



|               |       |
|---------------|-------|
| <b>Ciente</b> | ENGIE |
|---------------|-------|

|                 |                                                                                  |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Proyecto</b> | NUEVO REACTOR DE LÍNEA 1X220 kV NUEVA POZO ALMONTE-<br>RONCACHO, EN S/E RONCACHO |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| <b>Nº Documento</b> | ENG-OA-RON-SE-IG-ET-001 |
|---------------------|-------------------------|

|                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| <b>Nº Documento Cliente</b> | ENG-OA-RON-SE-IG-ET-001 |
|-----------------------------|-------------------------|

|             |                       |
|-------------|-----------------------|
| <b>Fase</b> | Ingeniería conceptual |
|-------------|-----------------------|

|               |                                   |
|---------------|-----------------------------------|
| <b>Título</b> | Criterios de Diseño de Ingeniería |
|---------------|-----------------------------------|

| <b>Fecha</b> | <b>Revisión</b> |
|--------------|-----------------|
| 15/01/2025   | B               |
| 24/01/2025   | 0               |
| 04/06/2025   | 1               |

| <b>Número de Hojas</b> |
|------------------------|
| 88                     |

| <b>IEB</b>     | <b>Nombre</b> | <b>Firma</b> | <b>Fecha</b> |
|----------------|---------------|--------------|--------------|
| Preparó        | D.F.R.        |              | 15/01/2025   |
| Revisó         | E.J.C.        |              | 15/01/2025   |
| Aprobó         | J.I.D.        |              | 15/01/2025   |
| <b>Cliente</b> |               |              |              |
| Revisó         |               |              |              |
| Aprobó         |               |              |              |

## TABLA DE CONTENIDO

|          |                                                                         |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                               | <b>7</b>  |
| <b>2</b> | <b>ALCANCE.....</b>                                                     | <b>7</b>  |
| <b>3</b> | <b>ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES .....</b>                                | <b>7</b>  |
| <b>4</b> | <b>MARCO NORMATIVO .....</b>                                            | <b>8</b>  |
| 4.1      | NORMATIVA ELÉCTRICA .....                                               | 8         |
| 4.1.1    | MARCO NORMATIVO NACIONAL .....                                          | 8         |
| 4.1.2    | MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL .....                                     | 8         |
| 4.2      | NORMATIVIDAD CIVIL .....                                                | 10        |
| 4.2.1    | MARCO NORMATIVO NACIONAL .....                                          | 10        |
| 4.2.2    | MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL .....                                     | 11        |
| 4.3      | REFERENCIAS INTERNAS .....                                              | 12        |
| <b>5</b> | <b>DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....</b>                                | <b>13</b> |
| 5.1      | DEFINICIONES .....                                                      | 13        |
| 5.2      | ABREVIATURAS .....                                                      | 16        |
| 5.3      | SIMBOLOGÍA PARA DIAGRAMAS UNILINEALES SIMPLIFICADOS Y FUNCIONALES ..... | 16        |
| <b>6</b> | <b>CONDICIONES AMBIENTALES, ELÉCTRICAS Y UBICACIÓN.....</b>             | <b>19</b> |
| 6.1      | EMPLAZAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN .....                                   | 19        |
| 6.2      | CONDICIONES AMBIENTALES .....                                           | 20        |
| 6.3      | PARÁMETROS DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....                                   | 21        |
| 6.4      | CONDICIONES SÍSMICAS .....                                              | 21        |
| <b>7</b> | <b>CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO .....</b>                   | <b>21</b> |
| <b>8</b> | <b>OBRAS ELECTROMECÁNICAS .....</b>                                     | <b>23</b> |
| 8.1      | EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN .....                                           | 23        |
| 8.1.1    | INTERRUPTORES .....                                                     | 24        |
| 8.1.2    | REACTOR .....                                                           | 24        |
| 8.1.3    | TRANSFORMADOR DE CORRIENTE .....                                        | 25        |
| 8.1.4    | DESCONECTADORES .....                                                   | 25        |
| 8.1.5    | TRANSFORMADORES DE POTENCIAL .....                                      | 26        |
| 8.1.6    | TRANSFORMADORES DE POTENCIAL CARGABLE (SS/AA) .....                     | 26        |
| 8.1.7    | PARARRAYOS .....                                                        | 26        |
| 8.1.8    | TRAMPAS DE ONDA .....                                                   | 27        |
| 8.1.9    | CÁLCULO CABLE DE ALTA TENSIÓN .....                                     | 27        |
| 8.1.9.1  | Conectores y conexiones .....                                           | 29        |
| 8.1.10   | AISLADORES .....                                                        | 29        |
| 8.1.11   | CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO (TECNOLOGÍA AIS) .....              | 29        |
| 8.2      | EXIGENCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD .....                                   | 29        |
| 8.2.1    | DISTANCIAS DE SEGURIDAD .....                                           | 30        |
| 8.2.2    | RESUMEN DISTANCIAS DE SEGURIDAD .....                                   | 31        |
| 8.3      | GRADOS DE PROTECCIÓN .....                                              | 32        |

|          |                                                                 |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 8.4      | INSTALACIONES BAJA TENSIÓN .....                                | 32        |
| 8.4.1    | ALUMBRADO GENERAL .....                                         | 32        |
| 8.4.2    | ILUMINACIÓN EXTERIOR .....                                      | 33        |
| 8.4.3    | ILUMINACIÓN INTERIOR .....                                      | 34        |
| 8.4.4    | ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.....                                  | 34        |
| 8.5      | CIRCUITO DE FUERZA DE BAJA TENSIÓN; CONTROL Y COMUNICACIONES .. | 35        |
| 8.5.1    | CABLES DE FUERZA DE BAJA TENSIÓN .....                          | 35        |
| 8.5.2    | CABLES DE CONTROL .....                                         | 35        |
| 8.5.3    | CABLE PARA TRANSFORMADORES DE MEDIDA .....                      | 35        |
| 8.5.4    | CABLES PARA ALUMBRADO.....                                      | 35        |
| 8.5.5    | CABLES DE COMUNICACIONES .....                                  | 35        |
| 8.6      | CAJAS DE AGRUPAMIENTO .....                                     | 36        |
| 8.7      | CANALIZACIONES ELÉCTRICAS.....                                  | 36        |
| 8.7.1    | CANALETAS INTERIORES.....                                       | 37        |
| 8.7.2    | CANALETAS EXTERIORES.....                                       | 37        |
| 8.7.3    | DUCTOS (METÁLICOS Y NO METÁLICOS).....                          | 38        |
| 8.7.4    | CÁMARAS .....                                                   | 38        |
| 8.7.5    | CONSIDERACIONES PARA CANALETAS .....                            | 38        |
| 8.8      | MALLA DE PUESTA A TIERRA AÉREA .....                            | 39        |
| 8.9      | MALLA DE PUESTA A TIERRA SUBTERRÁNEA .....                      | 39        |
| 8.9.1    | INSTALACIONES EXISTENTES .....                                  | 41        |
| 8.10     | EDIFICACIONES .....                                             | 42        |
| 8.10.1   | SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO .....                            | 43        |
| 8.10.2   | SISTEMA CONTRA INCENDIOS .....                                  | 43        |
| 8.10.2.1 | Sistema contra incendios en edificaciones.....                  | 43        |
| 8.11     | SERVICIOS AUXILIARES .....                                      | 44        |
| 8.11.1   | CORRIENTE ALTERNA .....                                         | 44        |
| 8.11.2   | CORRIENTE CONTINUA .....                                        | 44        |
| 8.11.2.1 | Banco de baterías.....                                          | 45        |
| 8.11.2.2 | Cargador rectificador .....                                     | 45        |
| 8.11.2.3 | Grupo electrógeno .....                                         | 46        |
| <b>9</b> | <b>DISEÑO DE OBRAS CIVILES .....</b>                            | <b>46</b> |
| 9.1      | MATERIALES .....                                                | 46        |
| 9.1.1    | HORMIGÓN.....                                                   | 46        |
| 9.1.2    | ACERO DE REFUERZO.....                                          | 47        |
| 9.1.3    | PERNOS DE ANCLAJE.....                                          | 47        |
| 9.1.4    | TUBERÍA .....                                                   | 47        |
| 9.1.5    | PERFILES Y PLANCHAS .....                                       | 48        |
| 9.1.6    | PERNOS DE CONEXIÓN.....                                         | 48        |
| 9.1.7    | SOLDADURA .....                                                 | 49        |
| 9.2      | SOLICITACIONES PARA ESTRUCTURAS .....                           | 49        |
| 9.2.1    | PESO PROPIO (PPE, PPEQ, PPC) .....                              | 49        |
| 9.2.2    | VIENTO (VE, VEQ, VC).....                                       | 49        |
| 9.2.3    | CONDICIONES METEOROLÓGICAS (CA).....                            | 50        |

