción. Delimitando así, una zona de seguridad mínima horizontal para la circulación de vehículos.

A modo de ejemplo, se considerará un perfil de vehículo de 3600 mm de ancho, mas **700 mm**, lo cual determinará una zona de seguridad mínima horizontal de **4300 mm**. Así entonces, se seleccionarán anchos entre **4500 mm** y **5000 mm**.

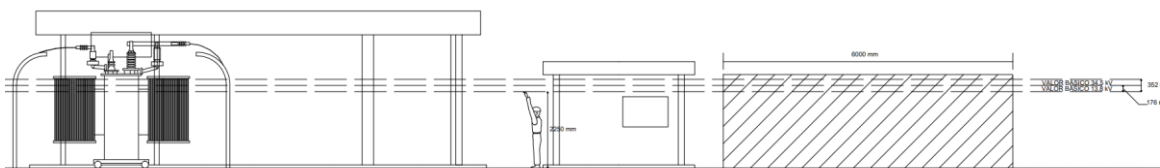


Figura 23. Movimiento vehicular con un ancho de vía de 5000 mm (Ejemplo).

19.3.6. DISTANCIAS PARA MANTENIMIENTO EN EQUIPOS


Cuando se efectúen trabajos con tensión, se deberá prever una zona de protección que se determinará según el mismo principio que las distancias anteriores.

Dicha zona comprenderá el valor básico más un valor que será determinado para cada equipo de acuerdo con el trabajo de mantenimiento, el vehículo y las herramientas que normalmente se usan. Nunca deberá tener un valor por debajo a los **3000 mm**. La distancia de seguridad será entre la posición extrema que puede ocupar la conexión del equipo energizado y el borde del equipo sobre el cual se está llevando a cabo la labor. Se debe establecer que en ninguna circunstancia habrá penetración en la zona del valor básico.

En el caso de que el mantenimiento sea de rutina y se requiera el uso únicamente de herramientas livianas, el factor que se le adiciona al valor básico será:

- **Horizontalmente:** el valor básico más **1750 mm** correspondiente a las dimensiones promedio de un operador con los brazos abiertos
- **Verticalmente:** el valor básico más **1250 mm** por encima del plano de trabajo que corresponde al operador en la posición de mano alzada.

A continuación, se presentan las distancias de seguridad para la realización de trabajos de mantenimiento liviano sobre equipos.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 113 de 168

TENSIÓN NOMINAL [kV] (VALOR EFICAZ)	TENSIÓN ASIGNADA AL IMPULSO TIPO RAYO [kV] (VALOR PICO)	VALOR BÁSICO [mm]	DZONA DE TRABAJO EN AUSENCIA DE MAQUINARIA PESADA			
			HORIZONTAL		VERTICAL	
			ZONA DE SEGURIDAD [mm]	VALOR TOTAL [mm]	ZONA DE SEGURIDAD [mm]	VALOR TOTAL [mm]
13.8	95	176	1750	1926	1250	1426
34.5	170	352	1750	2102	1250	1602

Figura 24. Distancias de seguridad para mantenimiento liviano sobre equipos.

A continuación, se ilustra las diferentes distancias que se deberán conservar para un operador de estatura promedio.

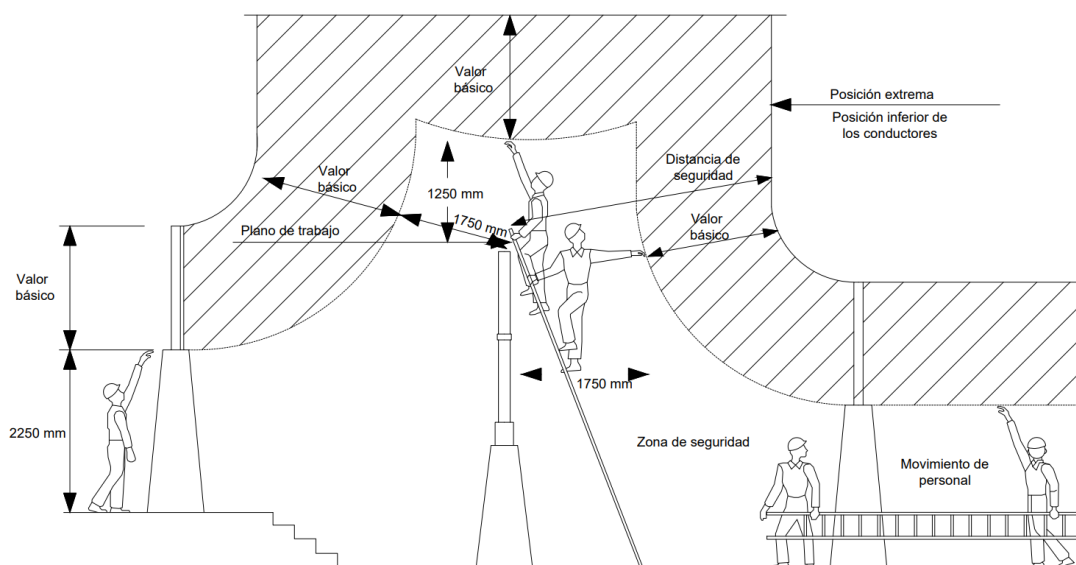


Figura 25. Zonas de seguridad²³.


19.3.7. DISTANCIA CERCO PERIMETRAL

El cerco o malla perimetral deberá ser instalado como medida de protección para el personal no autorizado o ajeno a la subestación, este deberá instalarse de forma tal que las partes energizadas estén fuera de la zona de seguridad. El **RETIE** en el **numeral 23.2** indica las distancias de seguridad mínimas tanto para 13.8 kV como para 34.5 kV.

TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES [kV]	DIMENSIÓN "R" [mm]
13.8	3100
34.5	3200

Tabla 39. Distancias de seguridad para cerco perimetral.

²³ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES, Art 23. Capítulo 6

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 114 de 168

A continuación, se ilustra las distancias que se deberán conservar para el cerco perimetral

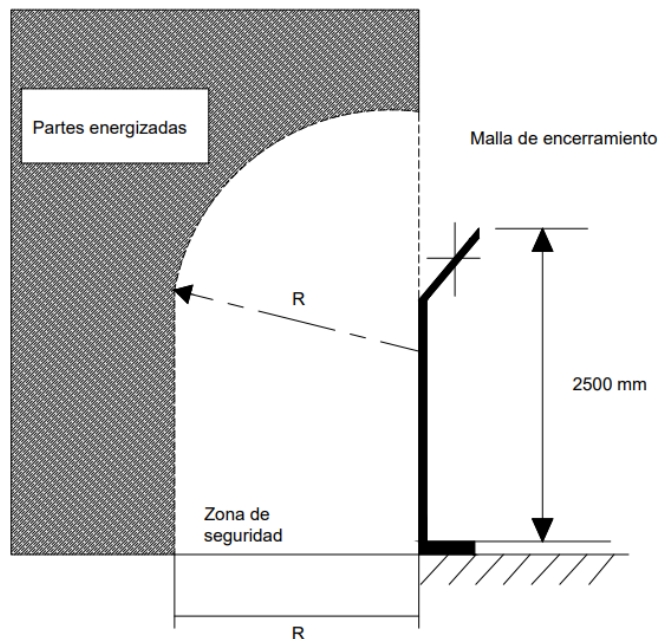


Figura 26. Distancias de seguridad para cerco perimetral²⁴.


19.3.8. DISTANCIA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA EL TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Al emplearse transformadores de potencia cuyo medio aislante es aceite, el riesgo de incendio asociado a estos dependerá de la clasificación del equipo, el volumen, la proximidad y exposición de los equipos y estructuras cercanas. Para ello se deberá, disponer el transformador de tal forma que la combustión de este no provoque un riesgo de incendio para otros transformadores o equipos. Para esto, es recomendable verificar la norma **NFPA 850** donde se especificará a partir del volumen que disponga el transformador, la distancia mínima de seguridad.

CAPACIDAD DE ACEITE		SEPARACIÓN MÍNIMA (LÍNEA DE VISIÓN) SIN MURO CORTAFUEGOS [mm]
Galones	Litros	
<500	<1890	-
500-5000	1890-18925	7600
>5000	>18925	15000

Tabla 40. Distancias de separación para transformadores aislados en aceite.

²⁴ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES, Art 23. Capítulo 2

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 115 de 168

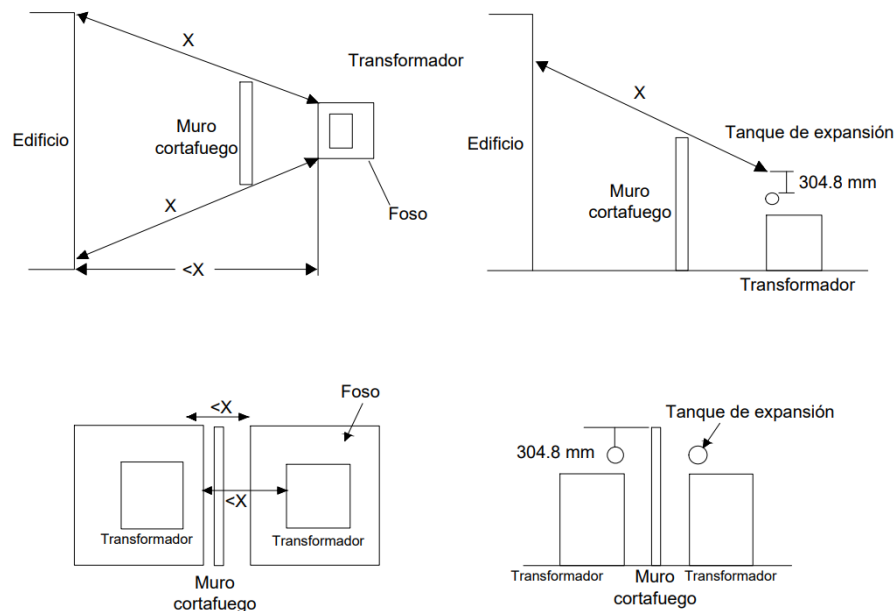


Figura 27. Distancias de seguridad para transformadores aislados en aceite²⁵.

19.4. DISTANCIAS DE SEGURIDAD PARA SUBESTACIONES TIPO INTERIOR

Si se opta por instalar los equipos en celdas, estas deberán ir al interior de una edificación o edificio de control, donde se instalarán junto con los tableros. A continuación, se presentan las distancias mínimas que se deberán mantener para el edificio de control donde se albergarán dichas celdas tanto para **34.5 kV** como para **13.8 kV**.


19.4.1. DISTANCIAS MÍNIMAS DE APROXIMACIÓN PARA EQUIPOS ENERGIZADOS

Para este apartado se seguirá lo establecido en el **RETIE** en su **numeral 13.4**

TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES [kV]	LIMITE DE APROXIMACIÓN SEGURO [mm]		LIMITE DE APROXIMACIÓN RESTRINGIDA [mm] (INCLUYE MOVIMIENTOS INVOLUNTARIOS)	LIMITE DE APROXIMACIÓN TÉCNICA [mm]
	PARTE MÓVIL EXPUESTA	PARTE FIJA EXPUESTA		
0,120 – 0, 208	3000	1000	Evitar contacto	
13.8	3000	1500	700	200
34.5	3000	1800	800	300

Tabla 41. Distancias mínimas para trabajos cerca de partes energizadas en corriente alterna.

²⁵ RECOMMENDED PRACTICE FOR FIRE PROTECTION FOR ELECTRIC GENERATING PLANTS AND HIGH VOLTAGE DIRECT CURRENT CONVERTER STATIONS

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 116 de 168

TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES [V]	LIMITE DE APROXIMACIÓN SEGURO [mm]		LIMITE DE APROXIMACIÓN RESTRINGIDA [mm] (INCLUYE MOVIMIENTOS INVOLUNTARIOS)	LIMITE DE APROXIMACIÓN TÉCNICA [mm]
	PARTE MÓVIL EXPUESTA	PARTE FIJA EXPUESTA		
125	3000	1000	Evitar contacto	

Tabla 42. Distancias mínimas para trabajos cerca de partes energizadas en corriente directa.

Se deberá señalar el límite de aproximación restringida, ya sea con una franja visible hecha con pintura reflectiva u otra señal que brinde un cerramiento temporal y facilite al personal no autorizado identificar el máximo acercamiento permitido²⁶.

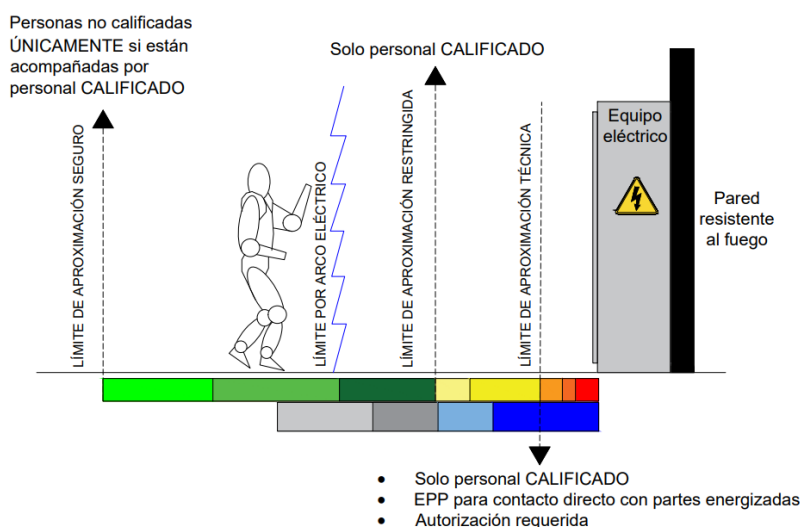


Figura 28. Límites de aproximación²⁷ (Tomado del Artículo 13 Capítulo 2 del RETIE).

19.4.2. DEFINICIÓN DE LOS ESPACIOS Y ALTURA AL INTERIOR DEL EDIFICIO


La altura que deberá tener la edificación donde se albergaran las celdas tanto en **34.5 kV** como en **13.8 kV**, así como los tableros, estará definida por la altura de estas. El **RETIE** en el numeral **20.23.4** dicta que la altura que la distancia de la celda al techo no deberá ser menor de **600 mm** salvo que el fabricante especifique otro valor

Luego, se presentan las alturas mínimas que se mantendrán para el edificio o cuarto de celdas considerando las dimensiones de las celdas para **34.5 kV** y **13.8 kV**.

TENSIÓN NOMINAL [kV]	ALTURA MÍNIMA DE LA CELDA [mm]	DISTANCIA ESTABLECIDA POR EL RETIE DE LAS CELDAS AL CIELO RASO [mm]	ALTURA MÍNIMA DEL NIVEL DEL SUELO A CIELO RASO [mm]
----------------------	--------------------------------	---	---

²⁶ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES. Art 13 Capítulo 4

²⁷ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES. Art 13 Capítulo 2

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 117 de 168

13.8	2900	600	3500
34.5	2800		3400

Tabla 43. Alturas mínimas para las celdas.

Con base en estos valores se seleccionarán una altura adecuada para el techo del cuarto de celdas.

Para las distancias de las celdas y tableros hacia el frente y hacia los muros, se deberá considerar el mínimo espacio disponible de trabajo para las celdas y tableros establecidos en los numerales **110-16** y **110-34** de **NTC 2050**.

TENSIÓN NOMINAL [V]	DISTANCIA MÍNIMA SEGÚN NTC 2050 [mm]		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0 - 150	900	900	900
151 - 600	900	1100	1200
9001 - 25000	1500	1800	2700
25001 - 75000	1800	2400	3000

Tabla 44. Espacio de trabajo para celdas y tableros.

Condición 1: Partes energizadas expuestas en un lado y partes sin energizar o puestas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes energizadas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a menos de 300 V.²⁸

A continuación, se ilustra esta condición para una tensión nominal de 9001 – 25000 V

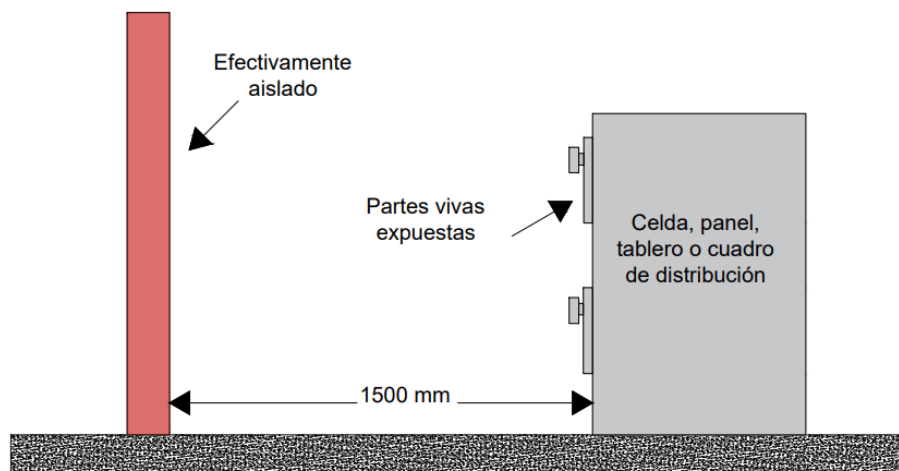



Figura 29. Condición 1 para tensión entre 9001 - 25000 V.

²⁸ CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NTC 2050 (Primera actualización)

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 118 de 168

Condición 2: Partes energizadas expuestas a un lado y puestas a tierra en el otro. Las paredes de hormigón, ladrillo o baldosa se deben considerar como puestas a tierra²⁹.

A continuación, se ilustra esta condición para una tensión nominal de 9001 – 25000 V

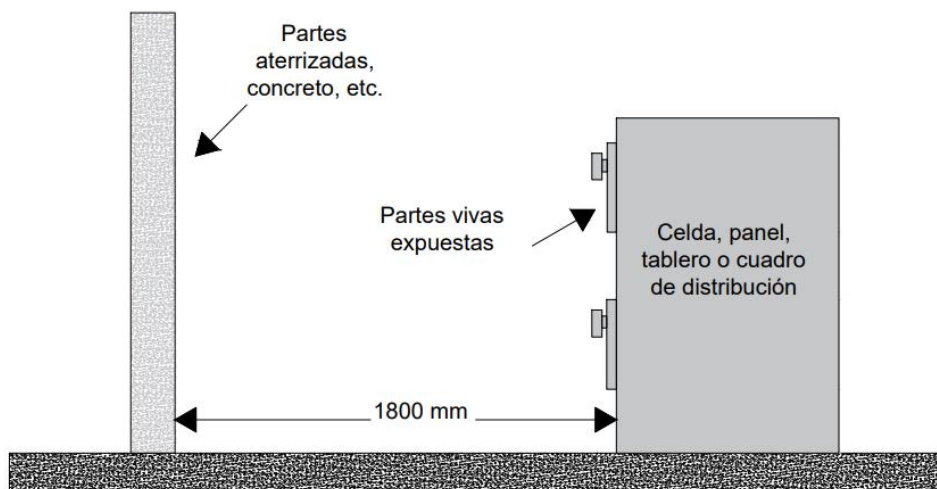


Figura 30. Condición 2 para tensión entre 9001 - 25000 V.

Condición 3: Partes energizadas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la **Condición 1.**, con el operador entre ambas³⁰.

A continuación, se ilustra esta condición para una tensión nominal de 9001 – 25000 V

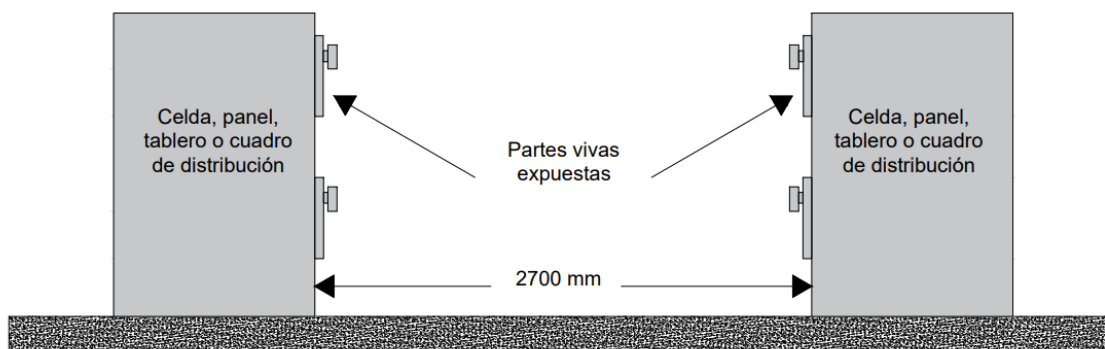



Figura 31. Condición 3 para tensión entre 9001 - 25000 V.

Además, se establecen los siguientes criterios

- El valor tomado de la **Tabla 56**, para las celdas en 34.5 kV cuya parte frontal se encuentre frente a la pared del edificio, corresponderá a la **Condición 2**.