|        |                                                                                                                     |    |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.2.4  | TIRÓN EN EQUIPOS, TENSIONES DE CONDUCTORES, CABLES DE GUARDIA Y TIRONES EN TERMINALES DE EQUIPOS (T, TC, TCG, FANG) | 50 |
| 9.2.5  | MONTAJE Y MANTENIMIENTO (M)                                                                                         | 51 |
| 9.2.6  | CONDICIONES DE OPERACIÓN DE EQUIPOS (CO)                                                                            | 51 |
| 9.2.7  | CORTOCIRCUITO (FC)                                                                                                  | 51 |
| 9.2.8  | SOLICITACIONES DE SISMO PARA ESTRUCTURAS BAJAS (E)                                                                  | 52 |
| 9.2.9  | SOLICITACIONES SÍSMICAS SOBRE EQUIPOS EN ALTURA                                                                     | 60 |
| 9.2.10 | SOLICITACIONES SÍSMICAS PARA PERNOS DE ANCLAJE                                                                      | 60 |
| 9.2.11 | SOLICITACIONES PARA EDIFICACIONES                                                                                   | 60 |
| 9.3    | COMBINACIONES DE CARGA                                                                                              | 64 |
| 9.3.1  | COMBINACIONES PARA ESTRUCTURAS ALTAS                                                                                | 64 |
| 9.3.2  | COMBINACIONES DE CARGA PARA ESTRUCTURAS BAJAS, ESTRUCTURAS PARRÓN Y EQUIPOS RÍGIDOS                                 | 64 |
| 9.3.3  | COMBINACIONES PARA EDIFICACIONES                                                                                    | 65 |
| 9.4    | CONFORMACIÓN DE LA PLATAFORMA                                                                                       | 66 |
| 9.4.1  | PENDIENTE, ALTURA MÍNIMA Y OTRAS CONSIDERACIONES                                                                    | 66 |
| 9.4.2  | MATERIAL DE RELLENO                                                                                                 | 66 |
| 9.4.3  | ACABADO DE PATIO                                                                                                    | 67 |
| 9.5    | ANÁLISIS Y DISEÑO DE FUNDACIONES                                                                                    | 67 |
| 9.5.1  | GENERAL                                                                                                             | 67 |
| 9.5.2  | ANÁLISIS Y DISEÑO DE FUNDACIONES SUPERFICIALES TIPO ZAPATA                                                          | 69 |
| 9.5.3  | ANÁLISIS Y DISEÑO DE FUNDACIONES TIPO MONOBLOQUE DE HORMIGÓN                                                        | 70 |
| 9.5.4  | ANÁLISIS Y DISEÑO DE FUNDACIONES DE EQUIPOS ANCLADOS DIRECTAMENTE A LA FUNDACIÓN                                    | 70 |
| 9.5.5  | ANÁLISIS Y DISEÑO DE FUNDACIONES DE TRANSFORMADORES DE PODER, AUTOTRANSFORMADORES Y REACTORES                       | 71 |
| 9.5.6  | ANÁLISIS Y DISEÑO DE FUNDACIÓN SUPERFICIAL TIPO LOSA                                                                | 72 |
| 9.5.7  | VERIFICACIÓN DE IZAJE PARA FUNDACIONES SUPERFICIALES TIPO ZAPATA PREFABRICADA                                       | 72 |
| 9.6    | DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS                                                                                     | 73 |
| 9.7    | ESTIPULACIONES DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS RETICULADAS                                                                 | 74 |
| 9.7.1  | DISEÑO ESTRUCTURAL                                                                                                  | 74 |
| 9.7.2  | DISEÑO A COMPRESIÓN                                                                                                 | 74 |
| 9.7.3  | DISEÑO A TRACCIÓN                                                                                                   | 75 |
| 9.7.4  | DISEÑO A FLEXIÓN                                                                                                    | 77 |
| 9.7.5  | DIMENSIONES MÍNIMAS                                                                                                 | 77 |
| 9.7.6  | USO DE SOLDADURA                                                                                                    | 77 |
| 9.7.7  | DEFORMACIONES                                                                                                       | 78 |
| 9.7.8  | DISTANCIAS A BORDE Y DE SEPARACIÓN DE LAS PERFORACIONES                                                             | 78 |
| 9.7.9  | ANÁLISIS ESTRUCTURAL                                                                                                | 79 |
| 9.8    | DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ALMA LLENA                                                                                 | 79 |
| 9.8.1  | DISEÑO ESTRUCTURAL                                                                                                  | 79 |
| 9.9    | DISEÑO DE SISTEMA DE ANCLAJE A LA FUNDACIÓN                                                                         | 80 |
| 9.9.1  | PERNOS DE ANCLAJE                                                                                                   | 81 |

|        |                                                                          |    |
|--------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.9.2  | DISEÑO DE PERNOS DE ANCLAJE POST INSTALADOS .....                        | 81 |
| 9.9.3  | SISTEMA DE ANCLAJE DE EQUIPOS A LA FUNDACIÓN SIN PERNOS DE ANCLAJE ..... | 81 |
| 9.10   | DISEÑO DE CAMINOS DE ACCESO Y CAMINOS INTERIORES .....                   | 82 |
| 9.10.1 | BASES DE DISEÑO .....                                                    | 82 |
| 9.10.2 | DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO .....                                       | 82 |
| 9.10.3 | VEHÍCULOS ESTIMADOS EN EL DISEÑO .....                                   | 83 |
| 9.10.4 | RADIO DE GIRO .....                                                      | 83 |
| 9.10.5 | DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CAMINO .....                                      | 83 |
| 9.10.6 | ESTRUCTURA DEL ACABADO DEL CAMINO .....                                  | 83 |
| 9.10.7 | DRENAJES DEL CAMINO .....                                                | 83 |
| 9.11   | CERCOS .....                                                             | 83 |
| 9.11.1 | CERCO INTERIOR .....                                                     | 83 |
| 9.11.2 | CERCO EXTERIOR .....                                                     | 84 |
| 9.11.3 | PORTÓN VEHICULAR Y PEATONAL INTERNO .....                                | 84 |
| 9.12   | DISEÑO DE CANALIZACIONES, DUCTOS Y CÁMARAS .....                         | 85 |
| 9.12.1 | CANALETAS .....                                                          | 85 |
| 9.12.2 | TAPAS DE CANALETAS .....                                                 | 85 |
| 9.12.3 | CÁMARAS .....                                                            | 85 |
| 9.12.4 | DRENAJES DE CÁMARAS Y CANALETAS .....                                    | 86 |
| 9.13   | DISEÑO DE DRENAJES DE LA PLATAFORMA .....                                | 86 |
| 9.14   | EDIFICACIONES .....                                                      | 86 |
| 9.15   | PARILLA DE OPERADORES .....                                              | 87 |
| 9.16   | FOSO SEPARADOR AGUA-ACEITE .....                                         | 87 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura N°1 : Emplazamiento de la subestación .....                                                                | 19 |
| Figura N°2 : Verificación holgura del conductor. ....                                                             | 28 |
| Figura N°3 : Distancias mínimas de seguridad en zonas de trabajo [24] .....                                       | 31 |
| Figura N°4 : Transición tubería PVC(Enterrada) a IMC(expuesta) .....                                              | 37 |
| Figura N°5 : Distancia mínima entre partes vivas de armarios .....                                                | 43 |
| Figura N°6 : Espectro de diseño para frecuencia (hz). ....                                                        | 53 |
| Figura N°7 : Espectro de diseño para periodo (s). ....                                                            | 54 |
| Figura N°8 : Esquema de ejemplo de aplicación de carga para el chequeo a flexión de zapatas de un pedestal .....  | 73 |
| Figura N°9 : Esquema de ejemplo de aplicación de carga para el chequeo a flexión de zapatas de 2 pedestales ..... | 73 |
| Figura N°10 : Formulación y consideraciones para el diseño a compresión de elementos .....                        | 75 |
| Figura N°11 : Formulación y consideraciones para el diseño a tracción de elementos .....                          | 76 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla N°1 Identificación de niveles de tensión por letra .....                                                                                     | 17 |
| Tabla N°2 Información requerida para los equipos en el DU .....                                                                                    | 17 |
| Tabla N°3 Cuadro de coordenadas del proyecto .....                                                                                                 | 19 |
| Tabla N°4 Condiciones ambientales a considerar en los diseños .....                                                                                | 20 |
| Tabla N°5 Parámetros eléctricos a considerar en los diseños .....                                                                                  | 21 |
| Tabla N°6 Niveles mínimos de corriente de cortocircuito .....                                                                                      | 24 |
| Tabla N°7 Valores referenciales para distancias de seguridad .....                                                                                 | 31 |
| Tabla N°8 Niveles de iluminación mínimos en exteriores .....                                                                                       | 33 |
| Tabla N°9 Niveles de iluminación mínimos en interiores .....                                                                                       | 34 |
| Tabla N°10 Separación escalerillas portaconductores .....                                                                                          | 37 |
| Tabla N° 11 Parámetros y zonas para el espectro de diseño .....                                                                                    | 52 |
| Tabla N°12. Valores Referenciales para diseño del espectro .....                                                                                   | 53 |
| Tabla N° 13. Valores de factores "IE "y "R" .....                                                                                                  | 55 |
| Tabla N° 14. Valores de razón de amortiguamiento "ξ" .....                                                                                         | 56 |
| Tabla N°15. Factores de importancia para obras civiles. "Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión" ..... | 61 |
| Tabla N°16. Factores de seguridad al deslizamiento .....                                                                                           | 69 |
| Tabla N°17. Desplazamientos máximos .....                                                                                                          | 78 |
| Tabla N°18. Distancias a borde y entre perforaciones .....                                                                                         | 78 |
| Tabla N°19. Los anchos y radios mínimos a considerar en el diseño geométrico de los caminos .....                                                  | 82 |

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente documento presenta los principales criterios de diseño de ingeniería y las directrices generales aplicables al diseño requeridos para el desarrollo del proyecto de ampliación en la subestación Roncacho para el nuevo reactor de línea 1x220 kV Nueva Pozo Almonte-Roncacho. El Propietario elaborará las especificaciones técnicas de los equipos requeridos para su respectivo diseño, suministro, parametrización y pruebas.

## 2 ALCANCE

Este documento establece los lineamientos y Criterios de Diseño para Instalaciones Eléctricas e instalaciones relacionadas a las obras civiles que deberán ser considerados por las Empresas de Ingeniería, Proveedores, Contratistas de obras, arrendatario, usufructuario o terceros que pretendan conectarse a instalaciones de El Propietario, así como también personal propio del Propietario que participe en el proceso de diseño de subestaciones Eléctricas en alta tensión.

Los Criterios de Diseños indicados en este documento son aplicables a las instalaciones de El Propietario con tensión que se interconectan a los diferentes segmentos de transmisión, entre los cuales se distinguen: “Sistema de Transmisión Nacional (STN)”, “Sistema de Transmisión Zonal (STZ)”, “Sistema de Transmisión Dedicado (STD)” y “Sistema de Transmisión para Polos de Desarrollo (STPD)”.

## 3 ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES

Para dar cumplimiento a los Criterios de Diseño de subestaciones eléctricas (Disciplina Civil y Eléctrica) establecidos en el presente documento, El Propietario deberá:

- a) Comunicar y exigir la aplicación de las disposiciones de este documento por parte de los consultores, proveedores, contratistas y en general, cualquier colaborador que participe en actividades pertenecientes a la especialidad electromecánica y civil, en las instancias correspondientes establecidas en la normativa vigente y las mejores prácticas de diseño y construcción.
- b) Dar cumplimiento a las exigencias de estos criterios en la elaboración de las bases de licitación de obras de transmisión promovidas y en otras materias de su competencia de las cuales sea aplicable el presente criterio de diseño.

Por su parte, para dar cumplimiento a los criterios electromecánicos y civiles establecidos en el presente documento, los colaboradores de El Propietario deberán velar por:

- a) Dar cumplimiento a las exigencias mínimas de diseño de las instalaciones encomendadas según lo descrito en el presente criterio de diseño, así como las exigencias normativas de diseño vigentes.
- b) Entregar a El Propietario los datos, antecedentes e información requeridos en tiempo y forma y con la calidad correspondiente, con tal de entregar garantías y demostrar fiel cumplimiento.

## **4 MARCO NORMATIVO**

Para los efectos de aplicación de la normativa listada a continuación, se tendrá en cuenta la última versión y en situaciones de conflicto entre ellas, se aplicará la norma que fije la condición más restrictiva. Para los fines de aplicación de la normativa, para el caso en que alguna de las normas sea reemplazada o derogada, las exigencias y aplicación corresponderán a la normativa que la sucede.

### **4.1 NORMATIVA ELÉCTRICA**

#### **4.1.1 Marco normativo nacional**

- [1] Pliegos Técnicos Normativos RIC para baja tensión. Vigentes desde el 12 de julio de 2021.
- [2] Pliegos Técnicos Normativos RPTD Vigentes desde el 17 de marzo de 2021.
- [3] Norma técnica de seguridad y calidad de servicio (NTSyCS) vigente y anexos técnicos que la conforman, CNE de enero de 2025.
- [4] Anexo Técnico: Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión.
- [5] Anexo Técnico: Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión.
- [6] D.S. N°43/2012 Regulación de la contaminación lumínica.
- [7] CIGRE Lecciones y recomendaciones para el sector eléctrico derivadas del terremoto del 27 febrero de 2010 en Chile.

#### **4.1.2 Marco normativo internacional**

- [8] IEC 60815: Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions.
- [9] IEC 60071: Insulation co-ordination – All Parts.
- [10] IEC 60949: Calculation of thermally permissible short – circuit currents, taking into account non – adiabatic heating effects.
- [11] IEC 61089: Round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors.
- [12] IEEE Std. 525: Guide for the Design and Installation of Cable Systems in Substations.
- [13] IEEE Std. 605: Guide for Bus Design in Air Insulated Substations.
- [14] IEEE Std. 693: Recommended practice for seismic design of substations.
- [15] IEEE Std. 738: Standard for Calculating the Current – Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors.
- [16] IEEE Std. 979: Guide for Substation Fire Protection.
- [17] IEEE Std. 998: Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations.
- [18] IEEE Std. 1527: Recommended practice for the design of flexible buswork located in seismically active areas.
- [19] IEEE Std. 1427: Guide for Recommended Electrical Clearances and Insulation Levels in Air-Insulated Electrical.
- [20] IEEE Std. 80: IEEE Guide for safety in AC substation grounding.



- [21] IEEE Std. 81: IEEE Guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potentials of a ground system (Part 1&2).
- [22] IEEE Std. 367: IEEE Recommended practice for determining the electric power substation ground potential rise and induced voltage from a power fault.
- [23] IEEE Std. 485: IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stationary Applications.
- [24] IEEE Std. 946: IEEE Recommended Practice for Desing of DC Auxiliary Power Systems Generating Stations.
- [25] IEC 61936-1: Power installations exceeding 1 kV A.C. – Part 1: Common rules.
- [26] IEC 60865: Short-circuit currents - Calculation of effects.
- [27] IEC 61869: Instrument Transformers all parts.
- [28] IEC 60034-1: Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance.
- [29] IEC 60044: Instrument Transformers all parts.
- [30] IEC 60076: Power transformers all parts.
- [31] IEC-60086: SER "Primary batteries – All Parts.
- [32] IEC 60099: Surge arresters.
- [33] IEC 60137: Insulated bushings for alternating voltages above 1000 V.
- [34] IEC 60270: High-voltage test techniques - Partial discharge measurements.
- [35] IEC 62271: High-Voltage Switchgear and Controlgear - all parts.
- [36] IEC 60273: Dimensions of indoor and outdoor post insulators and post insulator unit for systems with nominal voltages greater than 1 000 V.
- [37] IEC 60353: Line Traps for A.C. Power Systems.
- [38] IEC 60376: Specification of technical grade sulphur hexafluoride (SF6) and complementary gases to be used in its mixtures for use in electrical equipment.
- [39] IEC 60480: Specifications for the re-use of sulphur hexafluoride (SF6) and its mixtures in electrical equipment.
- [40] IEC 60502-2: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV).
- [41] IEC 60529 Ed. 2.2 b: Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).
- [42] IEC 62305: Protection against lightning.
- [43] IEEE 1313.1: Standard for Insulation Coordination-Definition, Principles and Rules.
- [44] IEEE 1313.2: Standard for Insulation Coordination.
- [45] IEEE Std 1818: IEEE guide for the design of low voltaje auxiliary systems for electrical power substations.
- [46] IEEE Std 693: IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations.
- [47] IEEE Std C37.24: IEEE Guide for Evaluating the Effect of Solar Radiation on Outdoor Metal-Enclosed Switchgear.

- [48] IEEE Std. 575: IEEE Guide for the Application of Sheath-Bonding Methods for Single-Conductor Cables and the Calculation of Induced Voltages and Currents in Cable Sheaths.
- [49] NFPA 10: Portable Fire Extinguishers.
- [50] NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code.
- [51] NFPA 70: National Electrical Code.
- [52] NFPA 850: Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Stations.
- [53] NFPA 2001: Clean Agent Fire Extinguishing Systems.
- [54] NFPA 12: Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems.
- [55] UNE-EN 12464-1: Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en Interiores.
- [56] UNE-EN 12464-2: Iluminación de lugares de trabajo. Parte 2: Lugares de trabajo exteriores.

Y en general, los estándares estipulados por las siguientes instituciones:

- [57] IEC: International Electrotechnical Commission.
- [58] IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [59] NEC: National Electrical Code.
- [60] NEMA: National Electrical Manufacturers Association.
- [61] NESC: National Electrical Safety Code.
- [62] ANSI: American National Standards Institute.
- [63] IES: Illuminating Engineering Society.

## **4.2 NORMATIVIDAD CIVIL**

### **4.2.1 Marco normativo nacional**

- [64] NCh 170: Hormigón – Requisitos Generales.
- [65] NCh 203: Acero para uso estructural.
- [66] NCh 204: Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón armado.
- [67] NCh 211: Barras con resaltes en Obras de hormigón Armado.
- [68] NCh 218: Acero – Mallas de alta resistencia para hormigón armado. Especificaciones.
- [69] NCh 301: Pernos de acero con cabeza y tuerca hexagonal.
- [70] NCh 304: Electrodo para soldar al arco manual. Terminología y clasificación.
- [71] NCh 305: Electrodo para soldar al arco manual acero al carbono y aceros de baja aleación. Códigos de asignación e identificación.
- [72] NCh 306: Electrodo revestido para soldar al arco manual acero al carbono y aceros de baja aleación. Prescripciones.
- [73] NCh 427: Estructuras de acero – Parte 1: Requisitos para el cálculo de estructuras de acero de edificios.
- [74] NCh 430: Hormigón armado. Requisitos de diseño y cálculo.

- [75] NCh 431: Construcción – Sobrecargas de nieve.
- [76] NCh 432: Cálculo de la acción del viento sobre las estructuras.
- [77] NCh 433: Diseño sísmico de Edificios.
- [78] NCh 1537: Cargas permanentes cargas de uso.
- [79] NCh 2369: Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
- [80] NCh 3171: Disposiciones generales y combinaciones de cargas.
- [81] NTSyCS: Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio. Enero de 2025.
- [82] Anexo Técnico: Exigencias Mínimas para el Diseño de Instalaciones de Transmisión.
- [83] Anexo Técnico: Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión.
- [84] ETG-A.0.21: Especificaciones Técnicas Generales “Solicitaciones Sísmicas sobre Estructuras y Fundaciones de Subestaciones.
- [85] ETG-A.0.20: Especificaciones Técnicas Generales “Especificaciones de diseño sísmico de instalaciones eléctricas de alta tensión.
- [86] ETG A.1.03: Especificaciones técnicas generales de Criterio diseño estructuras y fundaciones de Subestaciones eléctricas”, como documento de consulta.
- [87] Documento técnico: Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión” – CIGRE.
- [88] Manual de Carreteras.
- [89] Coordinador Eléctrico Nacional: Criterios de diseño para subestaciones del sistema de transmisión nacional.
- [90] Decreto supremo 60: Reglamento que fija requisitos de diseño y cálculo de hormigón armado. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- [91] Decreto supremo 61: Reglamento que fija el diseño sísmico de edificios. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- [92] Ministerio de Vivienda y Urbanismo: Manual de aplicación de reglamentación térmica”.
- [93] Ley general de urbanismo y construcción.

#### **4.2.2 Marco normativo internacional**

- [94] AISC: Manual of Steel Construction Allowable Stress Design.
- [95] ASCE 10-15: Design of Steel Transmission Structures.
- [96] Manual N°52 ASCE: Guide for Design of Steel Transmission Towers.
- [97] Manual N°74: Guidelines for Electrical Transmission Line Structural Loading.
- [98] Manual N°113 ASCE: Substation Structure Design Guide.
- [99] ASTM A36: Standard Specification for Carbon Structural Steel.
- [100] ASTM A500: Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes.
- [101] ASTM A53: Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless.
- [102] ASTM A572: High – strength low-alloy structural steel.