²⁹ CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NTC 2050 (Primera actualización)

³⁰ CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NTC 2050 (Primera actualización)



	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 119 de 168

- El valor tomado para las celdas cuya parte posterior se encuentre frente a la pared del edificio, de acuerdo con lo indicado en el numeral **110-34** de la **NTC 2050** “Cuando se requiera acceso posterior para trabajar en partes no energizadas de la parte posterior del equipo encerrado, debe existir una distancia mínima de trabajo de **750 mm** medidos horizontalmente”
- Se considerará una distancia de **750 mm**, relacionando este valor con la distancia de parte posterior de la celda a la pared del edificio.
- El valor tomado de la **Tabla 56**, para celdas en 13.8 kV cuya parte frontal se encuentre frente a la pared del edificio, corresponderá a la **Condición 2**.
- El valor tomado de la **Tabla 56**, para tableros en baja tensión cuya parte frontal se encuentre frente a la pared del edificio, corresponderá a la **Condición 2**.
- La distancia entre la parte frontal del tablero de telecomunicaciones a la pared del edificio será de **1000 mm**.
- El valor tomado de la **Tabla 56**, para tableros enfrentados en baja tensión, corresponderá a la **Condición 2**.
- La distancia entre el tablero de calidad de potencia y el tablero de distribución en CC a 125 V será de **2000 mm**.

En base a lo anterior, se establecen las distancias de las celdas y tableros respecto a los muros para el edificio donde se albergarán

DESCRIPCIÓN		DISTANCIA MINIMA SEGÚN NTC 2050 [mm]	DISTANCIA QUE SELECCIONAR (APROXIMADA)
Distancia de celda a 34.5 kV a la pared del edificio [mm]	Celdas cuya parte frontal se encuentra frente a la pared del edificio de control.	2400	2000
	Celdas cuya parte posterior se encuentra frente a la pared del edificio de control	750	1200
	Celdas cuya parte posterior se encuentra frente a la pared del edificio de control	750	1200
Distancia de celda a 13.8 kV a la pared del edificio [mm]	Celdas cuya parte frontal se encuentra frente a la pared del edificio de control.	1800	2000
	Celdas cuya parte posterior se encuentra frente a la pared del edificio de control	750	1400
	Celdas cuya parte posterior se encuentra frente a la pared del edificio de control	750	1200
Distancia para tableros [mm]	Tableros en baja tensión cuya parte frontal se encuentra frente a la pared del edificio de control.	900	1000
	Tableros en baja tensión enfrentados entre sí	900	2000

Tabla 45. Distancias para celdas y tableros al interior del edificio o cuarto de celdas.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 120 de 168

20. DISPOSICIÓN FÍSICA


En el diseño de la disposición física, se deberá tener en cuenta:

- El área disponible, y la forma del terreno o lote donde se emplazará la subestación, dado que la forma podrá ser perfectamente cuadrado o también podrá ser irregular, por lo que se necesitará realizar una disposición especial.
- El diagrama unifilar de la subestación.
- Las características físicas y técnicas de los equipos de media tensión a utilizarse en la instalación, así como los gabinetes o celdas a instalar en caso de optar por una configuración tipo interior.
- Las distancias mínimas y de seguridad en función del nivel de aislamiento que se requiera.
- Los accesos para la correcta circulación dentro de la instalación tanto para personal como para vehículos.
- La facilidad para las labores de mantenimiento, ensamble y desmonte de los equipos y estructuras.
- En las edificaciones se considerará la apertura de las puertas para salidas en caso de emergencia, visualización del patio y acceso a equipos.

En la disposición física de los equipos, se deberá generar planos con una vista tanto en planta de la instalación, como planos donde se visualice el corte de la vista lateral de la subestación. En los planos de vista planta, conviene presentar con línea segmentada los correspondientes cortes de la vista lateral. Estos planos deberán presentar al detalle las distancias de separación entre los diferentes equipos, así como la altura y forma de conexión entre ellos. Para el caso de las subestaciones objeto del presente documento, en la mayoría de los casos se usará tanto en los barrajes, como en la conexión entre los equipos, conductores flexibles, por motivos sísmicos, siendo el conductor rígido o de tubo, usado en casos excepcionales justificando de forma clara y aprobada por los entes regulatorios correspondientes.

20.1. ANCHO DE BARRA

Para determinar el ancho de barra, se colarán los descritos en el **Anexo 5** de la Circular **038-2014** de la **CREG**, que establece que se debe determinar un valor básico de **900 mm** para subestaciones nivel 2 y 3 tipos exteriores. Además, este anexo dicta que para efectos prácticos se asume una distancia entre fases que puede llegar a ser de **1000 mm** mínimo debido a la aproximación entre vanos que se podría presentar en una situación de cortocircuito. Para determinar el ancho de barra se tiene la siguiente ecuación:

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 121 de 168

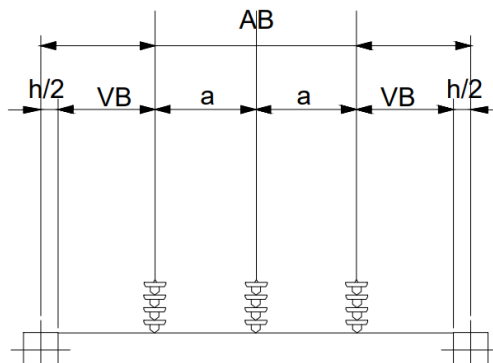


Figura 32. Ancho de barra determinado por la separación entre fases.

$$AB = 2 * a + 2 * VB + h \quad (7)$$

Donde

[a] Es la separación entre fases (1000 mm mínimo)

[VB] Valor básico (900 mm)

[h] Ancho de la columna

20.2. ANCHO DE CAMPO

Cuando se tiene la estructura del pórtico adyacente a un equipo de patio, el ancho de campo se determina considerando un valor básico de **600 mm**, la mínima separación entre fases (determinada por el equipo adyacente).

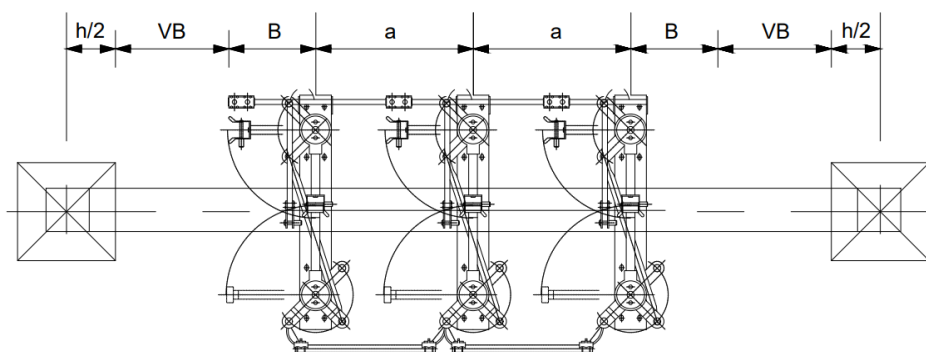



Figura 33. Ancho de campo determinado por la estructura adyacente a los equipos.

$$AC = 2 * a + 2 * VB + B + h \quad (8)$$

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 122 de 168

Donde

[a] Es la separación entre fases (1000 mm mínimo)

[VB] Valor básico (160mm y 320 mm para **13.8 kV** y **34.5 kV** respectivamente)

[B] proyección de la longitud de los brazos del seccionador en su apertura total (0 mm)

[h] Ancho de la columna

En la practica el ancho mínimo para subestaciones nivel 2 y 3 se aproxima a un valor cerrado.

20.3. ALTURA DE CAMPO

Se determinará por el número de niveles de conexión requeridos en la configuración de la subestación.

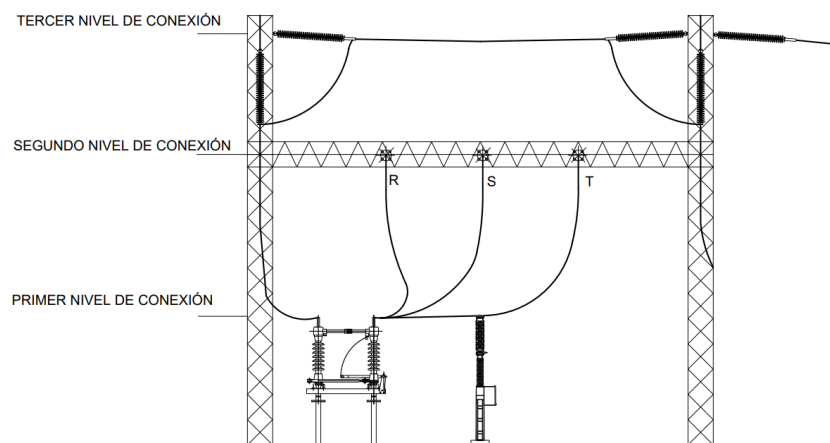


Figura 34. Altura de campo.

- Primer nivel de conexión


$$\text{Primer Nivel} = VB + 2250 \text{ mm (Valor Básico + Brazos estirados verticalmente)} \quad (9)$$

- Segundo nivel de conexión

Este estará conformado por la altura del barraje de la subestación, la altura de este nivel deberá ser superior a la del primer nivel en por lo menos la distancia de **MANO ALZADA SOBRE EL PLANO DE TRABAJO** sumando al valor básico.

$$\text{Segundo nivel} = \text{Primer nivel} + VB + 1250 \text{ mm} \quad (10)$$

- Tercer nivel de conexión

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 123 de 168

Este nivel será conformado por la altura de los pórticos de la subestación, su altura deberá ser superior a la del segundo nivel en al menos la distancia de **BRAZOS ESTIRADOS VERTICALMENTE**, sumado al valor básico.

$$\text{Terceer nivel} = \text{Segundo nivel} + VB + 2250 \text{ mm} \quad (11)$$

20.4. LONGITUD DE CAMPO

La longitud de campo estará determinada por la configuración de la subestación y por las distancias entre los equipos que la conforman. Esta distancia no estará determinada por las distancias mínimas o de seguridad, sino que se determinaran en base a razones de mantenimiento, montaje y estética. En base a la experiencia de diseño de este nivel, la longitud de campo que se puede encontrar oscila entre los **8000 mm y 14000 mm**, según sea la configuración que esta tenga, permitiendo que con estas distancias se tengan espacios de seguridad adecuados y conservativos en línea con las normas técnicas vigentes. Teniendo una distancia promedio entre los equipos de **1000 mm**, con una longitud de campo de aproximadamente **12000 mm**.

20.5. VERIFICACIÓN DE ÁREAS

En base a las dimensiones previamente vistas para el campo, se puede determinar un área aproximada para subestaciones de tipo convencionales de la siguiente forma:

$$\text{Ancho de bahia de línea} = \text{Ancho de campo} * \text{Longitud de campo} \quad (12)$$

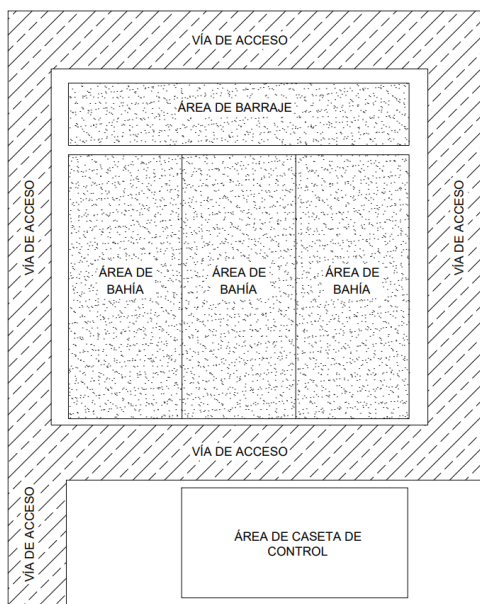




Figura 35. Distribución típica para subestacion de tipo convencional exterior.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 124 de 168

El largo de la subestacion tomará en cuenta aspectos como las vías de acceso (el cual debe garantizar el acceso de vehículos tipo camabaja para la instalación del transformador), el ancho de la caseta de control que dependerá del cuarto dispuesto para la planta de emergencia y el ancho de los barrajes.

$$Largo = Largo\ de\ Via + Ancho\ Caseta + Ancho\ de\ barraje \quad (13)$$

Mientras que el ancho dependerá de:

$$Ancho = Ancho\ de\ Vias + Ancho\ de\ todas\ labhias \quad (14)$$

Para verificar los valores típicos que se tienen para este tipo de subestaciones, el **Anexo 5 de la Circular 038-2014 de la CREG** presenta el cálculo de las dimensiones del módulo común para subestaciones de tipo convencionales.

20.6. CASETA DE CONTROL SUBESTACIONES CONVENCIONALES

La caseta se control para las subestaciones convencionales deberá contar con las siguientes áreas:


- Sala de control y/o Celdas (esta última en caso de optar por una configuración tipo interior)
- Cuarto de servicios auxiliares
- Cuarto para la planta de emergencia
- Cuarto de banco de baterías
- Baño sencillo para el personal que esté presente

Las paredes deberán ser en ladrillo prensado, el piso en placa de concreto y la cubierta en concreto de mínimo **120 mm** y la altura mínima será de **3500 mm**. El espacio en los cuartos de control deberá diseñarse de modo que este proyectando un mínimo de 30% de espacio libre para reservas en equipos de control y protección y/o celdas.

En el cuarto principal se alojarán los equipos propios de la subestacion como celdas (en caso de que se opte por instalar los equipos de interrupción y medida al interior de estas), tableros de control, gabinetes de comunicaciones, gabinetes para la calidad de la potencia, HMI, etc.

El cuarto de baterías deberá tener acceso desde el exterior de la edificación. Si las baterías son del tipo plomo acido tradicional, el cuarto deberá contar con rejillas de ventilación, una ducha y un extractor de aire, si el banco de baterías es del tipo plomo acido gelificado selladas u otro tipo que no genere gases, el cuarto deberá ser cerrado y contar con un ducto independiente de aire acondicionado para que la temperatura de mantenga por debajo de los 25°C

La planta de emergencia al igual que el cuarto de baterías, deberá contar con acceso desde el exterior con una rampa de concreto. La ventilación requerida se deberá realizar a través de vacíos en el muro de fachada y de la puerta de acceso que sea en reja metálica o celosía.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 125 de 168

Es importante que la cimentación de este cuarto este aislado del resto de la estructura para minimizar la transmisión de vibraciones.

A continuación, se presenta un esquema típico para la disposición de la caseta de control.

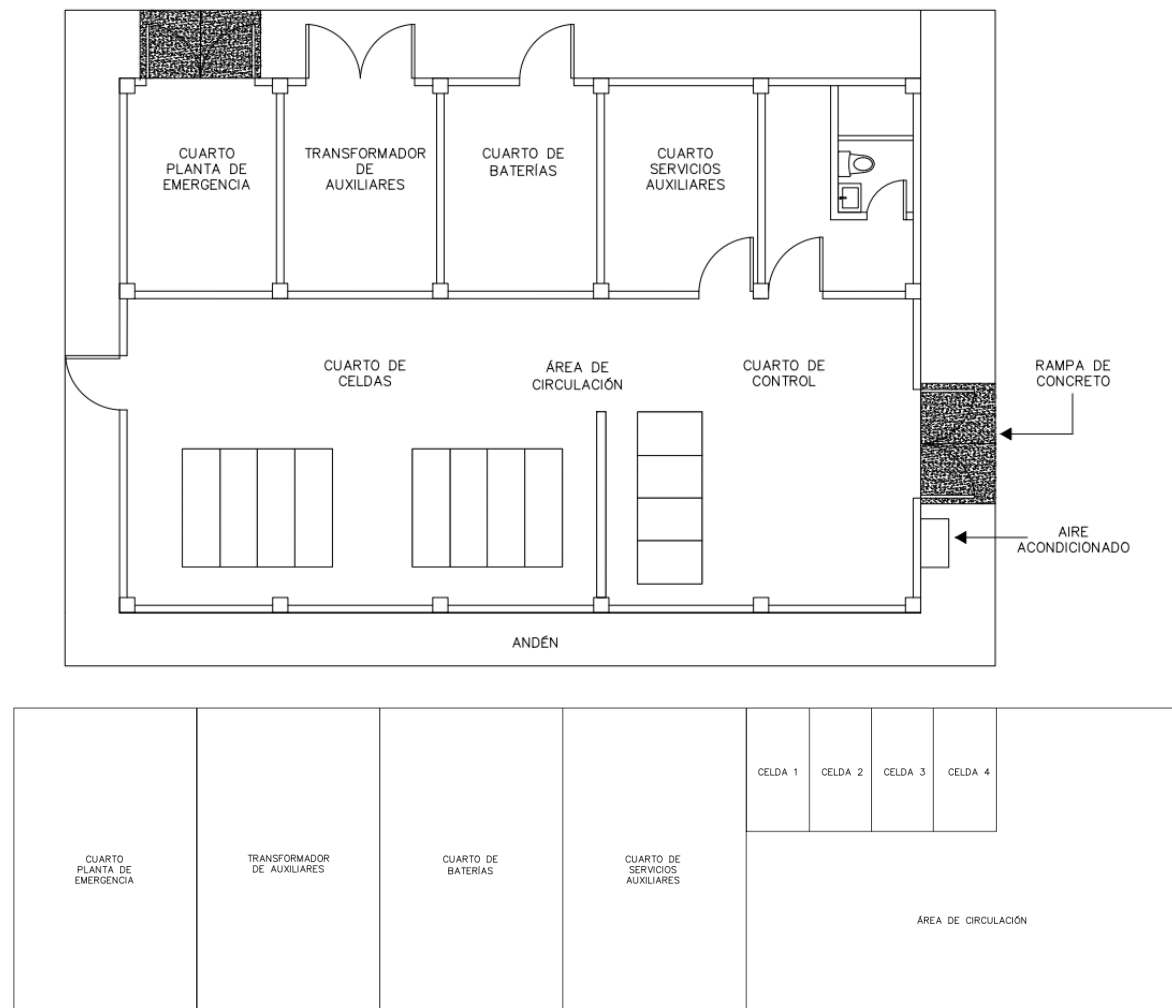



Figura 36. Disposición típica para caseta de control.

20.7. DISPOSICIÓN SUBESTACIONES TIPO EXTERIOR

A continuación, se presentan los esquemas típicos con la disposición en vista de planta y corte de los equipos de patio para subestaciones tipo exterior según las diferentes configuraciones utilizadas en este nivel de tensión. Es importante señalar que la conexión entre equipos deberá tener holgura suficiente de modo que en caso de actividad sísmica no se produzca un efecto tipo “tirón” o “látigo” que pueda comprometer la integridad de los equipos o porcelanas.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 126 de 168

20.7.1. CONFIGURACIÓN BARRA SENCILLA

BAHÍA DE LÍNEA		
	EQUIPOS	CANTIDAD
	DPS	3
	Interruptor	1
	CT	3
	PT	3
	Seccionador tripolar	1
	Seccionador tripolar con cuchilla de puesta a tierra	1
	BAHÍA DE TRANSFORMADOR	
	EQUIPOS	CANTIDAD
	DPS	3
	Interruptor	1
	CT	3
	PT	3
	Seccionador tripolar	1
	Seccionador tripolar con cuchilla de puesta a tierra	0

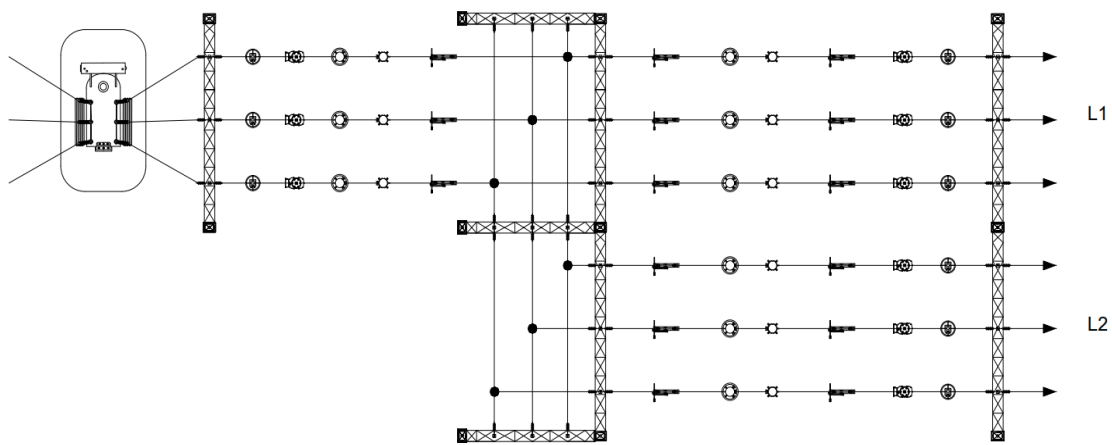


Figura 37. Vista de planta configuración barra sencilla.