- [103] ASTM A325: High – strength bolts for structural steel joints.
- [104] ASTM A394: Steel transmission towers bolts zinc coated.
- [105] ASTM A6: General requirements for rolled structural steel bars.
- [106] ASTM A123: Standard Specification for Zinc (Hot Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products.
- [107] ASTM A143: Standard Practice for Safeguarding Against Embrittlement of Hot Dip Galvanized Structural Steel Products and Procedure for Detecting Embrittlement.
- [108] ASTM A153: Standard Specification for Zinc Coating (Hot Dip) on iron and Steel Hardware.
- [109] ASTM A193: Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless-Steel Bolting Materials for High- Temperature Service.
- [110] AWS: Structural welding Code-Steel D1.1.
- [111] EN 10025: Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas uso general.
- [112] ISO 898-1: Mechanical properties of fasteners made of carbon Steel and alloy Steel.
- [113] DIN 7990: Sechskantschrauben mit Sechskantmuttern für stahlkonstruktionen.
- [114] DIN 267: Verbindungselemente.
- [115] ANSI B18.21.1: Washers: Helical Spring-Lock, Tooth Lock and Plain Washers (Inch Series).
- [116] ACI 318: American Concrete Institute.
- [117] AASHTO: Standard Specifications for Highway Bridge.

#### **4.3 REFERENCIAS INTERNAS**

- [118] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0022: Especificación Técnica Reactor Trifásico 220 kV.
- [119] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0020: Especificación Técnica Interruptor 220 kV.
- [120] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0016: Especificación Técnica Desconectadores 220 kV.
- [121] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0025: Especificación Técnica Transformadores de Corriente.
- [122] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0026: Especificación Técnica Transformadores de Potencial.
- [123] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0021: Especificación Técnica Pararrayos 220 kV.
- [124] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0017: “Especificación Técnica Desconectadores 220 kV”.
- [125] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0012: “Especificación Técnica Aislador de Pedestal 123 kV”.
- [126] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0013: Especificación Técnica Armarios.
- [127] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0014: Especificación Técnica Cajas de Agrupamiento.
- [128] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0015: Especificación Técnica Cargador y Banco de Baterías.
- [129] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0019: Especificación Técnica Grupo Electrógeno.

- [130] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0023: Especificación Técnica Tableros SSAA.
- [131] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0018: Especificación Técnica Equipos Control, Protección y Medida.
- [132] ENG-OA-RON-SE-EL-ET-0024: Especificación Técnica TP Cargables.
- [133] ENG-OA-RON-SE-CL-PT-002: Disposición General en Terreno.
- [134] ENG-OA-RON-SE-EL-ED-001: Disposición de equipos Patio 220 kV - Planta y lista de equipos.
- [135] ENG-OA-RON-SE-EL-ED-002: Disposición de equipos Patio 220 kV – Secciones.
- [136] ENG-OA-RON-SE-EL-ED-003: Disposición de Equipos en Sala.
- [137] ENG-OA-RON-SE-EL-EM-003: Malla de Puesta a Tierra subterránea – Planta y detalles.
- [138] ENG-OA-RON-SE-EL-EM-001: Malla de Puesta a Tierra en Sala SSAA y SSGG – Planta.
- [139] ENG-OA-RON-SE-EL-EM-002: Malla de puesta a tierra aérea - Planta y Detalles.
- [140] ENG-OA-RON-SE-EL-LU-001: Alumbrado exterior y Enchufes del patio – Planta y detalles.
- [141] ENG-OA-RON-SE-CL-PT-001: Plano de Demoliciones.
- [142] ENG-OA-RON-SE-CL-DF-001: Disposición General de Fundaciones.
- [143] ENG-OA-RON-SE-CL-PT-003: Planta general de estructuras.
- [144] ENG-OA-RON-SE-CL-CA-001: Canalizaciones, Cámaras, Trincheras (Canaletas) y Bancos de Ductos de Patios.
- [145] ENG-OA-RON-SE-CL-MT-001: Adecuación de Terreno - Planta y perfiles.
- [146] ENG-OA-RON-SE-CL-VI-001: Caminos Interiores y exteriores y accesos (vialidad) (Georreferenciado).
- [147] ENG-OA-RON-SE-CL-CE-001: Plano Cerco Perimetral (externo e interno) de patio-Planta y Detalles.
- [148] ENG-OA-RON-SE-CL-AT-001: Plano de Drenajes.
- [149] ENG-OA-RON-SE-EL-EU-001: Diagrama unilineal simplificado 220 kV.
- [150] ENG-OA-RON-SE-EL-EU-002: Diagrama unilineal funcional 220 kV.
- [151] ENG-OA-RON-SE-EL-EU-004: Diagrama Unilineal de SSAA de CC.
- [152] ENG-OA-RON-SE-EL-EU-003: Diagrama Unilineal de SSAA de CA.
- [153] ENG-OA-RON-SE-EL-DI-001: Arquitectura de Control, Protección y Medida.

## 5 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

### 5.1 DEFINICIONES

**Anexo o Anexo Técnico:** Documento que contiene las exigencias mínimas de diseño de instalaciones de transmisión y que forma parte integrante de la NT.

**Baja tensión:** Instalaciones eléctricas con tensiones de operación menor a 1 kV.

**Media Tensión:** Instalaciones eléctricas con tensiones de operación desde 2,4 kV hasta 23 kV.

**Alta Tensión:** Instalaciones eléctricas con tensiones de operación desde 33 kV hasta 220 kV.

**Extra Alta tensión:** Instalaciones eléctricas con tensiones de operación desde 345 kV hasta 1000 kV.

**Barra:** Instalación común de un patio de subestación al cual se conectan, a través de paños, elementos tales como líneas de transmisión, transformadores, equipos de compensación reactiva, entre otros.

**Paño o Bahía:** También denominado Bahía, corresponde a un conjunto de equipamientos que permite conectar un Elemento Serie o Paralelo al ST, compuesto, en general, por interruptor, desconectadores, transformadores de medida, pararrayos, trampas de onda, condensadores de acoplamiento, entre otros.

**Central clamp:** Tipo de bushing de porcelana no cementada y que no tiene mordazas de sujeción, no sometido a esfuerzos de flexión, que se mantiene unido y sellado sólo por efecto de resortes internos que comprimen las partes.

**Air Insulated Substation (AIS):** Subestación aislada en Aire, aísla el potencial a tierra de las partes energizadas por aire.

**Gas Insulated Substation (GIS):** Subestación aislada en gas SF<sub>6</sub> u otro gas aislante.

**Gas Insulated Line (GIL):** Línea de alta tensión aislada en gas SF<sub>6</sub> u otro gas aislante.

**Hybrid Insulated Substation (HIS):** Subestación conformada por elementos aislados en gas y elementos aislados en aire, tales como interruptores, desconectadores, transformadores de medida, entre otros.

**Estructura alta de subestaciones:** Estructura de soporte de conductores que corresponde a marcos de línea, marcos de barra y pilar de cable de guardia.

**Estructura baja de subestaciones:** Estructura de soporte diseñada para el montaje de los equipos primarios de patio, tales como los desconectadores, pararrayos, transformadores de corriente y de potencial y aisladores de pedestal, entre otros.

**Interruptor tanque vivo:** Interruptor de poder que tiene su cámara de ruptura al potencial de servicio de la subestación.

**Interruptor tanque muerto:** Interruptor de poder que tiene su cámara de ruptura dentro de un estanque o envoltorio metálica conectada a tierra.

**Malla de puesta a tierra:** Sistema de electrodos de tierra interconectados, compuesto por un número de conductores desnudos enterrados que conforman un reticulado, el cual proporciona una base de potencial común de conexión a tierra para los dispositivos eléctricos o estructuras metálicas, y a su vez proporciona protección a las personas minimizando el peligro a la exposición a altos voltajes de paso o de contacto.

**Optical Ground Wire (OPGW):** Cable de guardia, que puede ser de diversos materiales según su aplicación, y que tiene incorporado fibra óptica para uso en comunicaciones.

**Pararrayos o descargador de sobretensiones:** Elemento limitador de sobretensiones conectado directamente entre las fases y tierra.

**Sistema de puesta a tierra:** Conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica.



Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente, y todas las instalaciones de puesta a tierra interconectadas en un sistema específico.

**Subestación digital:** Subestación cuya comunicación es realizada de manera digital mediante IEDs y una red de comunicaciones, a través de la cual se realiza el envío de datos.

**Transformador de poder:** Dispositivo eléctrico que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica de uno o más circuitos, a uno o más circuitos a la misma frecuencia, usualmente aumentando o disminuyendo los valores de tensión y corriente eléctricas.

**Transformador de medida:** Un transformador de medida es un dispositivo que se conecta a las redes eléctricas para que conviertan las amplitudes relativas de voltaje y corriente en un circuito AC, en corrientes y tensiones de una manera proporcional en magnitud y en fase.

**Transformadores de medida no convencionales (NCIT):** Transformadores de medida que no utilizan núcleos magnéticos para efectuar la medición de corriente o voltaje.

**Sistema de Transmisión:** Conjunto de líneas y subestaciones eléctricas que forman parte de un sistema eléctrico, y que no están destinadas a prestar el servicio público de distribución.

**Sistema de Transmisión Dedicado:** Los sistemas de transmisión dedicados estarán constituidos por las líneas y subestaciones eléctricas radiales, que encontrándose interconectadas al Sistema Eléctrico, están dispuestas esencialmente para el suministro de energía eléctrica a usuarios no sometidos a regulación de precios o para inyectar la producción de las centrales generadoras al SI.

**Sistema de Transmisión Nacional:** El sistema de transmisión nacional es aquel sistema que permite la conformación de un mercado eléctrico común, interconectando los demás segmentos de la transmisión, y estará constituido por las líneas y subestaciones eléctricas que permiten el desarrollo de este mercado y posibilitan el abastecimiento de la totalidad de la demanda del sistema eléctrico, frente a diferentes escenarios de disponibilidad de las instalaciones de generación, incluyendo situaciones de contingencia y falla, considerando las exigencias de calidad y seguridad de servicio establecidas en la Ley, los reglamentos y las normas técnicas.

**Sistema de Transmisión para Polos de Desarrollo:** Los sistemas de transmisión para polos de desarrollo estarán constituidos por las líneas y subestaciones eléctricas, destinadas a transportar la energía eléctrica producida por medios de generación ubicados en un mismo polo de desarrollo, hacia el sistema de transmisión, haciendo un uso eficiente del territorio nacional.

**Sistema de Transmisión Zonal:** Cada sistema de transmisión zonal estará constituido por las líneas y subestaciones eléctricas dispuestas esencialmente para el abastecimiento actual o futuro de clientes regulados, territorialmente identificables, sin perjuicio del uso por parte de clientes libres o medios de generación conectados directamente o a través de sistemas de transmisión dedicada a dichos sistemas de transmisión.

**Subestación Eléctrica:** Instalación eléctrica del Sistema de Transmisión que forma parte de un sistema eléctrico, encargada de realizar transformación de tensión, frecuencia, o conexión de dos o más circuitos de líneas de transmisión.

**Apantallamiento o Malla de Puesta a Tierra Aérea:** Sistema integral usado para reducir los daños físicos que pueden ser causados por el rayo a un ser vivo o a una estructura. Se puede

considerar la medida más efectiva para proteger las estructuras contra los daños físicos causado por las descargas eléctricas atmosféricas. Este sistema usualmente consiste tanto de una protección externa, una interna y medida de seguridad y protección personal contra rayos.

## 5.2 ABREVIATURAS

SEN: Sistema eléctrico Nacional

ST: Sistema de Transmisión.

STN: Sistema de Transmisión Nacional.

STD: Sistema de Transmisión Dedicado

STZ: sistema de Transmisión Zonal.

STPD: Sistema de Transmisión para Polos de Desarrollo.

MPAT: Malla de Puesta a Tierra.

SSEE: Subestaciones.

LLTT: Líneas de Transmisión.

CEN: Coordinador Eléctrico Nacional.

CNE: Comisión Nacional de Energía.

IEC: International Electrotechnical Commission.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

NTSyCS: Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio.

GIS: Gas Insulated Substation.

HIS: Hybrid Insulated Substation.

AIS: Air Insulated Substation.

ATD: Anexo Técnico Diseño de Instalaciones de Transmisión.

MSNM: Metros sobre el Nivel del Mar.

SSAA: Servicios auxiliares.

## 5.3 SIMBOLOGÍA PARA DIAGRAMAS UNILINEALES SIMPLIFICADOS Y FUNCIONALES

Los diagramas unilineales deberán realizarse considerando la simbología dada por las recomendaciones del CEN en el documento "Información Técnica del Sistema Eléctrico Nacional Nomenclatura de Instalaciones" en su última versión o documento que lo reemplace, el cual está basado en lo descrito por las normas IEC 60617 e IEEE Std 315, no se permitirá la mezcla de símbolos de distintas normas. La nomenclatura de los equipos de alta tensión, llegadas de líneas y barras deberá considerar las exigencias indicadas en el documento antes mencionado.

Los niveles de tensión se deben identificar en función de la letra asignada en la Tabla N°1. Para el desarrollo del proyecto se considera la letra J de acuerdo al nivel de tensión de la subestación.



**Tabla N°1 Identificación de niveles de tensión por letra**

| Tensiones nominales del sistema (kV) |         | Letra |
|--------------------------------------|---------|-------|
| Extra Alta Tensión                   | 1000    | M     |
|                                      | 750     | U     |
|                                      | 500     | K     |
|                                      | 345     | L     |
| Alta Tensión                         | 220     | J     |
|                                      | 154     | A     |
|                                      | 121     | Q     |
|                                      | 100-110 | H     |
|                                      | 66-69   | B     |
|                                      | 33-44   | F     |
| Media Tensión                        | 20-23   | E     |
|                                      | 11-15   | C     |
|                                      | 2,4-6,6 | D     |

En la Tabla N°2 se observa el resumen de la información mínima requerida en los diagramas unilineales funcionales para cada uno de los equipos, barra y líneas de transmisión correspondientes a la instalación eléctrica. Cualquier equipo particular requerido para el desarrollo del proyecto, que no esté listado en la Tabla N°2 debe ser considerado y delimitado en el diagrama unilineal.

**Tabla N°2 Información requerida para los equipos en el DU**

| Descripción                     | Información                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desconectadores e interruptores | <ul style="list-style-type: none"> <li>- TAG del equipo</li> <li>- Tensión nominal en (kV)</li> <li>- Corriente nominal en (A)</li> <li>- Capacidad de cortocircuito en (kA)</li> <li>- Marca y modelo del equipo (Solo aplica DUF)</li> </ul>                              |
| Transformadores de medida       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- TAG del equipo</li> <li>- Razón de transformación</li> <li>- Número de núcleo</li> <li>- Clase de precisión</li> <li>- Burden en (VA)</li> <li>- Bornes de polaridad</li> <li>- Marca y Modelo equipo (Solo aplica DUF)</li> </ul> |

| Descripción        | Información                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pararrayos         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- TAG del equipo</li> <li>- Tensión nominal (<math>U_r</math>) en (kV)</li> <li>- Tensión de trabajo continuo (<math>U_c</math>) en (kV)</li> <li>- Corriente de descarga nominal (<math>I_n</math>) en (kA)</li> <li>- Marca y modelo del equipo (Solo aplica DUF)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                    |
| Trampas de Onda    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- TAG del equipo</li> <li>- Corriente nominal en (A)</li> <li>- Capacidad de cortocircuito en (kA)</li> <li>- Fases de conexión.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Generadores        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensión nominal (<math>U_r</math>) en (kV)</li> <li>- Potencia aparente nominal (MVA)</li> <li>- Factor de potencia nominal.</li> <li>- Método de conexión del neutro a tierra (Si aplica)</li> <li>- Tipo de combustible</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Barras             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre identificador e irrepetible</li> <li>- Tensión nominal en (kV).</li> <li>- Número de fases.</li> <li>- Número de conductores por fase.</li> <li>- Tipo de conductor</li> <li>- Sección nominal en AWG, MCM o <math>\text{mm}^2</math></li> <li>- Capacidad nominal de la barra</li> <li>- Sobrecarga de corta duración en (kA).</li> </ul> <p>(Si la barra es de conductor rígido según lo indicado en el artículo 8 literal g del ATD no se requiere indicar el tipo de conductor).</p> |
| Líneas             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de la línea.</li> <li>- Para el caso de líneas en doble circuito se deben indicar los circuitos correspondientes.</li> <li>- Paño destino de llegada de la subestación remota.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Equipos inductivos | <ul style="list-style-type: none"> <li>- TAG del equipo</li> <li>- Potencia reactiva aparente nominal (MVar)</li> <li>- Tensión nominal en (kV).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

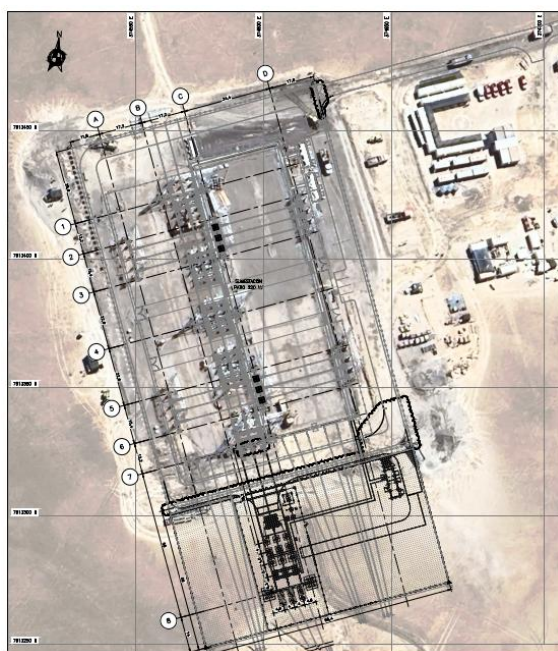
## 6 CONDICIONES AMBIENTALES, ELÉCTRICAS Y UBICACIÓN.

### 6.1 EMPLAZAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN

Para el emplazamiento del área del proyecto correspondiente a la ampliación en la S/E Roncacho 220 kV se requiere presentar la ubicación en coordenadas UTM y los vértices del polígono aproximados donde se desarrollará el proyecto.

**Tabla N°3 Cuadro de coordenadas del proyecto**

| Vértices                                                 | Coordenadas UTM WGS84 19K |            |
|----------------------------------------------------------|---------------------------|------------|
|                                                          | Este                      | Norte      |
| <b>Límites de subestación existente</b>                  |                           |            |
| V1                                                       | 374563,02                 | 7913302,53 |
| V2                                                       | 374658,04                 | 7913328,09 |
| V3                                                       | 374620,18                 | 7913468,88 |
| V4                                                       | 374525,16                 | 791344,33  |
| <b>Límites de subestación proyectados por ampliación</b> |                           |            |
| VA1                                                      | 374577,54                 | 7913248,55 |
| VA2                                                      | 374672,56                 | 7913274,10 |



**Figura N°1 : Emplazamiento de la subestación**

## 6.2 CONDICIONES AMBIENTALES

Las Instalaciones eléctricas deberán ser diseñadas para funcionar adecuadamente bajo las condiciones ambientales a las que estarán expuestas, considerando las particularidades del proyecto, las cuales estarán determinadas entre otras cosas por la zona de ubicación, altura sobre el nivel del mar, nivel de contaminación, etc. Todos los equipos e instalaciones del tipo outdoor, se encontrarán expuestos a condiciones medioambientales severas y extremas por lo que deberán contar con un grado IP de Protección adecuado para tal fin.