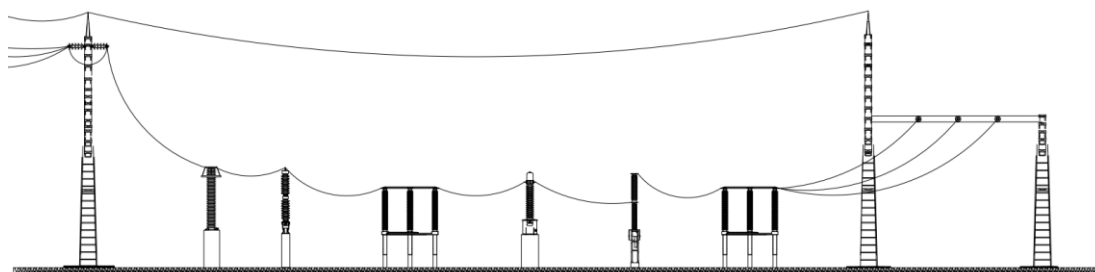



Figura 38. Perfil bahía de línea configuración barra sencilla.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 127 de 168

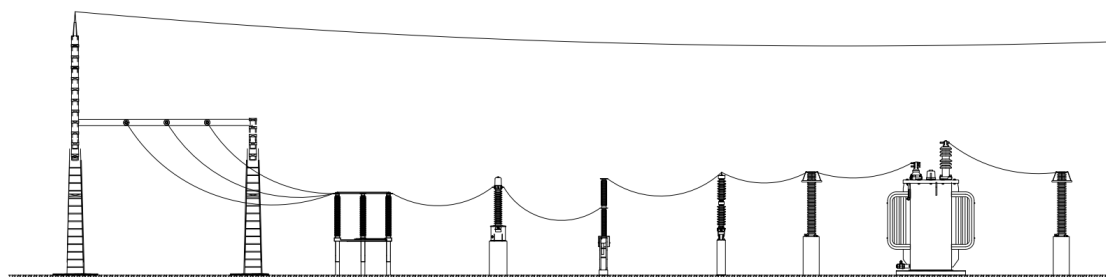
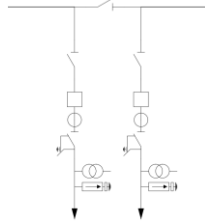


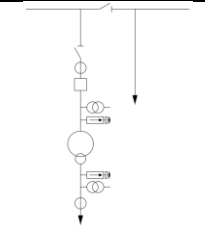
Figura 39. Perfil bahía de transformador configuración barra sencilla.

20.7.2. CONFIGURACIÓN BARRA SENCILLA SECCIONADA

BAHÍA DE LÍNEA

	EQUIPOS	CANTIDAD
	DPS	3
	Interruptor	1
	CT	3
	PT	3
	Seccionador tripolar	2
	Seccionador tripolar con cuchilla de puesta a tierra	1

BAHÍA DE TRANSFORMADOR

	EQUIPOS	CANTIDAD
	DPS	3
	Interruptor	1
	CT	3
	PT	3
	Seccionador tripolar	2
	Seccionador tripolar con cuchilla de puesta a tierra	0

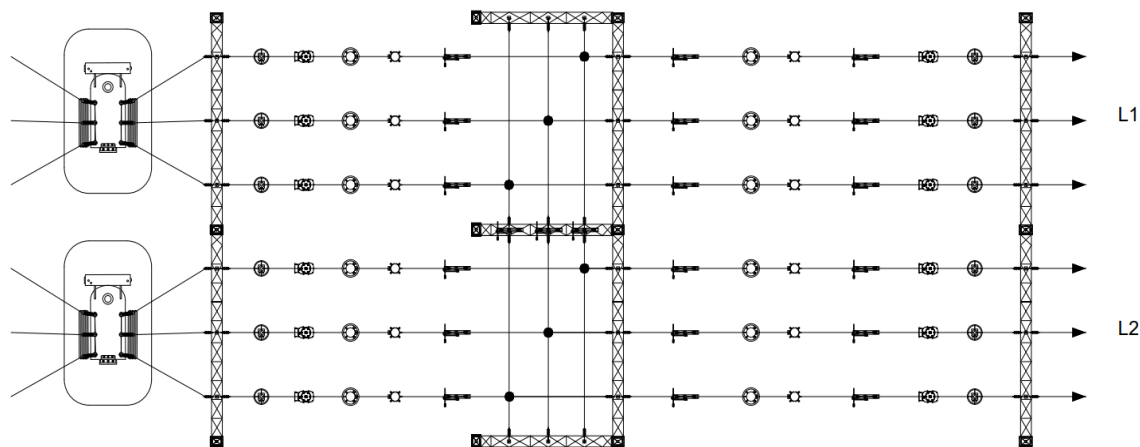



Figura 40. Vista de planta configuración barra sencilla seccionada.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 128 de 168

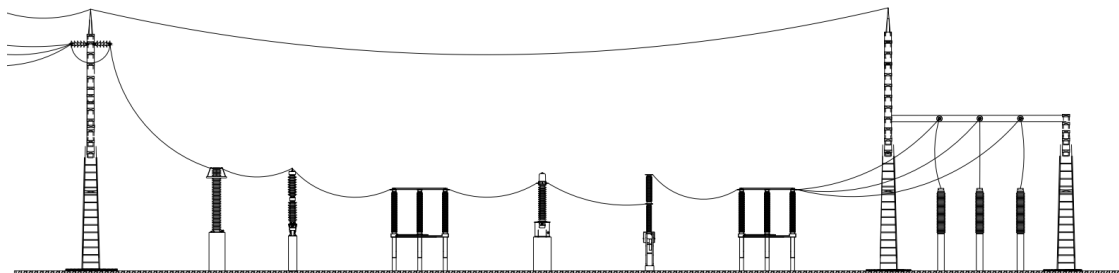


Figura 41. Perfil bahía de línea configuración barra sencilla seccionada.

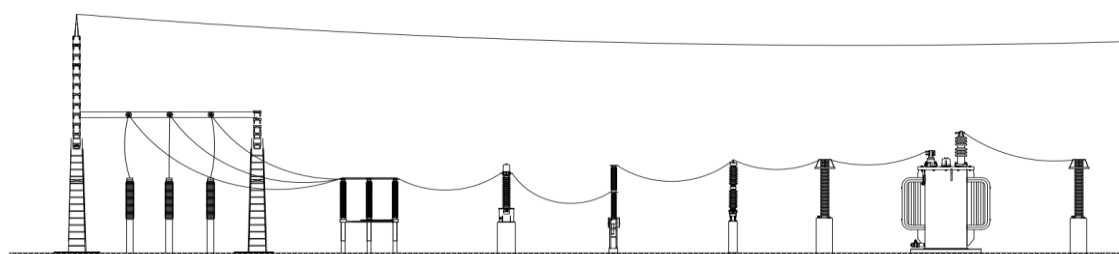


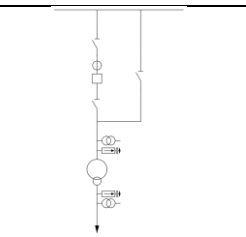
Figura 42. Perfil bahía de transformador configuración barra sencilla seccionada.


20.7.3. CONFIGURACIÓN BARRA SENCILLA CON SECCIONADOR DE BY-PASS

BAHÍA DE LÍNEA

	EQUIPOS	CANTIDAD
	DPS	3
	Interruptor	1
	CT	3
	PT	3
	Seccionador tripolar	3
	Seccionador tripolar con cuchilla de puesta a tierra	0

BAHÍA DE TRANSFORMADOR

	EQUIPOS	CANTIDAD
	DPS	3
	Interruptor	1
	CT	3
	PT	3
	Seccionador tripolar	3
	Seccionador tripolar con cuchilla de puesta a tierra	0

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		Fecha de emisión: 21/02/2024	
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
	Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 129 de 168

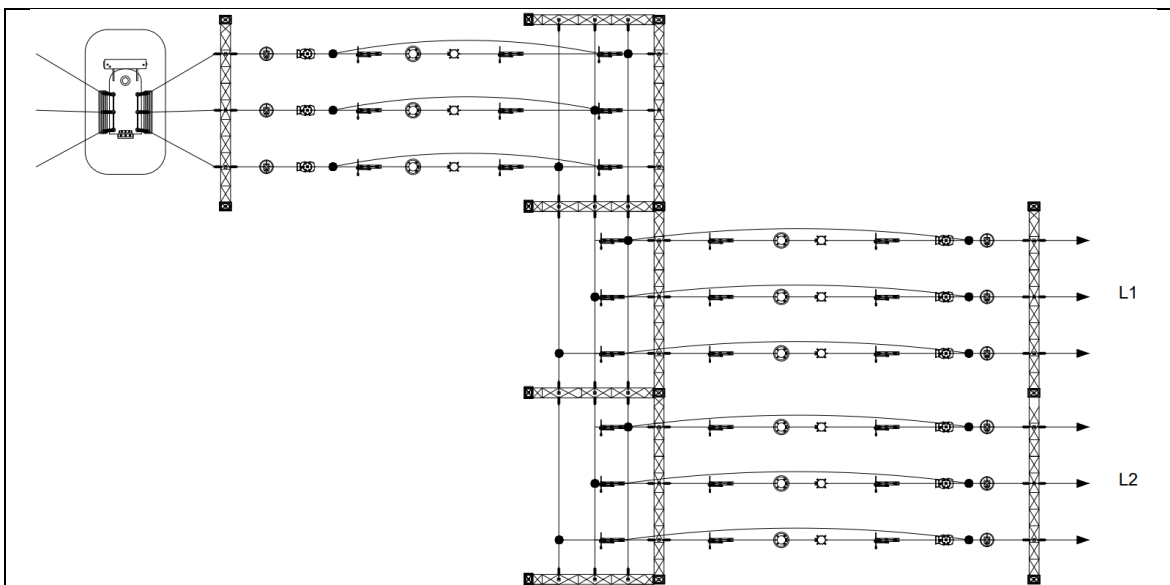


Figura 43. Vista de planta configuración barra sencilla con seccionador de By-Pass.

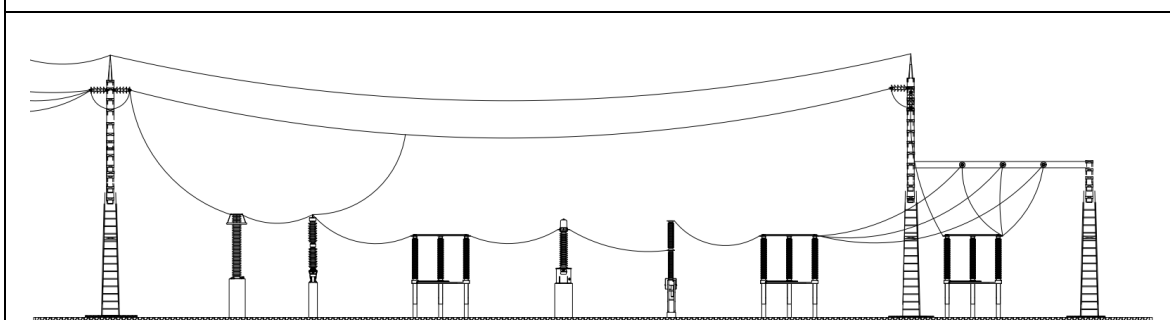


Figura 44. Perfil bahía de línea configuración barra sencilla con seccionador de By-Pass.

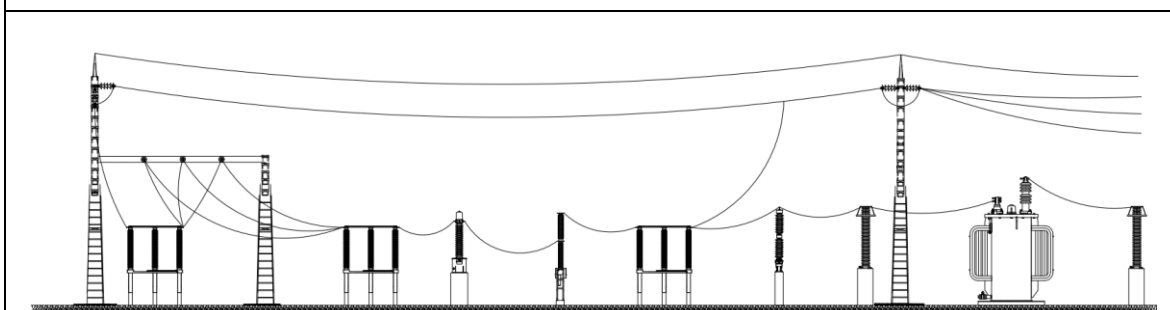



Figura 45. Perfil bahía de transformador configuración barra sencilla con seccionador de By-Pass.

Tabla 46. Equipos para configuración bahía de línea y transformador en barra sencilla con vista de planta y perfiles.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 130 de 168

20.7.4. CONFIGURACIÓN BARRA PRINCIPAL MÁS BARRA DE TRANSFERENCIA

BAHÍA DE LÍNEA		
	EQUIPOS	CANTIDAD
	DPS	3
	Interruptor	1
	CT	3
	PT	3
	Seccionador tripolar	3
	Seccionador tripolar con cuchilla de puesta a tierra	1
	BAHÍA DE TRANSFORMADOR	
	EQUIPOS	CANTIDAD
	DPS	3
	Interruptor	1
	CT	3
	PT	3
	Seccionador tripolar	3
	Seccionador tripolar con cuchilla de puesta a tierra	0

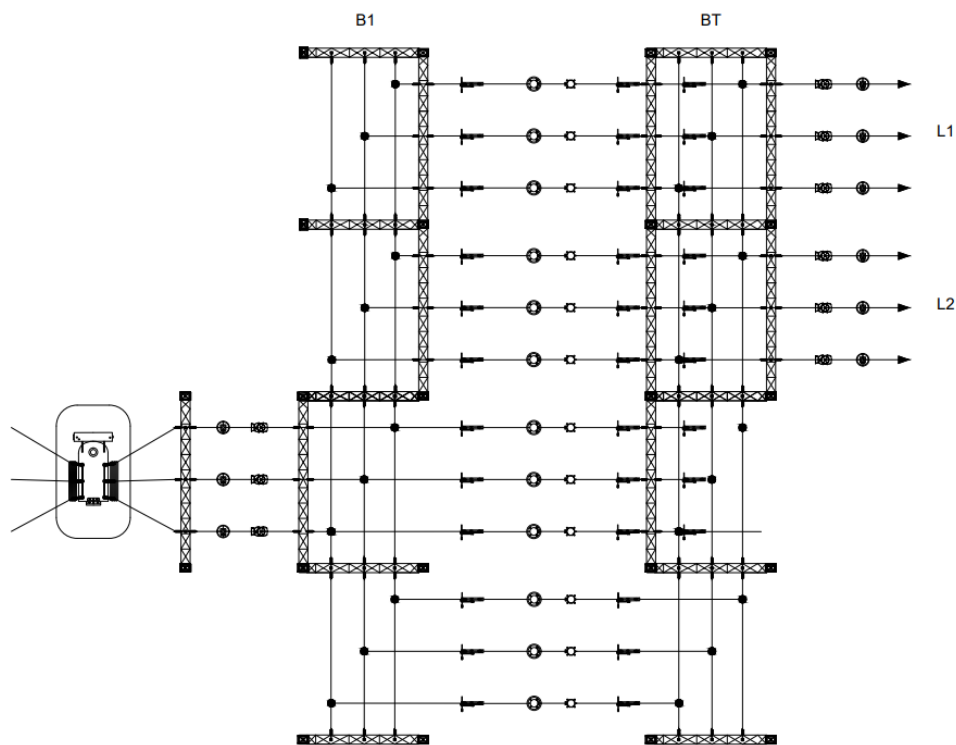



Figura 46. Vista de planta configuración barra principal más barra de transferencia.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 131 de 168

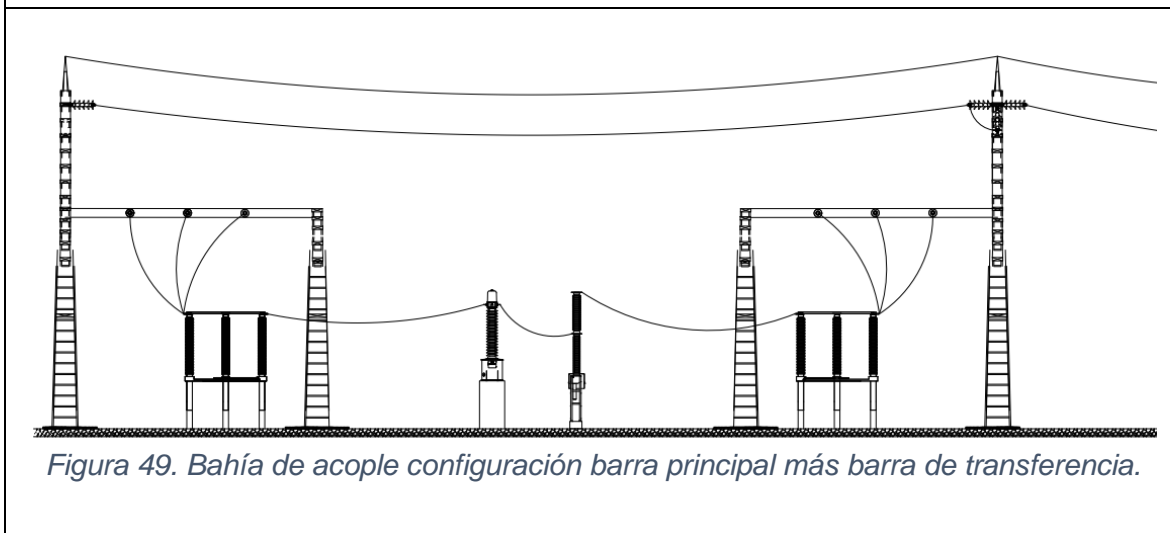
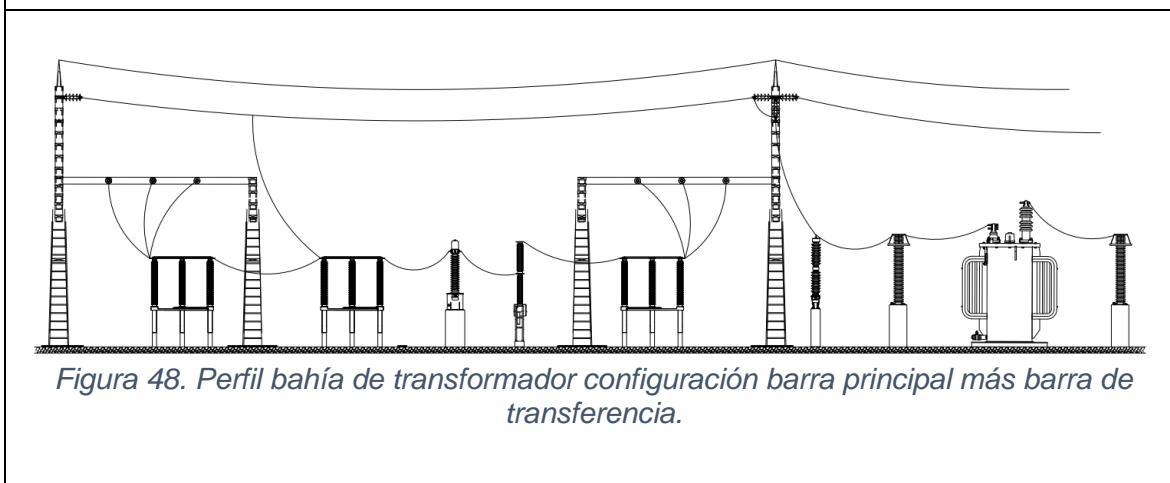
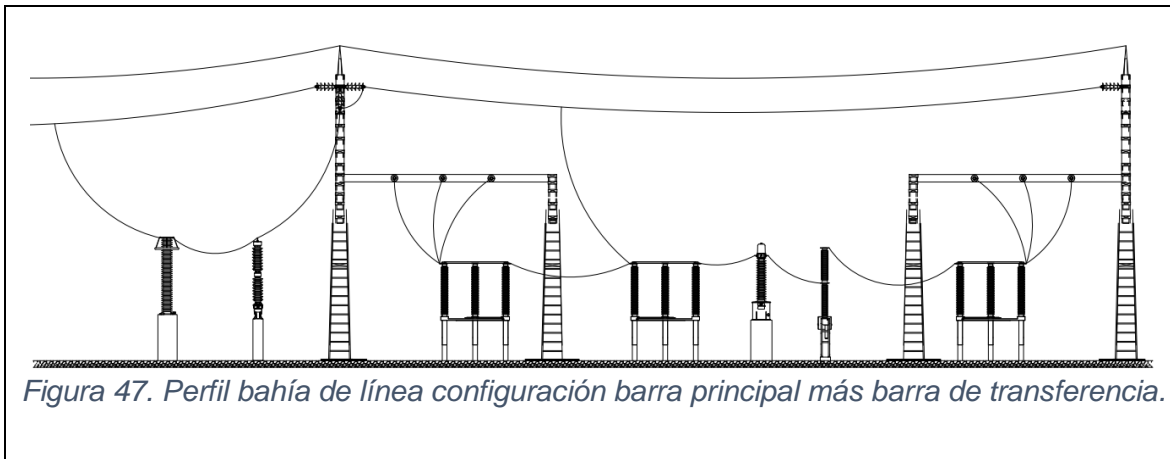