En la Tabla N°4 se observan algunos de los parámetros ambientales de carácter referencial a considerar para el diseño de las instalaciones, así como la recomendación preliminar para su verificación. Es importante indicar que estas fuentes pudieran variar dependiendo de la etapa de desarrollo de la Ingeniería en la cual se encuentre el proyecto.

**Tabla N°4 Condiciones ambientales a considerar en los diseños**

| Parámetro                                              | Unidad                | Valor |
|--------------------------------------------------------|-----------------------|-------|
| Altura máxima de la instalación sobre el nivel del mar | m.s.n.m.              | 900   |
| Temperatura ambiente de diseño                         | -                     | -     |
| Temperatura Mínima                                     | °C                    | -5    |
| Temperatura Media                                      | °C                    | 17,5  |
| Temperatura Máxima                                     | °C                    | 29    |
| Velocidad del viento                                   | km/h                  | 100   |
| Aumento de temperatura por Radiación solar             | °K                    | 15    |
| Nivel de contaminación                                 | mm/kV (f-t)           | 53,7  |
| Nivel cerámico                                         | Rayos/km <sup>2</sup> | 3     |

Considerando las recomendaciones indicadas por el CEN, en el documento “Guía Técnica Descripción y Respaldo de Parámetros” en su última versión, para la verificación de la radiación solar, se debe ingresar en la página <https://solar.minenergia.cl/exploracion> e indicar la ubicación exacta del emplazamiento de la subestación, dentro de la página antes indicada existe una sección para explorar el recurso solar y los datos meteorológicos, en esta existen 6 tipos de gráficos de radiación, debiendo seleccionar el ciclo diario anual global horizontal. De los valores graficados se solicita la radiación de los meses julio y diciembre entre las 13:00 y las 13:59 hrs.

Para estimar el valor de densidad de descargas eléctricas atmosféricas a tierra se deberá disponer de herramientas o softwares de fuentes confiables (Entes gubernamentales, universidades, entidades y agencias acreditadas para ello) aprobadas por El Propietario.

Un ejemplo de estas herramientas es el “Space Time Domain Search” de propiedad de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), que arroja, para el área de

estudio, la cantidad de destellos detectados por el Sensor de Imágenes de Rayos (LIS) de la Estación Espacial Internacional (ISS).

Por parte de los softwares se recomienda utilizar aplicaciones tales como el Applet G-2 “World Map of Ground Flash Density and North America Map of Earth Resistivity” del libro EPRI “AC Transmission Line Reference Book – 200 kV and Above”, el cual utiliza las distribuciones tomadas del satélite Optical Transient Detector and Lightning Imaging Sensor (OTD) y calcula la densidad descargas a tierra de manera automática. En caso de que el consultor decida utilizar otra fuente de información deberá ser presentada y acordada previamente con El Propietario.

Sin perjuicio de lo anteriormente señalado, el índice de tormentas al año seleccionado para la instalación no podrá ser menor a 5 Td.

### 6.3 PARÁMETROS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Para el diseño se considerarán los siguientes parámetros eléctricos:

**Tabla N°5 Parámetros eléctricos a considerar en los diseños**

| Parámetro                                                | Unidad | Valor                |
|----------------------------------------------------------|--------|----------------------|
| Tensión nominal                                          | kV     | 220                  |
| Tensión máxima                                           | kV     | 245                  |
| Frecuencia                                               | Hz     | 50                   |
| Nivel de cortocircuito de diseño de equipos              | kA     | 50                   |
| Sobrevoltaje de impulso <sup>1</sup>                     | kVcr   | 1050                 |
| Tensión de servicios auxiliares de corriente continua CC | Vcc    | 110 (+10%, -15%)     |
| Tensión de servicios auxiliares de corriente alterna CA  | Vca    | 380 / 220 (+5%, -5%) |

### 6.4 CONDICIONES SÍSMICAS

Para asegurar la calidad sísmica de las instalaciones de transmisión, en su diseño se aplicarán las normas chilenas vigentes según lo indicado en el Anexo Técnico “Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión y la NTSyCS de enero del 2025.

Además de lo anteriormente mencionado se deberá considerar las recomendaciones del CIGRE “Lecciones y recomendaciones para el sector eléctrico derivadas del terremoto del 27 febrero de 2010 en Chile” y “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión 2018”.

## 7 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO

Las instalaciones eléctricas en su diseño deberán al menos, considerar todas y cada una de las exigencias normativas contenidas en la NTSyCS y anexos técnicos que la conforman. Sin

---

<sup>1</sup> Valor a ser confirmado en el estudio de coordinación de aislamiento.

perjuicio de lo anterior, para el desarrollo de los diseños de instalaciones eléctricas deberá considerarse adicionalmente las siguientes premisas:

- La subestación se diseñará usando equipos de maniobra de alta tensión (AT) convencionales e interruptores tanque vivo, conectados en forma aérea a través de conductores AAC para conexiones al interior de la subestación, marco de barra y equipos
- Se considerarán una (1) sala de servicios auxiliares para la instalación de los equipos de SS/AA de la subestación prefabricada, control y protecciones correspondientes al paño del nuevo reactor de línea.
- Se considerará en el dimensionamiento de los servicios auxiliares, los consumos requeridos, de manera de cuantificar la capacidad de los bancos de baterías, cargadores, transformadores de SS/AA que abastecerán los consumos requeridos por el proyecto, incluyendo los consumos de las instalaciones futuras, definidas en las bases de licitación.
- Para los servicios auxiliares de corriente continua, se considera utilizar dos (2) bancos de baterías de 110 Vcc con sus respectivos cargadores, estos serán suministrados por el constructor.
- Se construirán con fundaciones prefabricadas, esto para los equipos primarios, estructuras altas, bajas y salas de control.
- Se consideran armarios MK en patio para las interconexiones remotas.
- Los equipos y armarios en instalaciones exteriores deberán ser a prueba de polvo, con grado de protección IP65 de acuerdo con la publicación IEC-60529.
- Para instalaciones internas los armarios y equipos deberán contar con un grado de protección de al menos IP 51 según la IEC.
- El diseño y la elección de los componentes del proyecto deberán lograr una solución óptima desde los puntos de vista de calidad, rendimiento global, seguridad, costo de operación, facilidades de mantenimiento y otras metas propias de una buena ingeniería.
- El diseño y la elección de los equipos y materiales deberán considerar tecnologías modernas. No obstante, los equipos y materiales seleccionados deberán ser de confiabilidad comprobada de acuerdo con las normas de fabricación citadas en estos Criterios de Diseño
- En la selección de los equipos y materiales, se deberá procurar la uniformidad para funciones iguales o similares, tendiendo a un mínimo de repuestos necesarios.
- La disposición de los equipos en la subestación (cualquier configuración) y salas eléctricas, deberán permitir el crecimiento armónico de la subestación, considerando los Planes de Expansión de la Transmisión. Además, estas instalaciones no deberán bloquear ni generar puntos ciegos dentro de la disposición.

## 8 OBRAS ELECTROMECAÑICAS

### 8.1 EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN

Las obras de ampliación en la subestación Roncacho 220 kV, considera el diseño, suministro, instalación y puesta en servicio de los siguientes equipos de tensión nominal 220 kV:

- Un (1) reactor de línea trifásico 220 kV – 25 MVA.
- Un (1) Interruptor trifásico con accionamiento monopolar 220 kV
- Un (1) Desconectador tripolar de apertura central 220 kV sin cuchilla de puesta a tierra.
- Seis (6) Transformadores de potencial cargables de 25 kVA.
- Seis (6) descargadores de sobretensiones de 198 kV.
- Tres (3) Transformadores de corriente de 220 kV.
- Un (1) descargador de sobretensiones – reactor de neutro de 126 kV
- Una (1) cuchilla de puesta a tierra rápida de 145 kV.
- Un (1) reactor de neutro de 123 kV.
- Un (1) Transformador de corriente neutro.
- Dos (2) trampas de onda para fase 1 y 3 de 220 kV.
- Tres (3) transformadores de potencial capacitivo de 220 kV.

A continuación, se listan algunas consideraciones generales:

- Los equipos primarios deberán cumplir con las exigencias normativas nacionales e internacionales que rigen en materia de equipamiento, en específico deberán cumplir a menos con todas y cada una de las exigencias normativas contenidas en la NTSyCS y anexos técnicos que la conforman.”
- Todos los equipos principales y componentes deberán estar dotados de los medios para señalar posibles averías, tales como medios de supervisión y autodiagnóstico que indiquen, de manera temprana, posibles malos funcionamientos, de manera que se tomen las precauciones debidas, tanto para la operación, como para proceder a la reparación y/o reemplazo oportuno.
- El nivel básico de aislamiento (BIL) debe ser el máximo de la clase de aislación, verificado con un estudio de coordinación de aislación. En el caso particular de instalaciones sobre los 1.000 msnm, se deberán aplicar correcciones por altitud al nivel básico de aislamiento externo (BIL) de los equipos primarios en conformidad al estándar IEC 60071-2, los cuales deberán tener una clase de aislación acorde a dicho BIL corregido, de acuerdo al estándar IEC 60071-1 vigente.
- La corriente nominal debe ser superior a la corriente máxima esperada para la aplicación en particular donde se instalará el equipo.
- La capacidad de ruptura debe ser mayor que la corriente de cortocircuito esperada para la subestación calculado en el respectivo estudio de cortocircuito. Inicialmente, se



deberá al menos considerar los niveles de cortocircuito indicados en la NTSyCS y anexos técnicos que la conforman (Ver Tabla N°6).

**Tabla N°6 Niveles mínimos de corriente de cortocircuito**

| Tensión<br>[kV] | Corriente<br>[kA] |
|-----------------|-------------------|
| 220             | 50                |

### 8.1.1 Interruptores

Todos los interruptores serán especificados para ser operados mediante accionamiento monopolar y se contarán con las características técnicas requeridas para soportar las cargas nominales, las tensiones máximas de servicio, las sobretensiones de maniobra y de frente de onda, los niveles de contaminación y las corrientes de cortocircuito en el lugar de instalación.