Tabla 47. Equipos para configuración bahía de línea y transformador en barra principal más barra de transferencia con vista de planta y perfiles.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 132 de 168

20.7.5. CONFIGURACIÓN DOBLE BARRA

BAHÍA DE LÍNEA		
	EQUIPOS	CANTIDAD
	DPS	3
	Interruptor	1
	CT	3
	PT	3
	Seccionador tripolar	2
	Seccionador tripolar con cuchilla de puesta a tierra	1
	BAHÍA DE TRANSFORMADOR	
	EQUIPOS	CANTIDAD
	DPS	3
	Interruptor	1
	CT	3
	PT	3
	Seccionador tripolar	2
	Seccionador tripolar con cuchilla de puesta a tierra	0

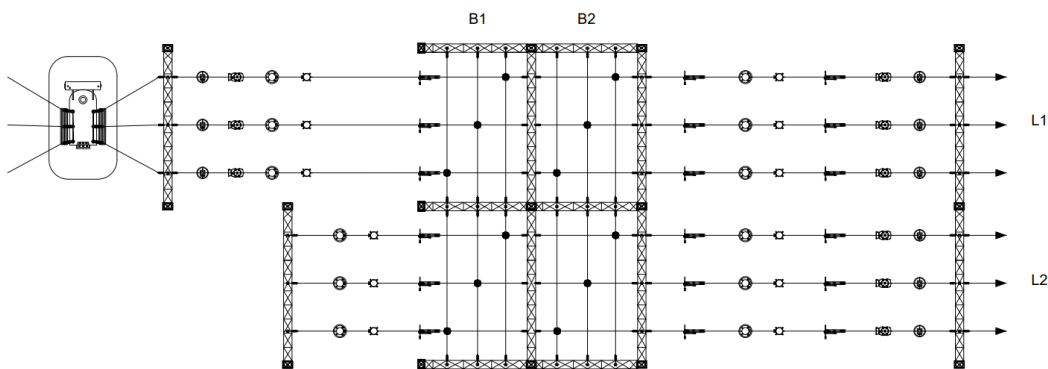



Figura 50. Vista de planta configuración doble barra.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 133 de 168

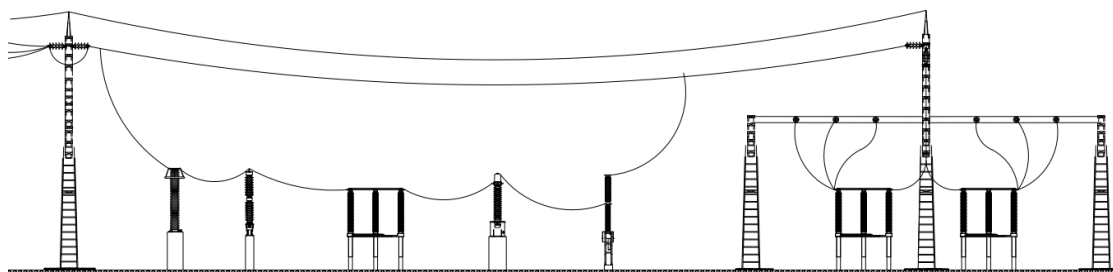


Figura 51. Perfil bahía de línea configuración doble barra.

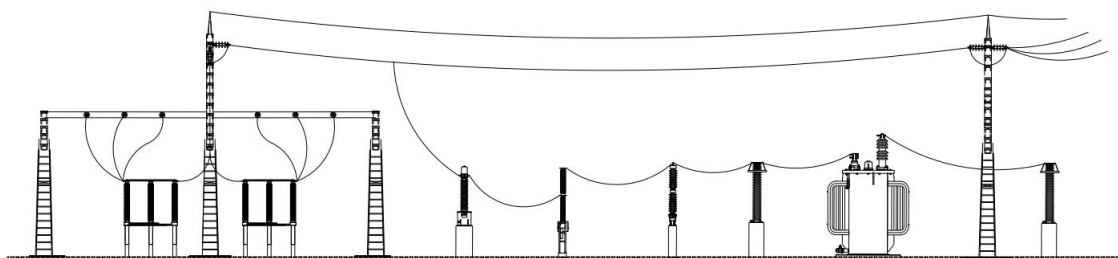


Figura 52. Perfil bahía de transformador configuración doble barra.

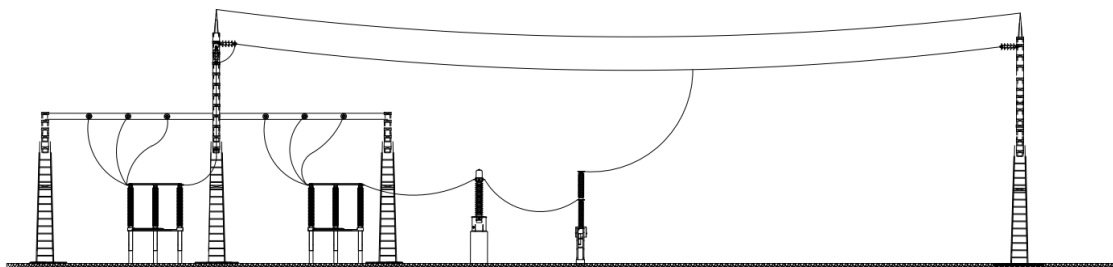



Figura 53. Figura 75. Bahía de acople configuración doble barra.

Tabla 48. Equipos para configuración bahía de línea y transformador en doble barra con vista de planta y perfiles.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 134 de 168

20.7.6. CONFIGURACIÓN DE DOBLE BARRA MÁS SECCIONADOR DE BY-PASS

BAHÍA DE LÍNEA		
	EQUIPOS	CANTIDAD
	DPS	3
	Interruptor	1
	CT	3
	PT	3
	Seccionador tripolar	4
	Seccionador tripolar con cuchilla de puesta a tierra	1
	BAHÍA DE TRANSFORMADOR	
	EQUIPOS	CANTIDAD
	DPS	3
	Interruptor	1
	CT	3
	PT	3
	Seccionador tripolar	5
	Seccionador tripolar con cuchilla de puesta a tierra	0

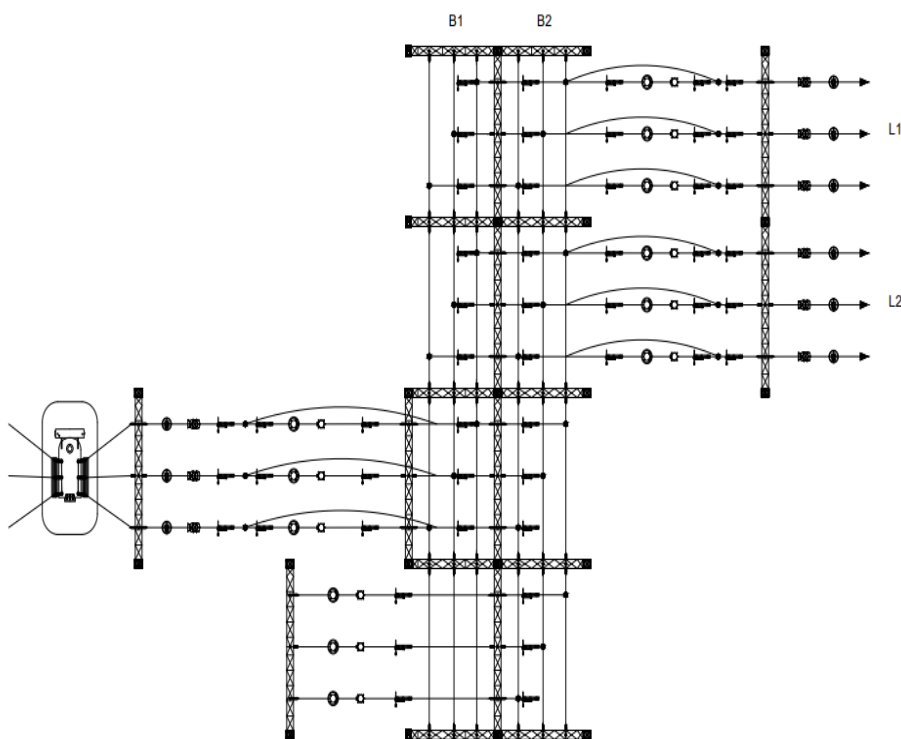



Figura 54. Vista de planta configuración doble barra más seccionador de By-Pass.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 135 de 168

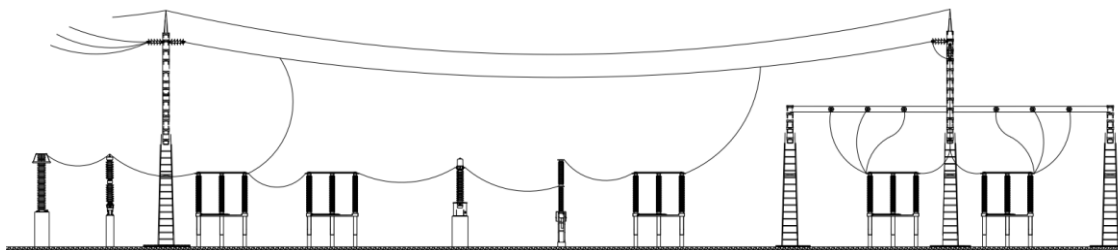


Figura 55. Perfil bahía de línea configuración doble barra más seccionador de By-Pass.

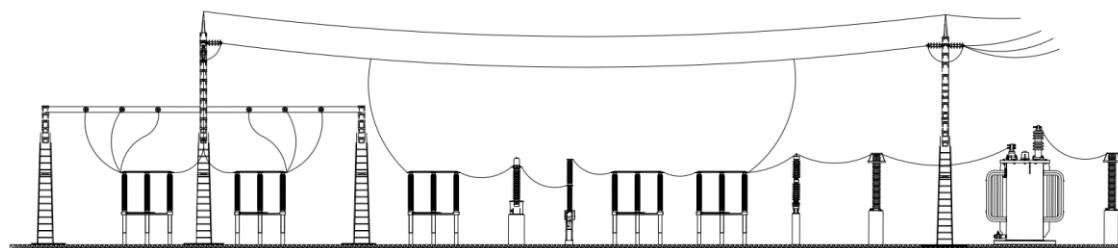


Figura 56. Perfil bahía de transformador configuración doble barra más seccionador de By-Pass.

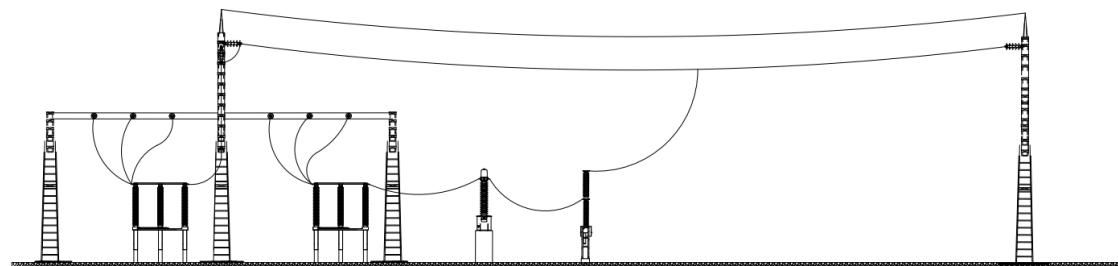



Figura 57. Perfil bahía de acople configuración doble barra más seccionador de By-Pass.

Tabla 49. Equipos para configuración bahía de línea y transformador en doble barra más seccionador de By-Pass con vista de planta y perfiles.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 136 de 168

21. SEÑALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN

Será de carácter obligatorio la implementación de señalización e identificación en la subestacion, específicamente señalización de riesgo eléctrico, identificación de fases, identificación de activos, e identificación de circuitos y nivel de tensión, esto con el fin de prevenir a las personas de peligros potenciales e informar acerca de las características de la instalación eléctrica.

21.1. SEÑAL DE RIESGO ELÉCTRICO

Deberá fijarse una señal con el símbolo de riesgo eléctrico en la entrada de la subestacion, y en la parte exterior del encerramiento. De igual forma, este deberá estar de forma adherida y visible permanentemente en tableros.

La señal de riesgo eléctrico deberá tener forma de triangulo equilátero, pictograma y borde de color negro, y fondo de color amarillo. Los valores típicos del lado del triángulo son **25, 50, 100, 200, 400, 600, y 900 mm**.



Figura 58. Señal de riesgo eléctrico.

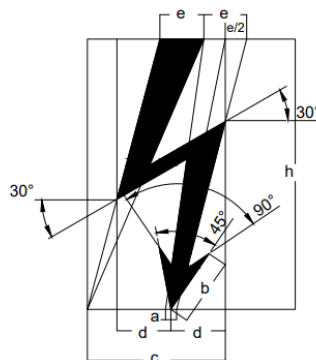



Figura 59. Dimensiones del pictograma de riesgo eléctrico³¹.

³¹ ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES. Art 6

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS			21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL			
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5	
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 137 de 168	

h	a	b	c	d	e
25	1	6,25	12,75	5	4
50	2	12,5	25,5	10	8
75	3	18,75	38,25	15	12
100	4	25	51	20	16
125	5	31	64	25	20
150	6	37,5	76,5	30	24
175	7	43,75	89,25	35	28
200	8	50	102	40	32

Tabla 50. Proporciones de las dimensiones del pictograma de riesgo eléctrico³².

21.2. IDENTIFICACIÓN DE FASES

Se deberá identificar las fases con las letras R, S y T con los colores rojo, amarillo y azul respectivamente. Se debe implementar esta identificación de fases en la subestacion, específicamente en equipos como transformadores, seccionadores, interruptores y barrajes. Para conductores aislados, es recomendable el uso de cinta de colores en los cables lo más cercano posible a los equipos.



Figura 60. Placa de identificación de fases³³.

21.3. CÓDIGO DE COLORES

Se deberá identificar cada una de las fases en el transformador de potencia, seccionador, interruptor, bahías, barrajes y transiciones aéreas-subterráneas. Para sistemas monofásicos, se deberá adoptar el mismo color de la fase que alimenta el circuito. El neutro se identificará con el color blanco y la tierra con el color verde o conductor desnudo; en ningún caso se deberá usar color blanco o verde para las fases.

FASE	COLOR
R	Rojo
S	Amarillo
T	Azul



Tabla 51. Código de colores para conductores en CA³⁴.

CONDUCTOR	CON CONDUCTOR		SIN CONDUCTOR MEDIO	
	TN-S	TN-C y T-T	TN-S	TN-C y T-T
Positivo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo

³² ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES. Art 6

³³ GUÍA DE REQUERIMIENTOS PARA SUBESTACIONES PROVISIONALES UTILIZADAS EN EL PROCESO DE NORMALIZACIÓN DE ACTIVOS DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.

³⁴ GUÍA DE REQUERIMIENTOS PARA SUBESTACIONES PROVISIONALES UTILIZADAS EN EL PROCESO DE NORMALIZACIÓN DE ACTIVOS DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 138 de 168

Negativo	Azul	Azul	Blanco	Blanco
Medio	Blanco	Blanco	No aplica	No aplica
Tierra de protección	Verde o Verde/Amarillo	No aplica	Verde o Verde/Amarillo	No aplica

Tabla 52. Código de colores para conductores en CC.³⁵



21.4. IDENTIFICACIÓN DE CIRCUITOS Y NIVEL DE TENSIÓN

Las salidas de línea y circuito de la subestacion de deberán identificar según las disposiciones del operador de red, y se deberá colocar en tableros y en puntos accesibles a conductores, una placa de identificación con el nivel de tensión respectivo.



22. REFERENCIAS

- [1] HMV Ingenieros, Subestaciones de alta y extra alta tensión, Segunda edición 2003.
- [2] Empresas Públicas de Medellín, ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA CABLES SEMIAISLADOS DE ALUMINIO PARA MEDIA TENSIÓN, Medellín Antioquia, Colombia, 2018.
- [3] Empresas Públicas de Medellín, ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA CABLE DE ALUMINIO AISLADO DE MEDIA TENSÓN, Medellín Antioquia, Colombia, 2018.
- [4] Empresas Públicas de Medellín, ESPECIFICACIÓN TÉCNICA CONDUCTORES DE COBRE AISLADO DE MEDIA TENSÓN, Medellín Antioquia, Colombia, 2014.
- [5] Empresas Públicas de Medellín, TABLEROS Y CELDAS DE MEDIDA, Medellín Antioquia, Colombia, 2012.
- [6] Electrificadora de Santander S.A E.S.P., ANEXO GENERAL PARA EJECUCIÓN DE OBRAS EN TODAS LAS SUBESTACIONES, Bucaramanga Santander, Colombia, 2016.
- [7] Ministerio de Minas y Energía, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS RESOLUCIÓN No. 015 DE 2018, Bogotá, D.C. Colombia , 2018.
- [8] Electrificadora de Santander S.A E.S.P., LINEAMIENTOS PARA LA CONFIGURACIÓN DE SUBESTACIONES, Bucaramanga Santander, Colombia, 2012.
- [9] Ministerio de Minas y Energía, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS RESOLUCIÓN No. 015 DE 2018, Bogotá, D.C. Colombia, 2008.


³⁵ GUÍA DE REQUERIMIENTOS PARA SUBESTACIONES PROVISIONALES UTILIZADAS EN EL PROCESO DE NORMALIZACIÓN DE ACTIVOS DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 139 de 168

- [10] Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico de Instalaciones Electricas, Actualizacion 2015.
- [11] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano, 1998.
- [12] Empresas Públicas de Medellín, DISPOSICIONES GENERALES PARA LOS LOCALES DE SUBESTACIÓN TIPO INTERIOR, Medellín Antioquia, Colombia, 2012.
- [13] Comiisión de Regulación de Energía y Gas, REVISIÓN UNIDADES CONSTRUCTIVAS DE SUBESTACIONES DEL STN, STR Y SDL, Medellín Antioquia, Colombia, 2014.
- [14] Universidad del Valle, «DISPOSICION FISICA O LAY-OUT,» Cali, Colombia.
- [15] Comisión de Regulación de Energía y Gas, «REVISIÓN UNIDADES CONSTRUCTIVAS DE SUBESTACIONES DEL STN, STR y SDL,» Medellín, Colombia , 2014.
- [16] M. E. R. MONTALVA, GUÍA PRÁCTICA PARA EL DISEÑO Y PROYECTO DE SUBESTACIONES DE ELTA TENSION EN CHILE, Santiago de Chile, 2021.
- [17] D. F. B. Zambrano, Guía de requerimientos para subestaciones provisionales utilizadas en el proceso de normalización de activos de la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P., Bucaramanga Santander, Colombia: Biblioteca UIS, 2023.

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 140 de 168

ANEXOS

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 141 de 168

23. ANEXO 1. CÁLCULO DE EFECTOS Y DEFINICIONES A CAUSA DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MÁXIMAS

La **IEC 60865-1**, establece expresa las condiciones necesarias que se deben aplicar a los efectos térmicos y mecánicos de las corrientes de cortocircuito. Así mismo, se da a conocer el procedimiento para el cálculo del efecto electromecánico sobre conductores rígidos y flexibles y para el cálculo del efecto térmico sobre conductores desnudos.

Teniendo en cuenta los métodos para la realización de los cálculos se puede estimar, las tensiones mecánicas en conductores rígidos, las fuerzas de tracción en conductores flexibles, las fuerzas sobre los aisladores y subestructuras, desplazamientos de los vanos de los conductores flexibles y el calentamiento de los conductores.

Las fuerzas electromecánicas son inducidas en los conductores por las corrientes que circulan a través de ellos. Estas fuerzas electromagnéticas interactúan sobre conductores paralelos, causan tensiones mecánicas que deben tenerse en cuenta en las subestaciones. Por esta razón, y a manera de ilustrar el procedimiento que allí se presenta, Se analizará las fuerzas entre conductores paralelos y las componentes de la fuerza electromecánicas que se producen en conductores curvados y/o cruzados de forma muy general dando que este tema no hace parte del alcance del presente documento, por lo que se recomienda profundizar este criterio en dicha norma.

Para el cálculo de los conductores paralelos largos, las fuerzas están uniformemente distribuidas a lo largo de los conductores y están expresadas por la siguiente ecuación:

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} i_1 i_2 \frac{l}{a} \quad (15)$$

Donde

$[i_1 \text{ e } i_2]$ Son los valores instantáneos de las corrientes en los conductores.


l Distancia entre los ejes de soporte.

a Distancia entre los ejes de los conductores.

Cuando las corrientes en los dos conductores tienen el mismo sentido, las fuerzas son de atracción. Cuando los sentidos de las corrientes son opuestos, las fuerzas son de repulsión.

23.1. CONDUCTORES RIGIDOS

Este tipo de conductores están soportados de diferentes maneras, mediante soportes fijos, simples o una combinación entre ambos. Teniendo en cuenta el tipo y número de soportes, las tensiones mecánicas en los conductores y las fuerzas sobre los soportes será distinto para la misma corriente de cortocircuito.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 142 de 168

Las tensiones mecánicas presentada en los conductores y las fuerzas que actúan en los soportes, van a depender de la relación entre la frecuencia propia del sistema mecánico y la frecuencia del sistema eléctrico. Un ejemplo claro es cuando existe resonancia, las fuerzas y tensiones mecánicas que actúan en el sistema se pueden amplificar. Si $\frac{f_{cm}}{f} < 0,5$ la respuesta del sistema decrece mientras que las tensiones mecánicas máximas están en las fases exteriores.

Donde

$[f_{cm}]$ Frecuencia propia de un conductor principal.

$[f]$ Frecuencia del sistema.

23.2. CÁLCULO DE FUERZAS ELECTROMAGNÉTICAS

Para el cálculo del valor de pico de la fuerza entre los conductores principales durante un cortocircuito trifásico, La fórmula que describe la fuerza máxima que actúa sobre el conductor principal central durante un cortocircuito trifásico está dada por:

$$F_{m3} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{\sqrt{3}}{2} i_p^2 \frac{l}{a_m} \quad (16)$$

Donde

$[i_p]$ Es el valor de cresta de la corriente de cortocircuito en el caso de un cortocircuito trifásico equilibrado. Se recomienda verificar la norma **IEC 60909-0** para su cálculo.

$[l]$ Es la distancia máxima entre ejes de soportes adyacente.

$[a_m]$ Es la distancia equivalente entre conductores principales.


Para el cálculo del valor de pico de la fuerza entre los conductores principales durante un cortocircuito bifásico, la fórmula que describe la fuerza máxima que actúa entre los conductores recorridos por la corriente de cortocircuito, durante un cortocircuito bifásico en un sistema trifásico, o un sistema monofásico de dos conductores, está dada por:

$$F_{m2} = \frac{\mu_0}{2\pi} i_{p2}^2 \frac{l}{a_m} \quad (17)$$

Donde

$[i_{p2}]$ Es el valor de la cresta de la corriente de cortocircuito si ocurre un cortocircuito bifásico

$[l]$ Es la distancia máxima entre ejes de soportes adyacentes.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 143 de 168

$[a_m]$ Es la distancia equivalente entre conductores principales.

23.3. CÁLCULO DE TENSIONES MECÁNICAS EN CONDUCTORES

Se debe tener presente que los conductores tienen que fijarse de tal modo que al momento de interactuar las fuerzas axiales puedan ser despreciables entre sí. La fórmula para el cálculo de las tensiones mecánicas de flexión causada por las fuerzas axiales está dada por:

$$\sigma_{m,d} = V_{\sigma m} V_{r m} \beta \frac{F_m l}{8 W_m} \quad (18)$$

Donde

$[F_m]$ es el valor de los sistemas trifásicos y sistemas monofásicos descritos en la ecuación (4) y (5).

$[W_m]$ es el módulo de sección del conductor principal y debe calcularse según las direcciones de las fuerzas entre conductores principales.

Un conductor único se supone que será capaz de soportar fuerzas de cortocircuito cuando:

$$\sigma_{m,d} \leq q f_y \quad (19)$$

Donde

$[f_y]$ Es la tensión mecánica respectiva al límite elástico.

$[q]$ Es el factor de la sección transversal.

La fórmula para la tensión mecánica total en un conductor que tiene dos o más subconductores está dada por:


$$\sigma_{tot,d} = \sigma_{m,d} + \sigma_{s,d} \quad (20)$$

Se asume que el conductor va a soportar las fuerzas de cortocircuito cuando:

$$\sigma_{tot,d} \leq q f_y \quad (21)$$

Se recomienda verificar y revisar que el cortocircuito no afecte la distancia que existe entre los subconductores, por tal razón es necesario tener presente que:

$$\sigma_{s,d} \leq f_y \quad (22)$$

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 144 de 168

23.4. CONDUCTORES AISLADOS

La norma **IEC 61936: 1 de 2021** establece que los conductores aislados se instalaran de forma tal que los voltajes de contacto estén dentro de los valores admisibles, o de modo que las piezas accesibles con tensiones de contacto inadmisibles estén protegidas contra dichos contactos mediante medidas adecuadas.

23.5. CONDUCTORES FLEXIBLES

Al tener una subestación con equipos de patio en donde existan conexiones entre los equipos de patio o entre los equipos de patio y la barra de forma área mediante conductores desnudos, en dado caso que se presente un cortocircuito todo va a tender a vibrar o moverse de manera brusca, en donde los efectos a causa de estos incidir en tres ejes principales que van a depender del tipo de instalación y de la conexión realizada, estos son: horizontal, vertical y perpendicular a los ejes anteriores. Además, Las tensiones mecánicas que se generan en las instalaciones con conductores flexibles a causa de los cortocircuitos bifásicos y en los cortocircuitos trifásicos equilibrados, son aproximadamente iguales.


En el caso de un cortocircuito bifásico, las fluctuaciones en los conductores generalmente hacen que la distancia mínima disminuya (es decir, cuando los conductores adyacentes se acercan entre si después del cortocircuito). Cuando se presenta un cortocircuito trifásico equilibrado, el conductor central se mueve ligeramente, su inercia y las fuerzas que actúan sobre él se alternaran en distintas direcciones.

23.6. EFECTOS TÉRMICOS SOBRE CONDUCTORES DESNUDOS

El calentamiento de los conductores debido a las corrientes de cortocircuito involucra varios fenómenos de carácter no lineal. Cuando ocurren eventos como cortocircuitos repetidos, que están separados por un corto intervalo de tiempo entre ellos (por ejemplo, reenganche automático rápido) es de poca importancia la refrigeración que se presenta durante el corto tiempo y el calentamiento que se presenta puede ser considerado adiabático.

23.7. CÁLCULO DE LA CORRIENTE TÉRMICA EQUIVALENTE DE CORTOCIRCUITO

Para poder calcular la corriente térmica equivalente de cortocircuito debe realizarse mediante lo establecido en la Norma **IEC 60909-0** utilizando el valor eficaz de la corriente de cortocircuito y las componentes continua y alterna de la corriente de cortocircuito. Si existe reenganche automático que genere varios cortocircuitos debe calcularse una corriente térmica equivalente de cortocircuito. Se debe tener presente que, para los sistemas monofásicos, la corriente térmica equivalente debe calcularse de acuerdo con lo establecido a la Norma **IEC 60909-0**.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 145 de 168

23.8. CALENTAMIENTO Y VALOR ASIGANDO DE LA DENSIDAD DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

El calentamiento de un conductor del conductor durante un cortocircuito depende de la duración de la corriente de cortocircuito, de la corriente térmica equivalente de corta duración y materiales conductores.

Las temperaturas máximas presente en un cortocircuito para diferentes conductores se expresan en la siguiente tabla. Cuando se alcanza esta temperatura, se produce la reducción en la resistencia mecánica insignificante que no supone riesgo para la seguridad en la operación. Se debe tener en cuenta la temperatura máxima permitida del soporte.



TIPO DE CONDUCTOR	TEMPERATURA MÁXIMA RECOMENDADA DE UN CONDUCTOR DURANTE UN CORTOCIRCUITO (°C)
Conductor desnudo, macizo o trenzado: cobre, aluminio o aleación de aluminio.	200
Conductor desnudo, macizo o trenzado: acero.	300

Tabla 53. Temperaturas máximas recomendadas de conductores sometidos a esfuerzos durante un cortocircuito.

24. ANEXO 2. OBRAS CIVILES

Las obras civiles en el diseño de subestaciones se refiere a las construcciones necesarias para la instalación de los equipos de la subestación, como lo son: vías interiores y de acceso de la subestación, drenajes de aguas lluvias y aguas negras, tipos y longitudes de cárcamos y ductos, ubicación de cajas de tiro, cerramientos, señalización interior y ubicación de casetas para el sistema contraincendios, cimentaciones de estructuras metálicas y equipos de foso y cimentación para transformadores y autotransformadores, muros corta fuego, etc. Estas obras civiles deben ser diseñadas y construidas con el fin de proporcionar una adecuada resistencia y durabilidad, ya que su función será imprescindible para el funcionamiento de los equipos de la subestación y para protegerlos de factores ambientales adversos, como la humedad y sismos.

Las obras civiles deben diseñarse para cumplir con la normativa y estándares sobre la construcción de infraestructura eléctrica, y también deberá considerar factores de seguridad, para evitar impactos negativos en el medio ambiente y comunidad cercana. Dentro de la normativa que engloba este aspecto en el diseño de subestaciones se tiene: **ACI (American Concrete Institute)**, **AASHTO (American Association of State Highways and Transportation Officials)**, **ASTM (American Society for Testing and Materials)**, **AWS (American Welding Society)**, **NFPA (National Fire Protection Association)**

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 146 de 168

24.1. ADECUACIÓN DEL SITIO

En esta actividad, se realizará trabajo de preparación en el terreno seleccionado para el levantamiento de la subestación, para ello se nivelará el terreno, se removerá material y se le dará la adecuada disposición, se construirán vías de acceso y circulación para el ingreso de vehículos que transporten los equipos y se instalarán cercas que delimiten el área entre otras actividades.

Es importante que se tengan en cuenta aspectos ambientales como la protección de zonas verdes, implementación de sistemas de drenaje para aguas lluvias, residual o negras, también sistemas de almacenamiento de combustibles y aceites.

La adecuación del sitio se deberá realizar en base con la siguiente información

- Estudios geotécnicos.
- Topografía del sitio.
- Urbanización del sitio con la implantación eléctrica.
- Áreas y accesos disponibles.

24.1.1. ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA LAS OBRAS CIVILES

Antes de iniciar con las adecuaciones del terreno, el ingeniero o personal encargado de esta tarea deberá considerar aspectos:



- Disposición física que tendrá la subestación.
- Los requerimientos de circulación vehicular.
- Ubicación de las edificaciones, patios a construir, zonas destinadas a equipos especiales y otros elementos que ocupará la subestación.

Es esencial considerar estos factores al determinar el diseño general del terreno. Cuando se conozcan las características del terreno y de la instalación, se debe desarrollar un diseño preliminar para las redes de drenaje y las vías de acceso según su disposición física, considerando las restricciones de pendiente durante esta fase de planificación. Este enfoque asegura que se logren resultados económicamente factibles a través de decisiones técnicamente sólidas.

24.1.2. PREDISEÑO

La verificación de la pendiente de un terreno es fundamental al diseñar su idoneidad, ya que determina si habrá un movimiento de suelo moderado o nulo. Por lo tanto, se deben considerar diferentes elevaciones y pendientes para adaptar mejor la construcción del patio a los paisajes naturales.

Lograr un equilibrio adecuado entre los materiales excavados y de relleno es crucial al considerar los factores técnicos y económicos relevantes. Este equilibrio debería reflejar las

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 147 de 168

fluctuaciones inherentes debido a los cambios de ubicación, así como los efectos generados por la compactación mecánica iterativa a lo largo del proceso.

Adicionalmente, si se incluyen fuertes taludes en el patio o taludes internos dentro de los mismos, esto podría implicar el rediseño de estructuras para evitar posibles alineaciones con barraje.

Otro criterio que se necesita considerar tendría en cuenta la posición que lleva el cuarto y/o edificio de control ya que se será preferible ubicar este de modo que permita tener un visual al patio en su totalidad.

24.1.3. OPTIMIZACIÓN DE LA ADECUACIÓN

En esta actividad se busca la mejor solución para el movimiento de tierras que resulta de la adecuación del terreno, por lo que se evalúan alternativas aumentando o disminuyendo las cotas que minimicen los costos de construcción y maximicen la eficiencia operativa, así como la estabilidad y seguridad de la subestación.

24.1.4. DISEÑO DEFINITIVO

Una vez se tenga la disposición física definitiva de la subestacion, así como los aspectos arquitectónicos, vías de acceso y la adecuación técnica y económica más favorable, se realizan los planos para la adecuación del terreno, donde se deberán presentar las secciones de corte, taludes y obras de protección necesarias tanto en vista de planta como en perfil.


24.2. DRENAJE

Para el diseño del sistema de drenaje de la subestación se deberá realizar en base a la siguiente información:

- Estudios geotécnicos
- Topografía del terreno
- Urbanización del terreno

24.2.1. ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA EL DRENAJE

Una vez se tenga lista la adecuación del terreno y se cuente con la disponibilidad del espacio entre cimentaciones, se deberá garantizar que con el sistema de drenaje se recolecte las aguas lluvias de toda el área de la subestación y de las áreas afines a ella, para ello se realizará un estudio hidrológico en donde se pueda analizar el comportamiento de las aguas pluviales de la zona y se evaluarán las precipitaciones, caudales máximos, estimación de duración de las lluvias y otros factores, para así determinar un estimado de

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 148 de 168

los volúmenes de agua que pueden caer en la subestación. De forma general se utilizan trincheras drenantes o filtros al interior del patio, cunetas para drenar el agua proveniente de taludes y zonas aledañas, sumideros o cunetas para el drenaje de las vías y colectores para recoger, transportar y disponer en los sitios adecuados todo el sistema de drenaje. Se deberán considerar además aspectos técnicos y económicos que conduzcan a una solución adecuada y con base en la disposición física y en las necesidades que se originen a partir de las características técnicas, se deberá realizar un trazado de la red de filtros, colectores y cunetas teniendo siempre presente que estas no interfieran con el proceso constructivo de otras obras como los son cárcamos, fosos de aceite, malla a tierra, etc. Para el correcto dimensionamiento de los elementos del sistema de drenaje se deberá realizar el cálculo de aspectos como:


- Caudal de diseño.
- Capacidad de los colectores y cunetas.
- Tuberías para filtros y colectores.
- Cunetas.
- Estructuras de inspección y redes.

24.3. VÍAS

En la adecuación del terreno, la construcción de las vías de acceso e internas será importante, pues permitirán acceder a diversas áreas de la subestación como patio y edificaciones, y el ingreso de vehículos de transporte de equipos durante el proceso constructivo o mantenimiento de esta. Por lo que es crucial realizar un diseño adecuado de modo que permita la libre circulación de estos vehiculos y no interrumpa con la operación de la subestacion o inclusive provoque algún tipo de daño.

24.4. CIMENTACIONES

Las cimentaciones de las estructuras metálicas de soporte para conductores y equipos es un componente crucial que garantiza una transmisión segura y estable de las cargas al suelo. En la construcción de subestaciones, estos cimientos se consideran una obra civil significativa a pesar de su estructura relativamente liviana en comparación con los cimientos de los edificios. Se diferencian de las bases de construcción típicas porque deben soportar varios tipos de carga dinámica o estática, incluidos componentes mecánicos pesados junto con cargas de viento o fuerzas sísmicas. Por lo tanto, el diseño de cimentaciones robustas capaces de soportar el estrés continuo garantizará una estabilidad prolongada dentro de las subestaciones a lo largo del tiempo.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 149 de 168

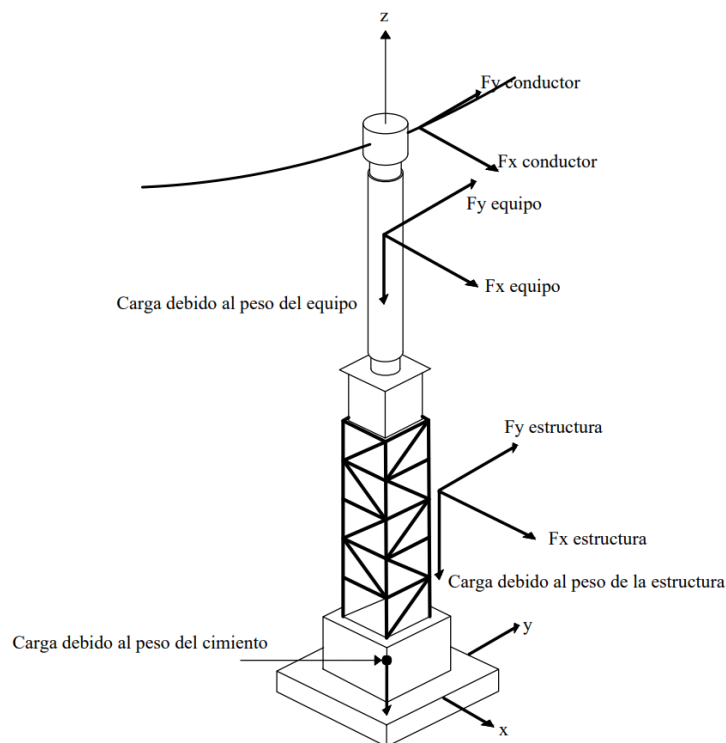


Figura 61. Cargas en equipos y cimentaciones³⁶.


Algunas de las recomendaciones a la hora de realizar el diseño de las cimentaciones son:

- Las cargas para el dimensionamiento de las cimentaciones deberán ser cargas de trabajo
- Para interruptores, existen cargas dinámicas debidas a la apertura y cierre del equipo y cuya acción es en el sentido vertical y representará un porcentaje considerable del peso del equipo.
- Las estructuras deberán ser fijadas adecuadamente a la cimentación.
- Para cimentaciones superficiales, el dimensionamiento de las losas de cimentación se determinará mediante los requerimientos de estabilidad y el resultado del control de las presiones transmitidas al suelo en caso de que el suelo sea muy blando.
- El diseño de las cimentaciones deberá considerar los efectos biaxiales de las cargas que producen presiones máximas en las esquinas de la cimentación.

24.5. CARRILERAS

Las carrileras serán parte de la bahía donde se instalará el transformador y/o autotransformador, esto con el objetivo de manejar estos equipos de gran tamaño al interior de la subestacion cuando se requiera sacarlo por cuestiones de mantenimiento o

³⁶ SUBESTACIONES DE ALTA Y EXTRA ALTA TENSIÓN. MEJIA VILLEGAS S.A. INGENIEROS CONSULTORES

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 150 de 168

simplemente remplazo. El trazado de las carrileras en el plano de planta deberá efectuarse a modo de satisfacer la necesidad de movilizar el equipo desde el punto de descarga hasta su ubicación final, lo que dependerá también de las posibilidades de moverse al vehículo de transporte al interior de la instalación y del método de descarga. Al no ser el objetivo principal de la guía, para profundizar en lo que se refiere a las obras civiles, se recomienda consultar la norma **ASTM A759** donde se especifican los requisitos que deberán cumplir las carrileras.

24.6. FOSOS Y MUROS CORTAFUEGO

Dado que algunos equipos en la subestacion como los transformadores u otros equipos que contengan pueden contener aceites, existe la posibilidad de que dicho aceite se derrame por fallas en el equipo, por lo que se hace necesario diseñar en el sitio de cimentación de estos equipos un foso que permita recolectar el aceite derramado, y que además posea un tanque que separe y almacene el aceite derramado mediante un sistema de descarga desde el foso. A esto se le debe sumar la posibilidad de que alguno de los equipos se encuentre cerca de alguna de las edificaciones que tendrá la subestacion, lo que se hará necesario levantar un muro cortafuego. Las normas **IEEE Std 979 y ANSI/NFPA 850** establecen los requisitos mínimos que se deberán tener en cuenta según sea la cantidad de aceite del equipo y la separación de este a los edificios u otros equipos.

A continuación, se presenta un esquema típico del foso para el transformador de potencia

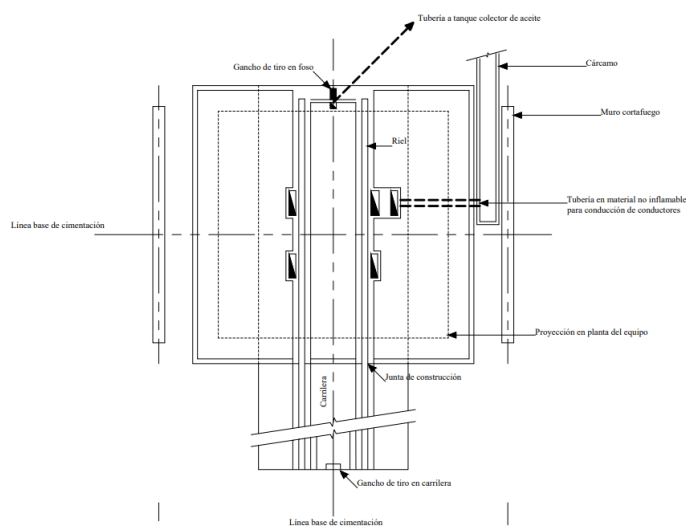



Figura 62. Vista de planta del foso.³⁷

³⁷ SUBESTACIONES DE ALTA Y EXTRA ALTA TENSIÓN. MEJIA VILLEGAS S.A. INGENIEROS CONSULTORES.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 151 de 168

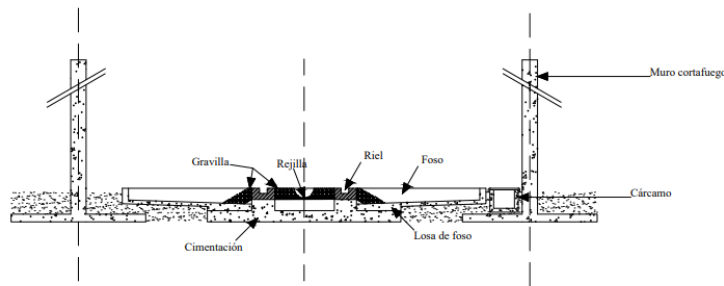



Figura 63. Vista de corte del foso.³⁸

24.7. EDIFICACIONES

Las edificaciones que se tendrán en la subestación podrán ser de distintos tipos y tener diversos usos, ya sea como edificio de control, portería y parqueaderos, esto se determinará por parte del equipo de diseño según sean las necesidades y características del proyecto e irá en concordancia con la disponibilidad que presente el terreno seleccionado para el levantamiento de la subestación. Para esto se deberá contar con un prediseño donde especifique la configuración de la subestación y la cantidad y disposición de equipos que tendrá, de modo que se pueda establecer que funcionalidad se les dará a las posibles edificaciones, por ejemplo, si estas servirán de almacén de repuestos y equipos, si alguna funcionará como taller de reparación o reposición de equipos o para alojar al personal operativo si es necesario.