Los interruptores serán del tipo en Gas SF<sub>6</sub>, con una o más cámaras de ruptura y serán accionados con sistemas de energía almacenada de resortes.

El sistema de control del interruptor será diseñado para operar con 110 Vcc, y dispondrán de un selector local-remoto, que permita seleccionar el punto de accionamiento del interruptor.

Los interruptores dispondrán de doble bobina de apertura. Los equipos auxiliares (motor de carga de resortes, motor del mecanismo hidráulico, etc.) serán alimentados preferentemente en CC.

Los interruptores tendrán comando local, en el gabinete de mando del interruptor y comando remoto desde el control ubicado en una sala o caseta de control, según corresponda.

El diseño deberá incorporar los medios para supervisar los circuitos de disparo de los interruptores, de manera de obtener señales de alarma en caso de detectarse alguna anomalía.

Los interruptores deberán incorporar relés de mando sincronizado para cierre y apertura.

Los interruptores deberán poseer un sistema de autochequeo que reportará su comportamiento en cada operación.

### 8.1.2 Reactor

Se instalará un reactor de línea trifásico 220 kV de 25 MVar, con un grupo de conexión YN y un reactor de neutro de 123 kV. El reactor se prevé para operación en las condiciones climáticas indicadas en la Tabla N°4.

Los reactores deben cumplir con las Características Técnicas y deben ser diseñados de acuerdo con los requerimientos generales estipulados en la especificación técnica del reactor de línea trifásico [118].

El Fabricante de los reactores es el responsable de la realización del ejercicio de coordinación de aislamiento para las unidades y de la selección y suministro de los descargadores de sobretensión.

Todos los reactores incluyendo todos sus accesorios y válvulas deberán cumplir completamente con la señalización vigente.

El diseño, fabricación y pruebas los equipos inductivos deberá cumplir con la norma IEC 60076 (parte 6), en su última versión. Los reactores deben estar equipados con descargadores de sobretensión adecuados, incluyendo uno específico para el neutro del banco de equipos en el caso de reactores de línea, cuando así lo exija la coordinación de aislamiento.

El fabricante de los equipos inductivos tiene la responsabilidad de gestionar la coordinación del aislamiento correspondiente. Esto incluye identificar y proporcionar los descargadores de sobretensión adecuados, garantizando que estén alineados con las especificaciones técnicas de los equipos.

En sistemas de 220 kV, los descargadores deben instalarse sobre un soporte que esté integrado como parte de la cuba del equipo.

#### **8.1.3 Transformador de corriente**

Los transformadores de corriente se especificarán con las características técnicas requeridas para soportar las corrientes nominales y de cortocircuito, los niveles de contaminación y las tensiones máximas de servicio y las sobretensiones de frente de onda en el lugar de instalación.

La precisión de los núcleos del transformador de corriente y otras características particulares como el burden se establecerán preliminarmente de acuerdo a los parámetros indicados en los documentos del proceso de licitación (unilineal y especificaciones técnicas particulares). Dicha información deberá ser validada con el estudio de saturación de TTCC y TTPP.

La medición que efectúa en el transformador de corriente considerará la discriminación hasta las armónicas de orden 50.

#### **8.1.4 Desconectadores**

Los desconectadores serán de apertura central, sin puesta a tierra incorporada, según sea requerido de acuerdo a la disposición de equipos y los requerimientos operacionales del lugar de instalación y se especificarán con las características técnicas requeridas para soportar las tensiones máximas de servicio, las sobretensiones de frente de onda, los niveles de contaminación y las corrientes nominales y de cortocircuito en el lugar de instalación.

Los desconectadores de fase y tierra serán de accionamiento tripolar, de operación motorizada, alimentados con CC, mecánicamente enclavados para evitar el cierre simultáneo de las cuchillas de fase y tierra y dispondrán de enclavamiento eléctrico para evitar su accionamiento con el interruptor respectivo en posición cerrado.

Los desconectadores tendrán comando local, en el gabinete de mando del desconectador y comando remoto desde el control ubicado en la sala o caseta de control, según corresponda. El sistema de control operará con CC, operando a una tensión de 110 Vcc.

Los desconectadores, tanto de fase como de tierra dispondrán de un selector local-remoto, ubicado en la caja de mando, que permita seleccionar el punto de accionamiento del desconectador.

#### **8.1.5 Transformadores de potencial**

Los transformadores de potencial serán de tipo capacitivo, monopolares, para uso a intemperie, inmersos en aceite con aislación exterior de porcelana, sellados y se especificarán con las características técnicas requeridas para soportar las tensiones máximas de servicio, los niveles de contaminación y las sobretensiones de frente de onda en el lugar de instalación.

Las características particulares de los transformadores de potencial como burden y precisión se establecerán preliminarmente de acuerdo a los parámetros indicados en los documentos del proceso de licitación (unilineal y especificaciones técnicas particulares). Dicha información deberá ser validada con el estudio de saturación de TTCC y TTPP.

Los transformadores se especificarán para tener una respuesta de frecuencia que permita discriminar hasta la armónica 50, a lo menos.

#### **8.1.6 Transformadores de potencial cargable (SS/AA)**

Los transformadores de potencial serán de tipo inductivo, monopolares, para montaje vertical a la intemperie, inmersos en aceite mineral con aislación exterior de porcelana, sellados y se especificarán con las características técnicas requeridas para soportar las tensiones máximas de servicio, los niveles de contaminación y las sobretensiones de frente de onda en el lugar de instalación.

Las características particulares de los transformadores de potencial como burden y precisión se establecerán preliminarmente de acuerdo a los parámetros indicados en los documentos del proceso de licitación (unilineal y especificaciones técnicas particulares). Dicha información deberá ser validada con el estudio de saturación de TTCC y TTPP.

#### **8.1.7 Pararrayos**

Los pararrayos deberán ser monofásicos y aptos para protección de los equipos contra las sobretensiones producidas por operaciones de maniobras y por la ocurrencia de descargas atmosféricas.

Los Pararrayos deberán ser del tipo exterior, autosoportados, para instalación vertical, de construcción robusta, diseñados para facilitar su montaje y su limpieza. Si el diseño del Fabricante considera el empleo de anillos para efecto corona, este deberá ser incluido en el suministro.

El Pararrayos estará constituido por uno o varios módulos dispuestos en serie en una sola columna. La sujeción se realizará mediante bases de apoyo suficientemente aisladas de tierra para permitir la instalación de un contador de descargas con indicador de fuga.

El material de la envolvente externa estará fabricado en porcelana de una sola pieza.

El diseño de los Pararrayos deberá ser tal que el material aislante se moldee directamente sobre los bloques de Óxido Metálico asegurando así un encerramiento total de todos los componentes a fin de evitar las descargas parciales o el ingreso de humedad. De preferencia los pararrayos se instalarán lo más cercano posible al equipo protegido.

### 8.1.8 Trampas de onda

Las trampas de onda deberán estar libres de descargas parciales de manera que, para el equipo conectado en el sistema, la tensión de comienzo y extinción de descargas parciales no sea inferior a  $1,2/\sqrt{3}$  veces la tensión nominal del sistema.

El nivel de tensión de radio-interferencia (RIV), a tensión de  $1,2/\sqrt{3}$  veces la tensión nominal del sistema, deberá ser inferior a 500 uV, medidos con pantallas especiales.

Las trampas de onda y sus elementos de soporte serán especificados con las características técnicas requeridas para soportar las tensiones máximas de servicio, las corrientes nominales y de cortocircuito y los niveles de contaminación y las sobretensiones de frente de onda en el lugar de instalación.

### 8.1.9 Cálculo cable de alta tensión

La selección del conductor desnudo estará dada en función de los siguientes parámetros:

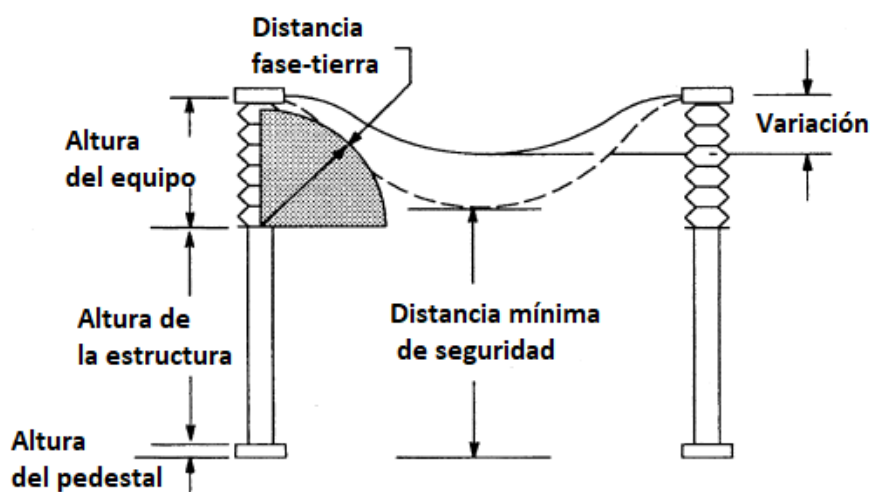
- Corriente permanente.
- Comportamiento térmico.
- Cortocircuito y efecto corona.

Para la validación de los parámetros antes mencionados se consideran las siguientes premisas:

- El factor de radiación solar ( $W/m^2$ ), se obtendrá del explorador solar en el portal web del Ministerio de Energía (<http://solar.minenergia.cl/>), para la ubicación geográfica de la instalación.
- Para subestaciones nuevas y considerando lo establecido en la norma IEEE 738 [15], los coeficientes de absorción solar y emisividad se considerarán iguales y de valor promedio de magnitud 0,5. Se considera, además, una condición de viento tipo brisa, la cual corresponde a 0,61 (m/s).
- De acuerdo con los requerimientos establecidos por el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN), la verificación del conductor por límite térmico deberá realizarse con base a lo indicado en los documentos IEEE STD 738 [15] e IEEE STD 605 [13], para conductores flexibles y tubos rígidos, respectivamente. Por otro lado, la verificación por cortocircuito

deberá realizarse haciendo uso de las normas IEC 60865-1 [26] e IEEE STD 605 [13], para conductores flexibles y tubos rígidos, respectivamente.