Adicional a esto, se deberá considerar la seguridad, confort y estética a fin de que las edificaciones se integren de la mejor forma con el entorno alrededor de la subestación. Así mismo, es importante definir de forma adecuada dentro del presupuesto del proyecto, un porcentaje significativo del mismo, debido a que los costos dependerán del tipo de edificación, tamaño, materiales y acabados utilizados, así como los requisitos específicos para su construcción en el terreno. También será importante que se consideren los costos de mantenimiento y operación de las edificaciones a largo plazo, ya que estos pueden ser también significativos.

³⁸ SUBESTACIONES DE ALTA Y EXTRA ALTA TENSIÓN. MEJIA VILLEGAS S.A. INGENIEROS CONSULTORES.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 152 de 168

25. ANEXO 3. TIPOS DE ESQUEMAS DE CONEXIÓN DE BARRAS

25.1. BARRA SENCILLA

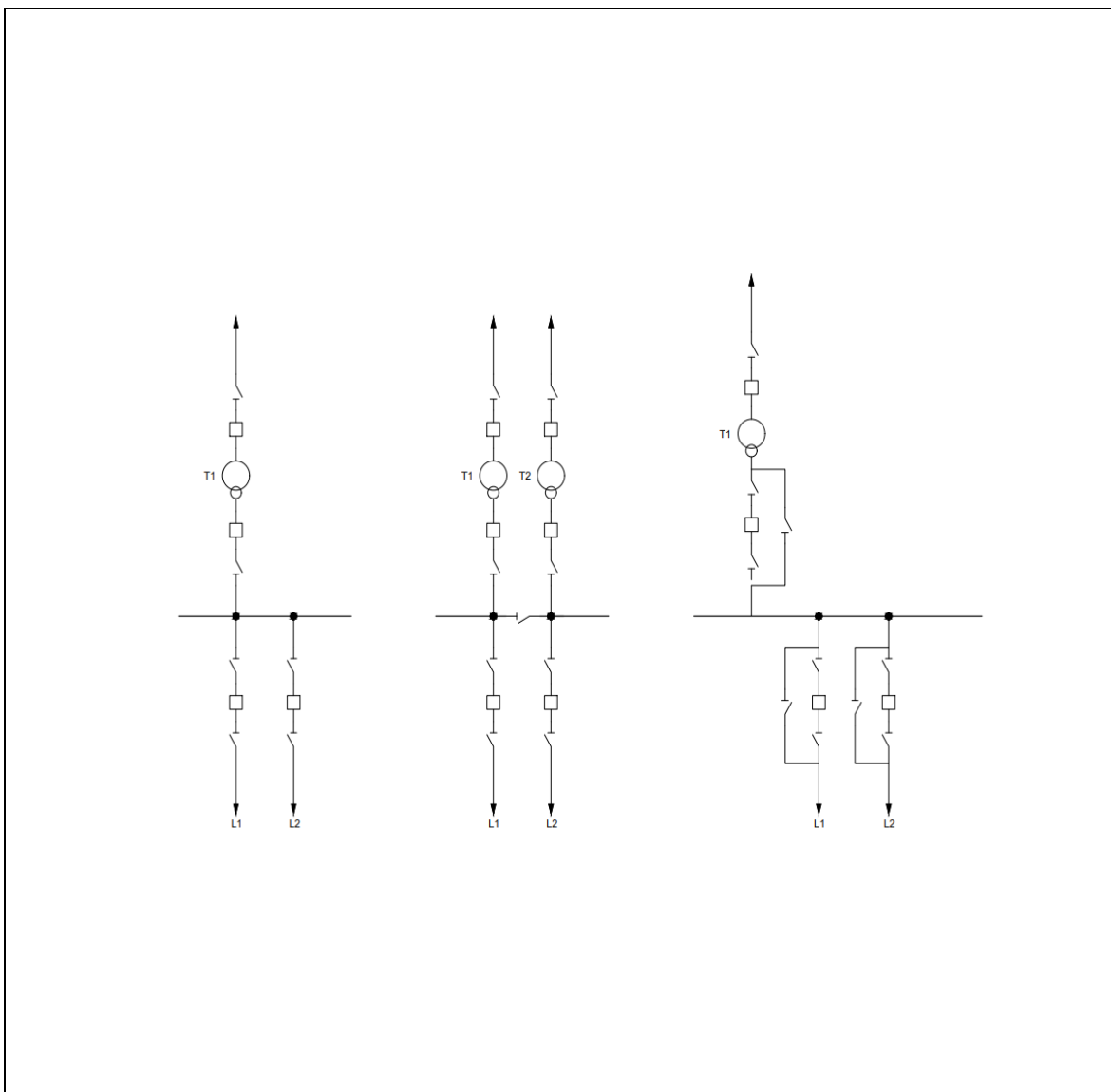




Figura 64. Configuración de barra sencilla con y sin seccionamiento y seccionador de By-Pass.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 153 de 168

ASPECTOS	DETALLES
GENERAL	Barraje colector único, en donde se conectan los circuitos mediante un interruptor con sus respectivos seccionadores.
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo. • Fácil de proteger. • Ocupa poco espacio. • Maniobras simples. • Instalación simple
FLEXIBILIDAD	<p>Nula: no permite ningún arreglo diferente de en sus circuitos conectados. Por ende, no permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la estabilidad del sistema. • Disminuir el nivel de cortocircuito de la subestación. • Independizar o limitar la influencia de cargas que afectan el sistema al que está conectado la subestación.
CONFIABILIDAD	<p>Nula: esto debido a que, en caso de falla de un interruptor o seccionador de bahía, se producirá la pérdida del circuito; también en caso de falla en el barraje, la subestación saldrá por completo de operación.</p>
SEGURIDAD	<p>Nula: esto debido a que ninguno de los elementos que conforman la configuración está duplicado y la pérdida de uno puede afectar la continuidad del servicio.</p>
OPCIONES	<p>Seccionar el barraje permitiendo separar este en dos barrajes, logrando mejoras en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidad y flexibilidad. • Facilidad de labores de mantenimiento o ampliación. <p>Añadir un seccionador de By-Pass</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite realizar mantenimiento en los transformadores o equipos principales de la subestación sin necesidad de interrumpir el suministro de energía. • Proporciona mayor flexibilidad en la operación. • Reduce el tiempo de interrupción en caso de falla en los equipos principales de la subestación.
FACILIDAD DE EXTENSIÓN	<p>Facilidad en ampliación con bahías iguales a las existentes, además esta configuración permite tener un desarrollo modular en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Barra principal más barra de transferencia. • Doble barra.
OBSERVACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • El seccionamiento del barraje requiere de un planeamiento cuidadoso debido a la imposibilidad de cambiar de barra a los circuitos asociados. • Esta es la configuración más usada en subestaciones de media y baja tensión, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas donde el espacio es limitado.

Tabla 54. Aspectos de la configuración barra sencilla.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 154 de 168

25.2. BARRA PRINCIPAL MÁS BARRA DE TRANSFERENCIA

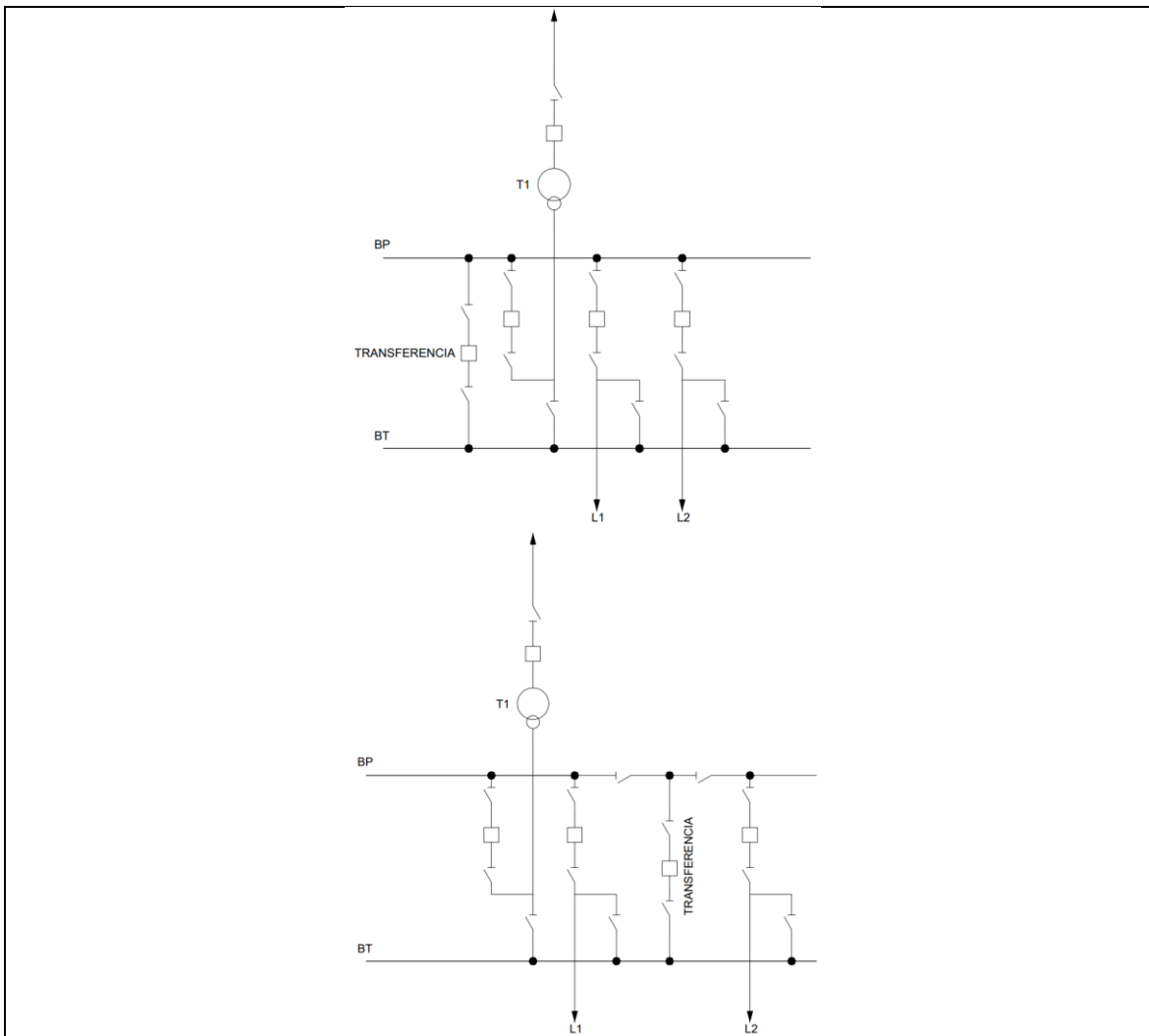




Figura 65. Configuración de barra principal más barra de transferencia con y sin seccionamiento de barra.

ASPECTOS	DETALLES
GENERAL	Barraje principal y otro de transferencia, las dos barras se conectan mediante un interruptor y sus respectivos seccionadores, cada bahía se conecta al barraje de transferencia mediante un seccionador.
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> Configuración relativamente económica pero más costosa en comparación con la barra sencilla. Permite mantener en servicio una bahía mientras su interruptor está en mantenimiento.
FLEXIBILIDAD	Nula: esto debido a que no permite ningún arreglo diferente de sus circuitos asociados, por lo que no se tiene la posibilidad de:

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024	
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL			
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 155 de 168	

ASPECTOS	DETALLES
	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la estabilidad del sistema. • Disminuir el nivel de cortocircuito de la subestación. • Independizar o limitar la influencia de cargas que afectan el sistema al cual está conectada la subestación.
CONFIABILIDAD	<p>Media: esto debido a que en caso de falla:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un interruptor o un seccionador de bahía se podrá mantener el servicio realizando maniobra de traslado de esta salida a la barra de transferencia. • En el barraje principal se producirá la pérdida de todos los circuitos.
SEGURIDAD	<p>Nula: esto debido a que ninguno de los elementos que conforman la configuración está duplicado, y la pérdida de uno tiene efectos en la continuidad del servicio.</p>
OPCIONES	<p>Seccionar el barraje con dos seccionadores y en medio de estos conectar la bahía de transferencia, mejorando la configuración que permita hacer el mantenimiento de barras dejando sin servicio media barra, manteniendo el servicio en una salida de la barra aislada, por medio de la bahía y barra de transferencia, logrando una mejora en la confiabilidad respecto a la configuración de barra sencilla seccionada.</p>
FACILIDAD DE AMPLIACIÓN	<p>Facilidad en ampliación con bahías iguales a las existentes, además esta configuración permite tener un desarrollo modular en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Doble barra más barra de transferencia.
OBSERVACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • El seccionamiento del barraje requiere de un planeamiento cuidadoso debido a la imposibilidad de cambiar de barra a los circuitos asociados. • Se debe tener en cuenta la ubicación de los transformadores de medida (cada línea deberá tener un juego de transformadores de corriente y otro de potencia). En las líneas se ubicarán enseguida del seccionador de línea, para no requerir transformadores de medida en la bahía de transferencia. • Esta configuración es recomendable en subestaciones eléctricas donde sea necesario suministrar energía a dos sistemas eléctricos independientes, y que sea necesario garantizar la continuidad del suministro en caso de falla de la barra principal. • Se podrá usar en subestaciones en media tensión. Sin embargo, su uso dependerá de las necesidades específicas del sistema y de los requerimientos de la red. Es importante realizar un análisis detallado del sistema al cual se conectará la subestación y considerar factores como la flexibilidad, confiabilidad y costo antes de decidir si es conveniente usar esta configuración.

Tabla 55. Aspectos de la configuración barra sencilla más barra se transferencia

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 156 de 168

25.3. DOBLE BARRA

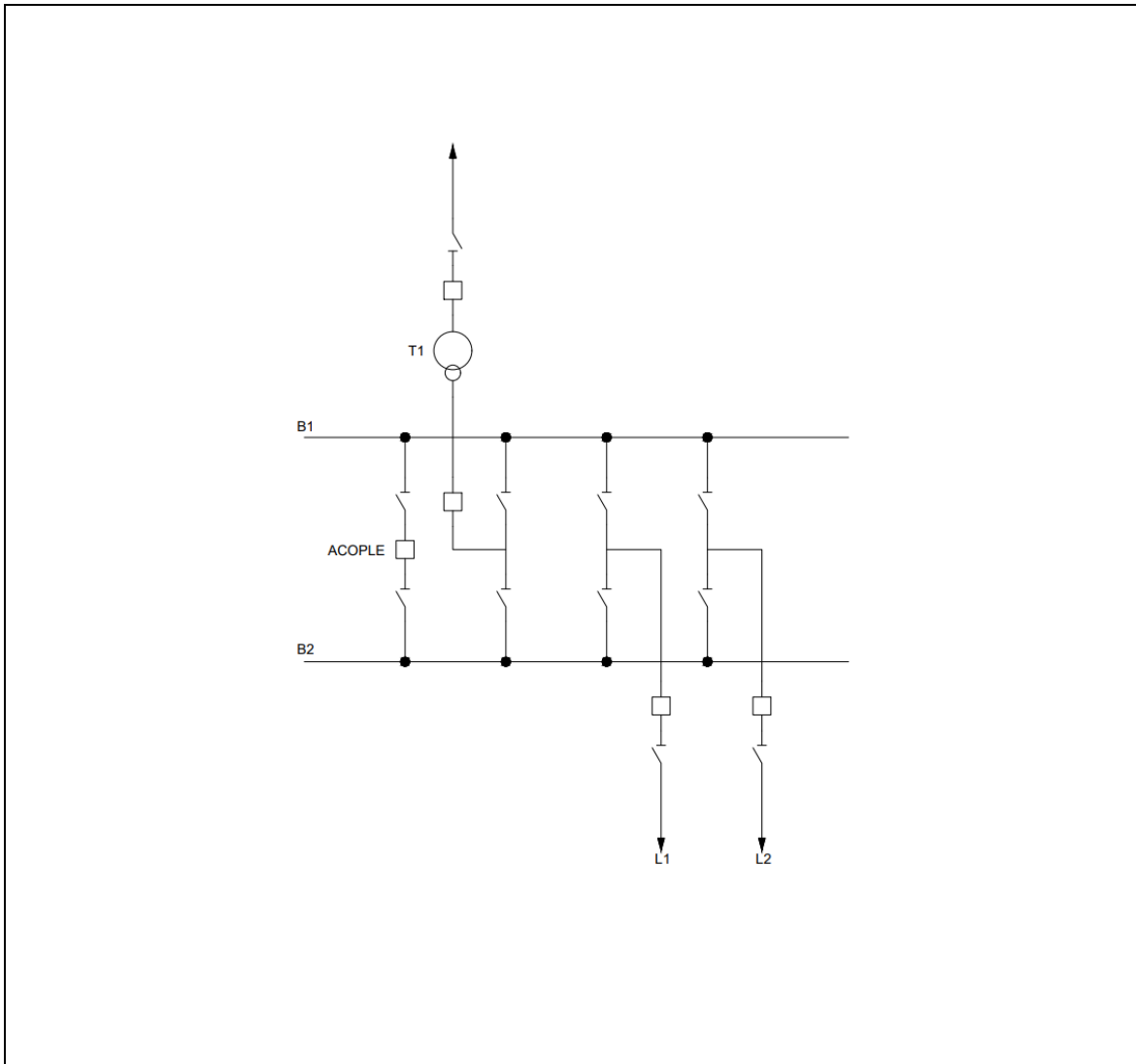





Figura 66. Configuración doble barra.

ASPECTOS	DETALLES
GENERAL	Dos barras principales, las dos se conectan por medio de un interruptor y dos seccionadores, cada bahía se conecta a cada barraje por medio de un seccionador.
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Es una configuración económica y altamente flexible. • Es posible hacer mantenimiento en barras sin suspender el servicio y por ello se usa en áreas con alta contaminación ambiental.
FLEXIBILIDAD	Alta: ya que permite separar los circuitos en cada una de las barras, permitiendo dividir el sistema, por lo que se presenta la posibilidad de:

 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024	
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL			
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 157 de 168	

ASPECTOS	DETALLES
	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la estabilidad del sistema. • Disminuir el nivel de cortocircuito de la subestación. • Independizar o limitar la influencia de cargas que afecten el sistema al cual está conectada la subestación.
CONFIABILIDAD	<p>Media: esto debido a que en caso de falla en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un barraje, se podrá mantener el servicio realizando traslado de todas las salidas a la otra barra. • Un seccionador de barra, se podrá mantener el servicio realizando traslados de esta a la otra barra. • Un interruptor, se producirá la pérdida del circuito asociado a este.
SEGURIDAD	Nula: no hay elementos de la configuración duplicados, y la pérdida de uno afecta a la continuidad del servicio.
OPCIONES	El acople puede ser usado como seccionador de barras, permitiendo conectar circuitos de una misma fuente a una y otra barra sin necesidad de realizar cruces de las líneas a la entrada de la subestación. Además, la conexión de una salida a una y otra barra puede ser efectuada en cualquier momento dependiendo de las circunstancias o consignas operativas.
FACILIDAD DE AMPLIACIÓN	Fácil ampliación con bahías iguales a las ya existentes. Además, esta configuración permite un desarrollo modular en doble barra más barra de transferencia.
OBSERVACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Será necesario considerar en el diseño, que las dos barras deben tener la misma capacidad y a su vez la capacidad total del nivel de tensión; el interruptor al ser parte de los dos barrajes deberá tener la capacidad de estos, o por lo menos la capacidad equivalente a la máxima transferencia posible entre los dos barrajes en cualquier topología del nivel de tensión. • Los juegos de transformadores de corriente de cada bahía deberán estar ubicados entre los seccionadores de las líneas, la bahía de acople deberá tener un juego de transformadores de corriente para la protección diferencial de barras. • Para proyectos que involucren nuevas subestaciones, se debe planear la fácil ampliación del número de bahías; en aquellas subestaciones que tienen un crecimiento proyectado afianzado, además de esto, se debe determinar si el estado final requiere otra configuración. • Esta configuración se usa en subestaciones en media tensión. Ya que proporciona una mayor flexibilidad para el diseño de estas, y permite la conexión de un mayor número de equipos de alimentación.

Tabla 56. Aspectos de la configuración doble barra.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis	Versión 5
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 158 de 168

25.4. DOBLE BARRA MÁS SECCIONADOR DE BY-PASS

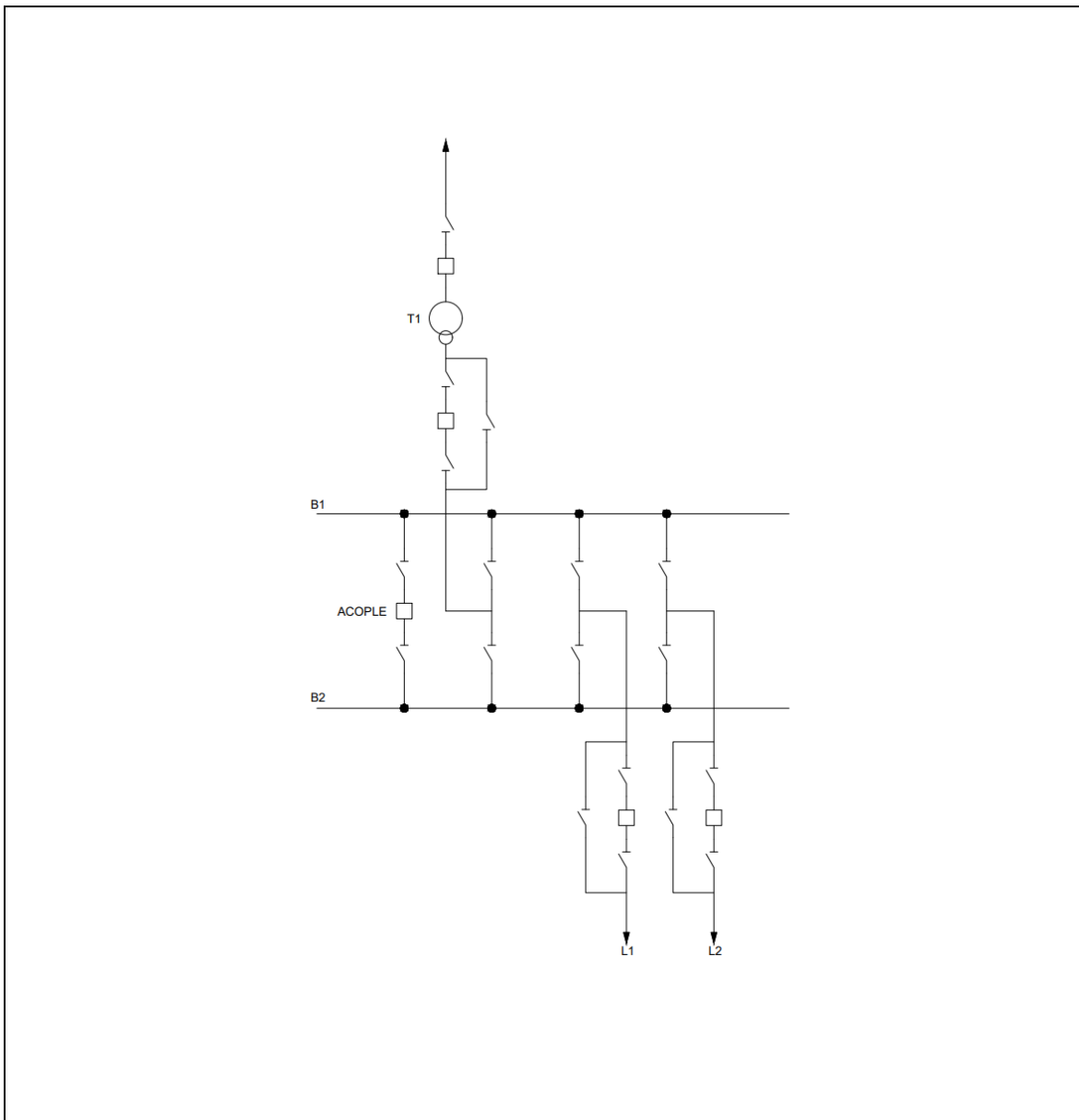




Figura 67. Configuración doble barra más seccionador de By-Pass.

ASPECTOS	DETALLES
GENERAL	Dos barras principales, las dos se conectan por medio de un interruptor y dos seccionadores, cada bahía se conecta a cada barraje por medio de un seccionador. Se le adiciona a cada interruptor de línea un seccionador de "By-Pass" o paso directo.
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> Permite realizar mantenimiento en los transformadores o equipos principales de la subestación sin necesidad de interrumpir el suministro de energía.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS		21/02/2024
	COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 159 de 168

ASPECTOS	DETALLES
	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona mayor flexibilidad en la operación. • Reduce el tiempo de interrupción en caso de falla en los equipos principales de la subestación. • Permite realizar pruebas en los equipos principales de la subestación sin interrumpir el suministro de energía.
FLEXIBILIDAD	Alta: esto debido a que con el seccionador de “By-Pass” se puede operar la subestación completamente llevándola a configuración de doble barra, con una siendo barra principal y la otra de transferencia, utilizando el interruptor de acople como de transferencia para cualquiera de los interruptores de línea que se encuentre en mantenimiento.
CONFIABILIDAD	Media alta: siempre y cuando se realice un diseño, instalación y operación adecuados. A esto, suele sumarse varios factores, como la calidad de los componentes utilizados, la implementación adecuada de esquemas de protección y control, la eficacia del mantenimiento preventivo y correctivo.
SEGURIDAD	Alta: ya que permite la separación de secciones de la subestación y la posibilidad de realizar mantenimiento en una sección sin interrumpir el suministro de energía. Además, el seccionador de “By-Pass” permite la desconexión de un equipo específico sin la necesidad de desconectar toda la barra.
OPCIONES	La configuración permite además algunas variantes entre las cuales se pueden mencionar <ul style="list-style-type: none"> • Usar el acople como seccionador de barras, permitiendo conectar circuitos de una misma fuente a una y otra barra sin necesidad de realizar cruces de las líneas a la entrada de la subestación. • Seccionar una de las barras mediante interruptor o seccionador
FACILIDAD DE AMPLIACIÓN	Fácil ampliación con bahías iguales a las ya existentes. Además, esta configuración permite un desarrollo modular en doble barra más barra de transferencia.
OBSERVACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Esta configuración es la que necesita mayor número de equipos por campo, por lo que su costo es más elevado, así como también existe una mayor probabilidad de operación incorrecta • Esta configuración es recomendable en subestaciones en media tensión dependiendo de las necesidades del sistema eléctrico y las condiciones de operación. Sin embargo, también es importante considerar el costo y espacio necesario para implementar esta configuración.


Tabla 57. Aspectos de la configuración doble barra más seccionador de By-Pass.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 160 de 168

26. ANEXO 4. EFECTOS DE MANTENIMIENTO EN LA SEGURIDAD DEL SISTEMA

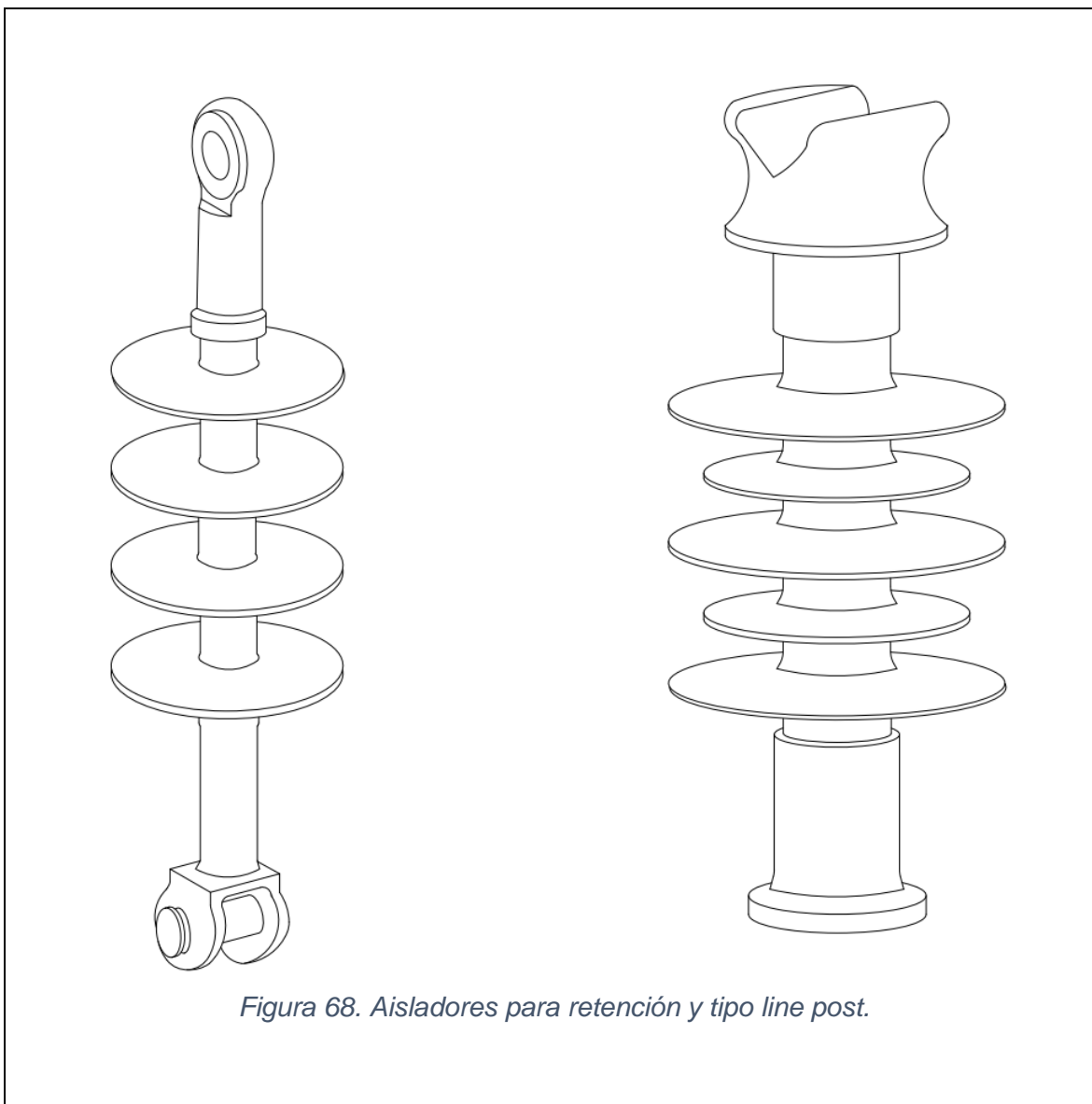
CONFIGURACIÓN	EFECTO DEL MANTENIMIENTO EN DISPOSITIVOS DE INTERRUPCION			EFECTO DEL MANTENIMIENTO EN EL BARRAJE		
	Normal	Falla en el circuito	Falla en el barraje	Normal	Falla en el circuito	Falla en el barraje
BARRA SENCILLA	Perdida del circuito.		Perdida de todos los circuitos, si se secciona la barra se perderá la mitad de estos.	Perdida de todos los circuitos.		
BARRA PRINCIPAL MÁS BARRA DE TRANSFERENCIA	Nada si el interruptor de transferencia está disponible.	Perdida del circuito, la barra de transferencia si la falla es en el circuito de transferencia.	En la transferencia, perdida de circuitos. En la principal, si no está seccionada se pierden todos los circuitos.	Se pierden todos los circuitos se la barra principal no está seccionada.	Perdida de circuito y barra de transferencia sin la barra principal esta seccionada.	Perdida de todos los circuitos.
DOBLE BARRA	Perdida del circuito		Se perderán todos los circuitos conectados o la barra con falla mientras se realiza la conmutación a la barra sin problemas	Nada, siempre y cuando no se sobrepase el nivel máximo de cortocircuito.	Perdida del circuito.	Perdida de todos los circuitos.
DOBLE BARRA MÁS SECCIONADOR DE BY-PASS	Nada si, el interruptor de acople está disponible.	Perdida de circuito. Si la falla es en el circuito con el interruptor en mantenimiento se pierde ese circuito con el acople y una de las barras.	Si no es la barra que está siendo utilizada como transferencia se pierden todos los circuitos mientras se realiza la conmutación a la barra sin problemas la cual no podrá ser usada más como barra de transferencia.	Nada, siempre y cuando no se sobrepase el nivel máximo de cortocircuito.	Perdida del circuito.	Perdida de todos los circuitos.


Tabla 58. Efectos de mantenimiento.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 161 de 168

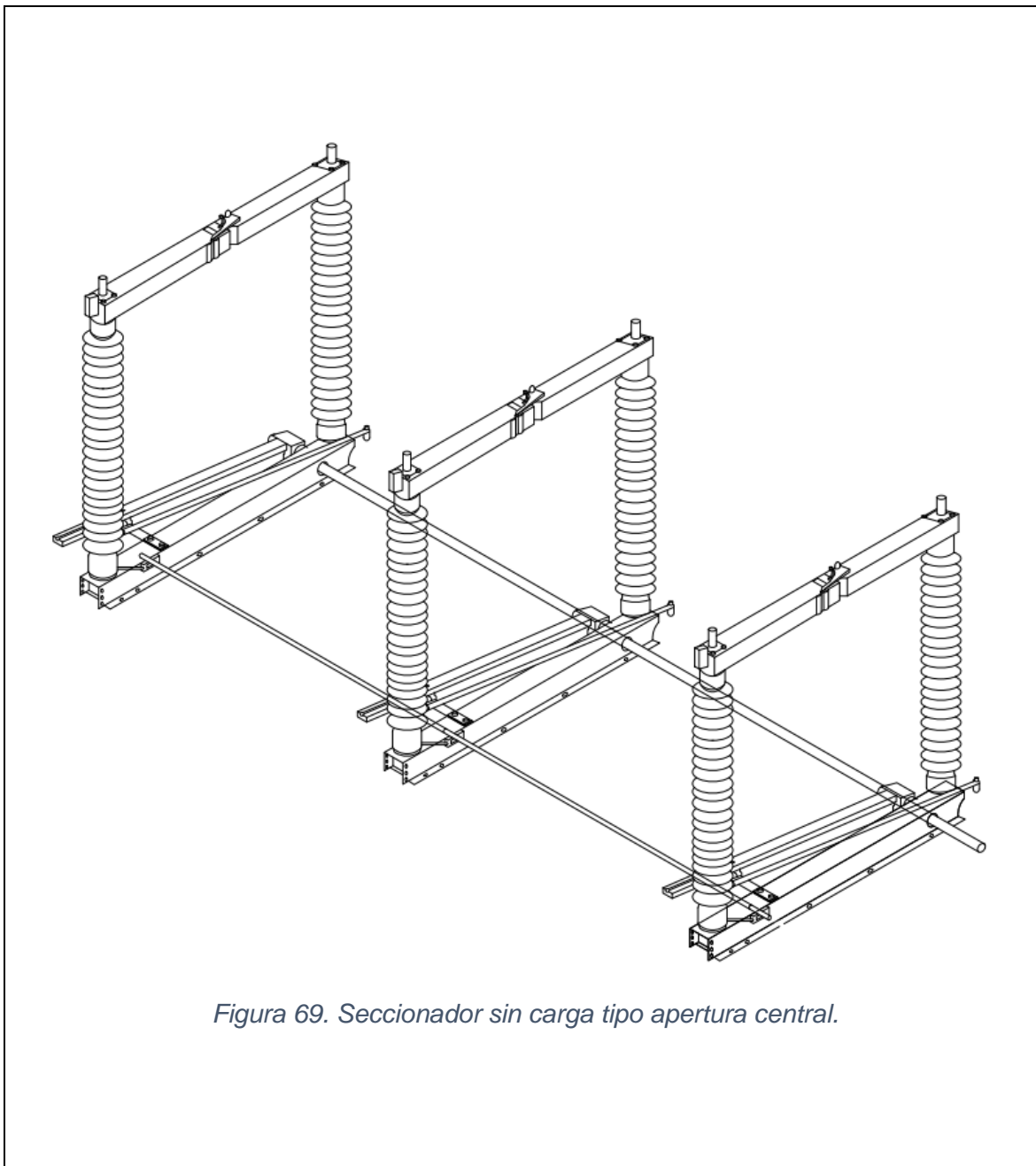
27. ANEXO 5. ESQUEMAS DE EQUIPOS


27.1. AISLADORES



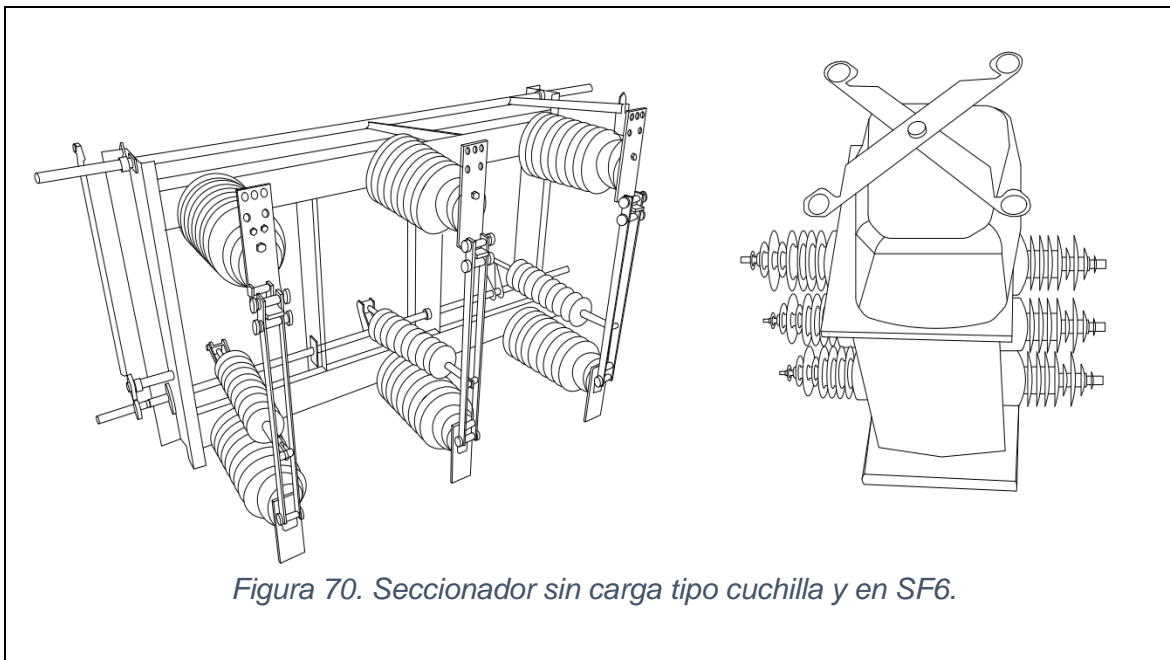
	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 162 de 168

27.2. SECCIONADOR SIN CARGA

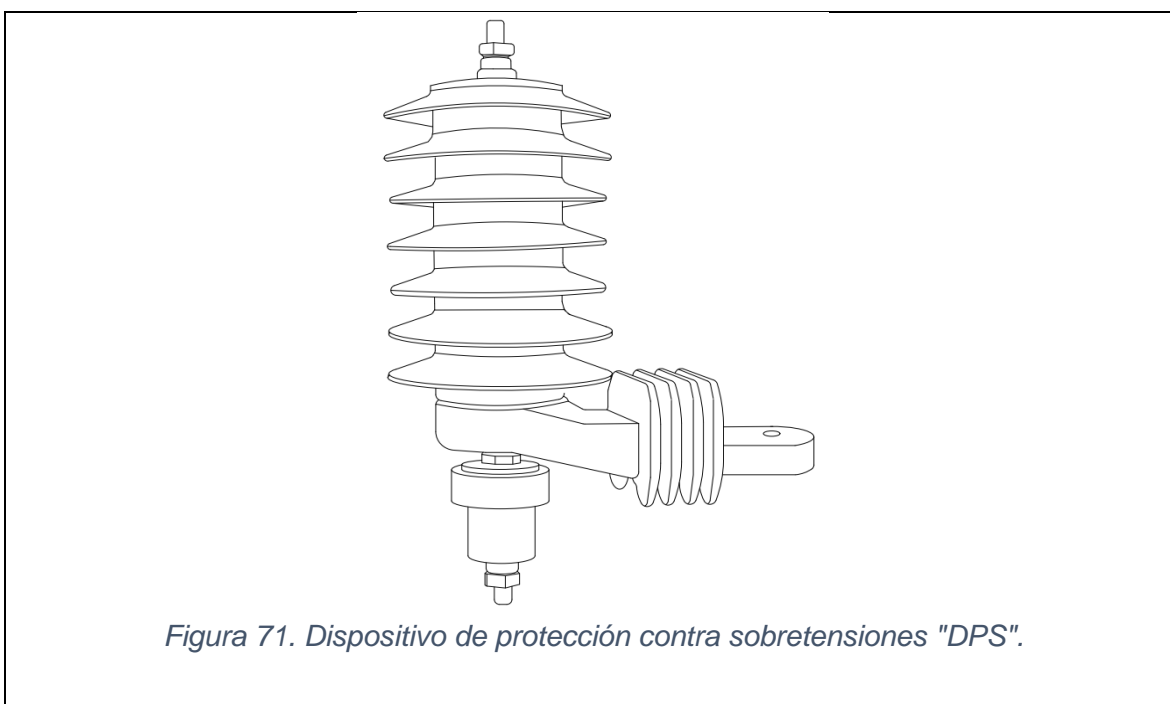



	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 163 de 168

27.3. SECCIONADOR BAJO CARGA

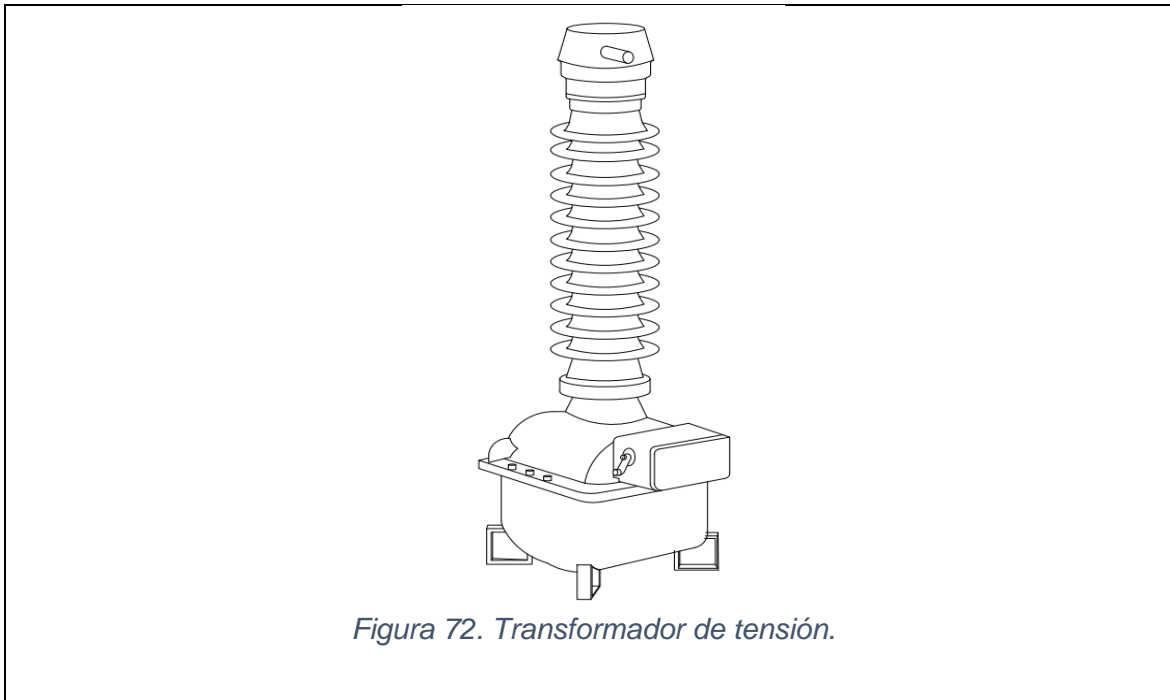


27.4. DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

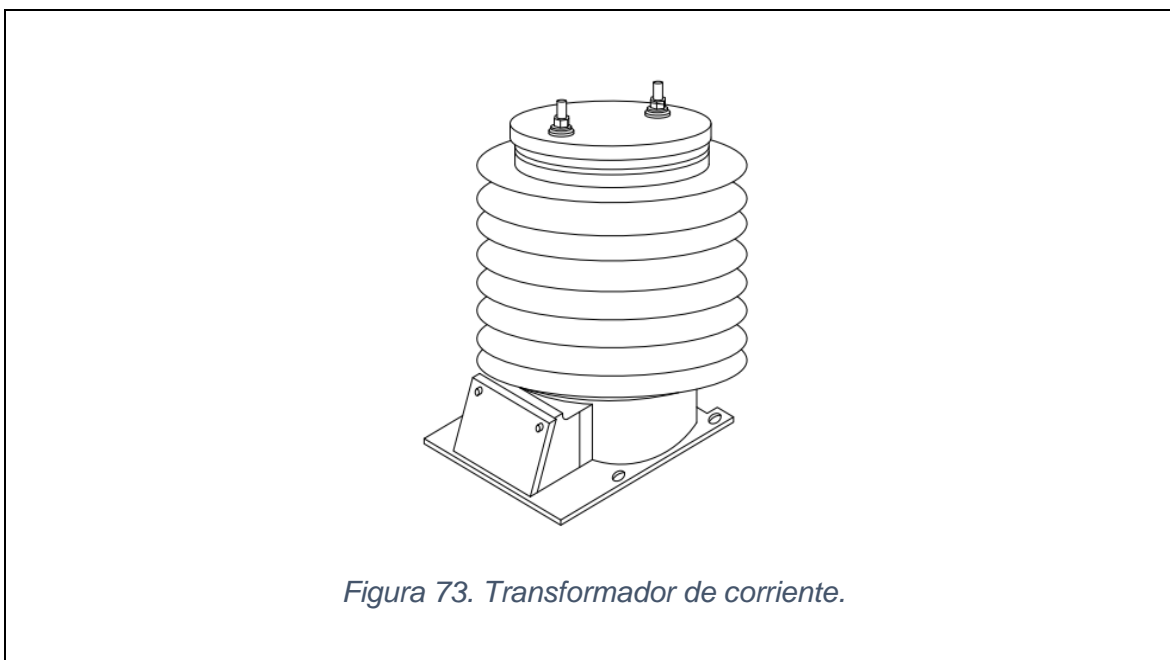



	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 164 de 168

27.5. TRANSFORMADOR DE TENSIÓN

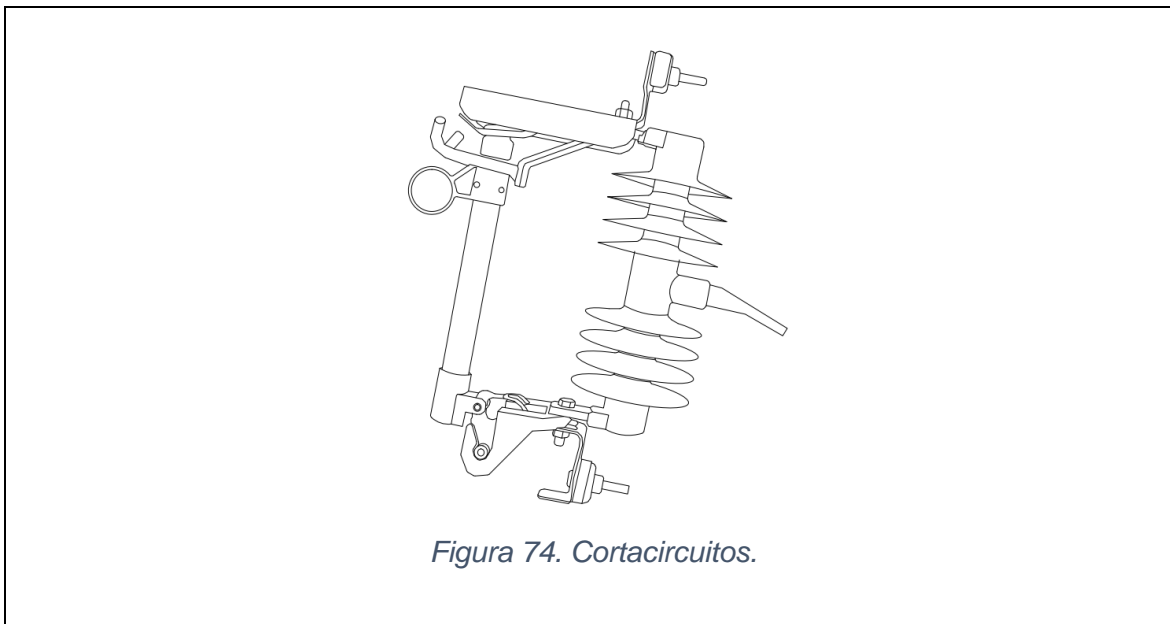


27.6. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

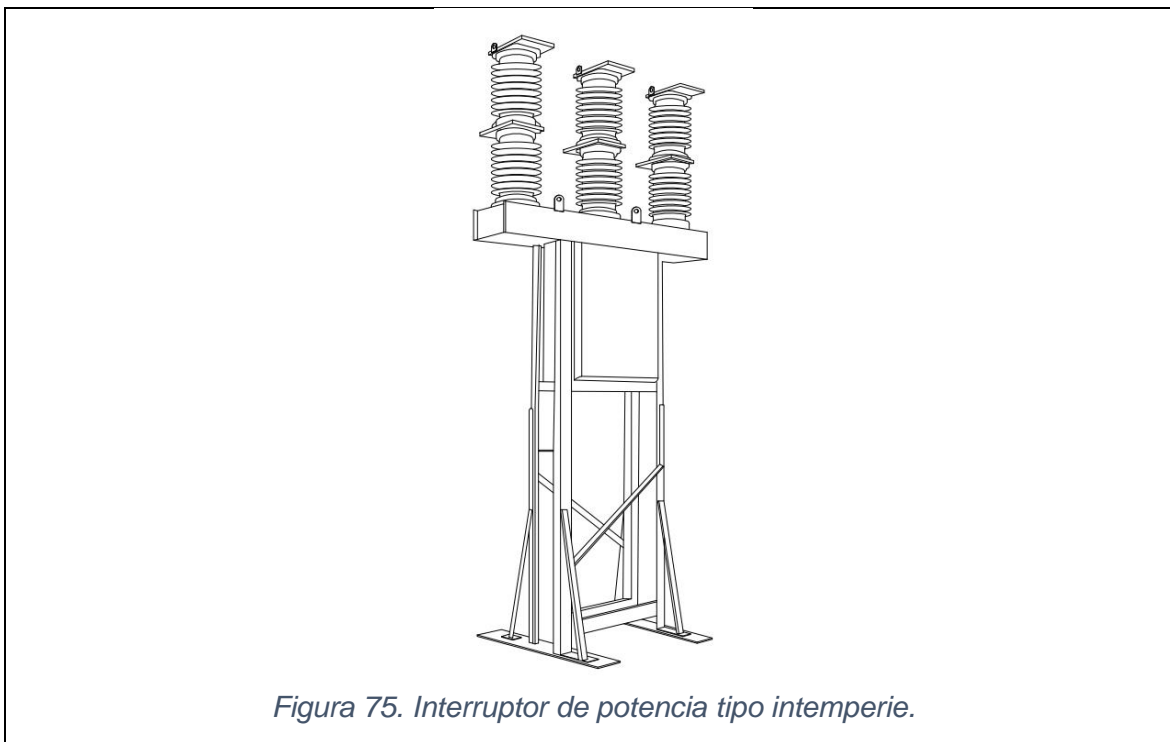



	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 165 de 168

27.7. CORTACIRCUITOS



27.8. INTERRUPTOR DE POTENCIA



	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 166 de 168

27.9. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

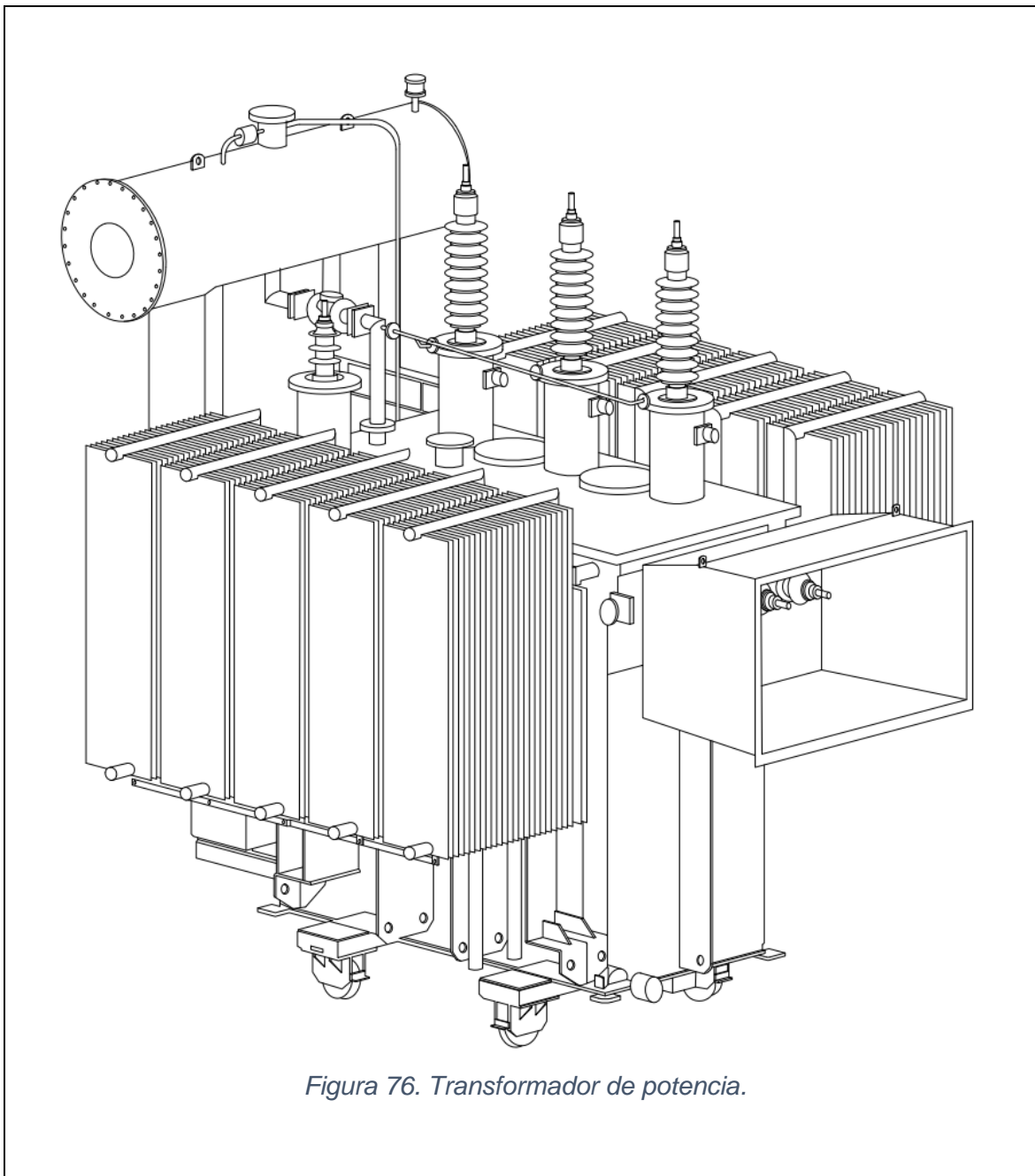

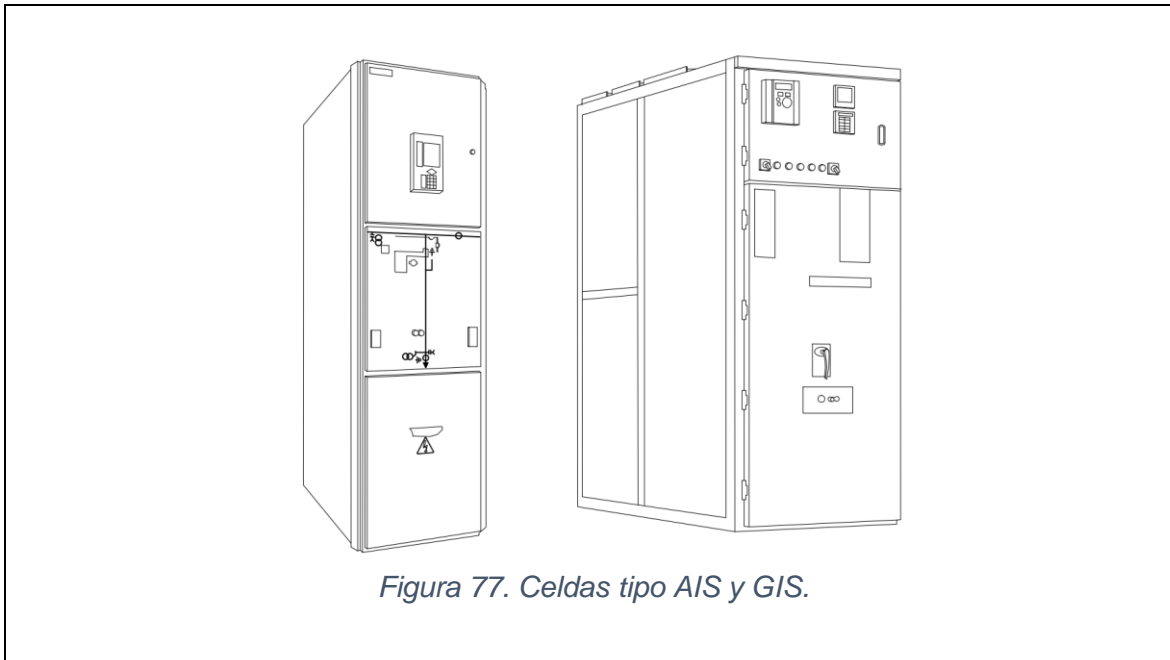


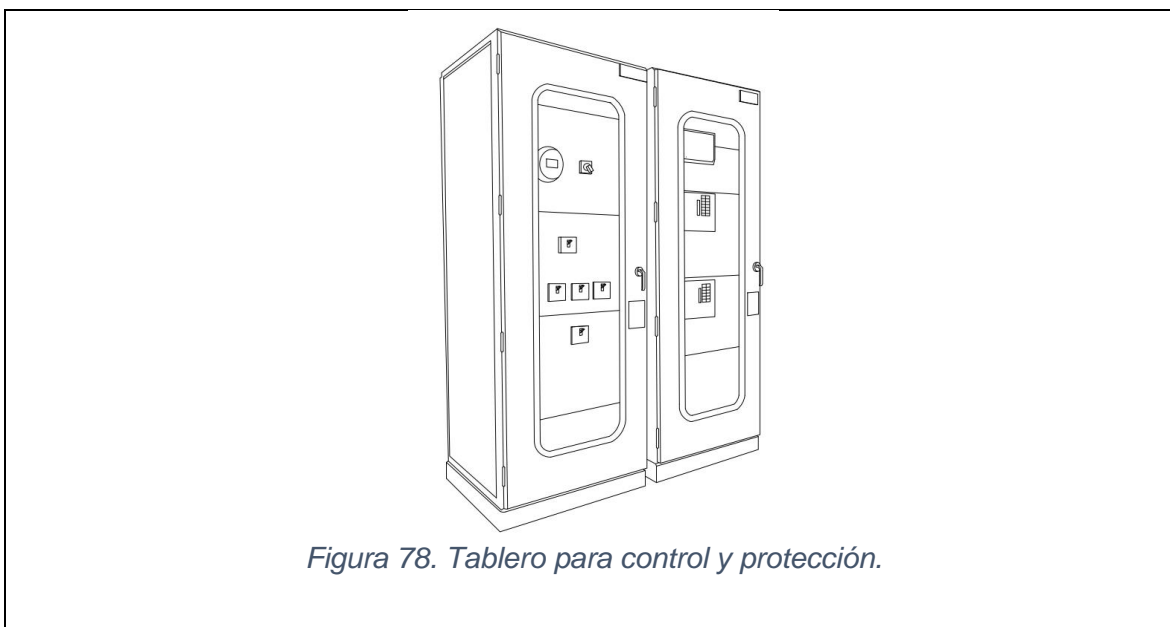
Figura 76. Transformador de potencia.


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 167 de 168

27.10. CELDAS EN 34.5 kV y 13.8 kV



27.11. TABLEROS



	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR DISEÑOS COMPONENTE ELECTROMECAÁNICO EN SUBESTACIONES CONVENCIONALES EN MEDIA TENSIÓN PARA UN SDL		21/02/2024
	Elaboró:	Sebastián Quintero Rocavista	Jersson David Castro Galvis
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 168 de 168

27.12. CONDUCTORES