- Para los casos de proyectos de ampliación en subestaciones existentes se deberá verificar el diseño de las barras por capacidad de corriente permanente y por cortocircuito. El cálculo por capacidad de corriente se deberá realizar en el escenario de máxima transferencia que origine la mayor distribución de corrientes en los conductores de barra, de modo tal que no se supere el 90% de la capacidad nominal.
- Se realiza la selección de los ángulos para los conectores para la sujeción del conductor proyectado considerando lo estipulado en la IEEE STD 1527 [18], esto con el fin de verificar la caída de los conductores y evitar inconvenientes con las distancias de seguridad tal como se ilustra en la siguiente figura.



**Figura N°2 : Verificación holgura del conductor.**

- Se emplearán en general aisladores de disco del tipo suspensión, con acoplamiento bola y rótula (ball and socket), como material aislante podrá emplearse porcelana o vidrio templado.
- Podrá emplearse el uso de aislamiento polimérico en las instalaciones eléctricas, siempre que sea posible garantizar un buen desempeño de estos, frente a condiciones climáticas extremas, distancia de fuga o distancia de arco.
- Las cadenas de aisladores deberán tener instalado un tensor en al menos uno de sus extremos.
- Para tensiones menores a 300 kV la utilización o no de anillos en el extremo bajo tensión quedará determinada por el correspondiente estudio de coordinación de aislamiento.

Los conjuntos de aislación deberán estar diseñados para soportar un factor de 2 o 2,5 respecto al valor de tensión de rotura mecánica.

El conductor a utilizar en la ampliación de la subestación Roncacho será AAC de un calibre mayor o igual a 900 MCM para la conexión de las diagonales. Los conductores serán validados en la ingeniería de detalle en la memoria de cálculo de conductores y barras siguiendo los lineamientos de las normas IEEE Std. 738 e IEEE Std. 605.

Considerando una temperatura máxima de operación de 75°C; temperatura máxima durante cortocircuito de 150 °C; tiempo de duración de la falla de 1 s; velocidad mínima del viento de 0,6 m/s (2,16 km/h); latitud geográfica de -18,9°; coeficiente de emisividad de 0,5; coeficiente de absorción solar de 0,5; hora 12 pm el día 354 del año (solsticio de verano en el sur); coeficiente de limpieza de 0,9 para conductores nuevos y limpios, y 0,8 para conductores viejos y limpios; un coeficiente geométrico del conductor de 0,9.

Donde sea requerido se considerarán separadores, tensores, anillos para alivio de campo eléctrico, conectores y elementos complementarios.

#### **8.1.9.1 Conectores y conexiones**

Todas las conexiones de cable a terminal de equipo deben ser a COMPRESIÓN, válidas para conexiones a barra, llegada línea y entre equipos primarios.

Las conexiones en derivación que alimentan transformadores de potencial u otro equipo de consumo reducido, podrán ser apernadas en el conductor pasante y a compresión en la derivación.

#### **8.1.10 Aisladores**

Se emplearán en general aisladores tipo pedestal y como material aislante podrá emplearse porcelana.

#### **8.1.11 Consideraciones generales de diseño (tecnología AIS)**

- Para el diseño de subestaciones tipo AIS deberá considerarse lo indicado en la NTSyCS y anexos técnicos que la conforman.
- Las subestaciones del tipo aislación en aire (AIS) deberán diseñarse de forma tal que los equipos no superen la altura de las barras de la subestación. Además, la subestación deberá disponer de un sistema que asegure la adecuada protección de los equipos e instalaciones contra las descargas atmosféricas y sobretensiones del sistema.
- Los aisladores de equipos que se utilicen en las subestaciones deberán ser diseñados de manera tal de dar cumplimiento a las exigencias sísmicas que se encuentran contenidas en la NTSyCS y anexos técnicos que la conforman. Asimismo, el material de estos aisladores deberá ser seleccionado de acuerdo con las condiciones climáticas del lugar de emplazamiento de la instalación, estos podrán ser poliméricos o en porcelana siempre y cuando se cumpla con los requerimientos sísmicos establecidos.

### **8.2 EXIGENCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD**

Las distancias eléctricas mínimas que se deben considerar en los diseños de las subestaciones se determinan como la mayor distancia entre la indicada por las normas IEC (60071-1 y 60071-2), para las tensiones nominales de operación de 220 kV asociadas al proyecto.

- La disposición de equipos en las subestaciones deberá ser funcional y segura para la operación, mantenimiento, reparación y reemplazo de los equipos, y para la seguridad de las personas. Además, deberá permitir la expansión armónica y ordenada de la subestación y posibilitar el acceso abierto a las instalaciones de transmisión.
- En toda subestación eléctrica, cualquiera sea el tipo de montaje y condiciones de uso, las partes que la componen deben estar dimensionadas y establecidas para resistir los efectos de la corriente máxima de cortocircuito (Ver Tabla N°6) hasta el momento de su desconexión, sin que resulte peligro para las personas, medioambiente, riesgo de incendio, ni deterioro de las instalaciones o menoscabo de su vida útil.

### 8.2.1 Distancias de seguridad

Las distancias eléctricas mínimas que se deben considerar en los diseños de las subestaciones se determinan como la mayor distancia indicada por la norma IEC 60071-1.

En el diseño de las instalaciones se deben considerar las distancias eléctricas mínimas indicadas en la normativa antes descrita, para lo cual se deberá verificar al menos lo siguiente:

- Distancia fase-tierra (Conductores flexibles).
- Distancia fase-fase (Conductores flexibles).
- Distancia fase-tierra (Conductores rígidos).
- Distancia fase-fase (Conductores rígidos).
- Distancia partes vivas a gálíbos transporte.
- Distancia horizontal partes vivas al cierre exterior.
- Distancia para mantenimiento.

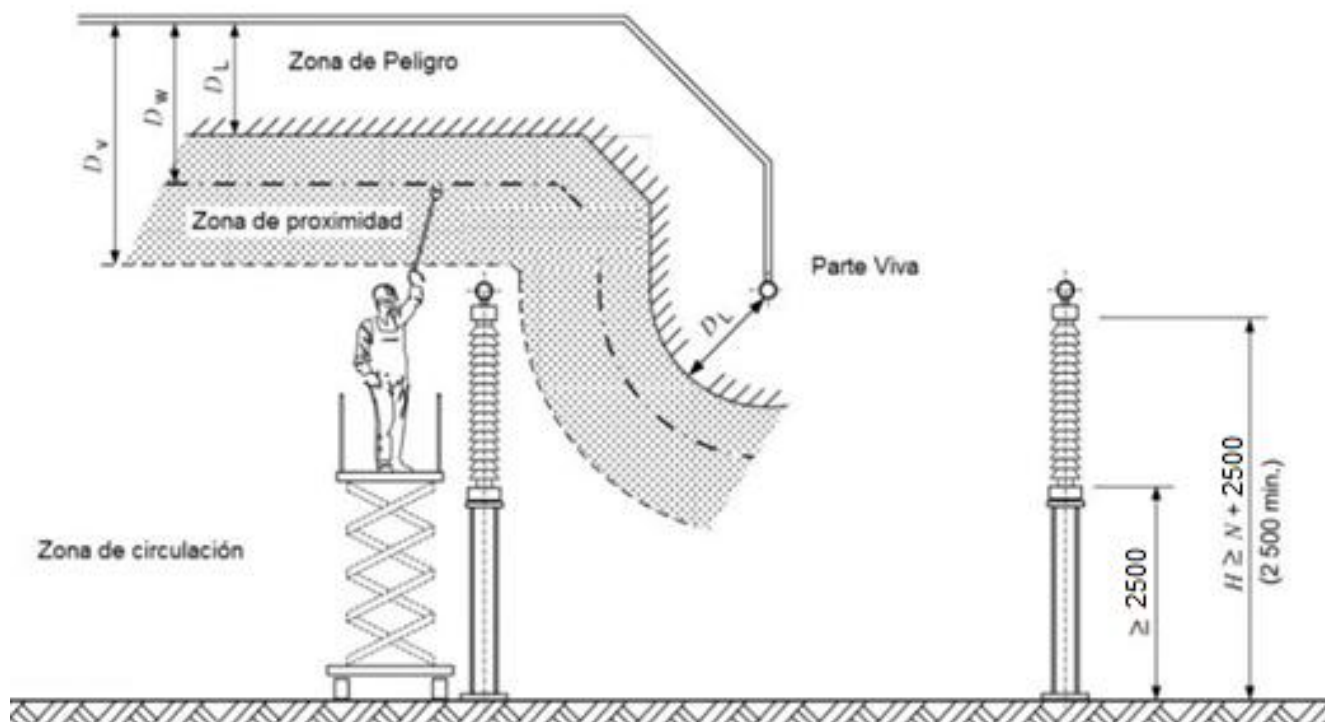
La altura mínima desde el suelo hasta la base de los aisladores que soportan las partes vivas de los equipos no deberá ser inferior a 2500 (mm) de acuerdo con lo indicado en los pliegos normativos RPTD, esta altura es la comprendida entre el piso de gravilla y la zona más accesible del aislador de cualquier equipo.

Para los efectos de la determinación de los espacios de trabajo y de las distancias mínimas de seguridad, y en función de los pliegos normativos RPTD, se considerará como zona alcanzable por una persona, a aquella que medida desde el punto donde ésta pueda situarse, esté a una distancia límite de 2500 (mm) por arriba, 1000 (mm) lateralmente y 1000 (mm) hacia abajo. Las distancias límites indicadas deberán aumentarse en 10 (mm) por cada kV de la tensión nominal de la instalación.

En las instalaciones a la intemperie, las dimensiones libres mínimas, en espacios rodeados por cierros interiores, serán de 1200 (mm) en horizontal y de 2200 (mm) en vertical. Las partes con tensión no protegida, ubicada encima de los accesos o espacios de maniobra, no podrán quedar a menos de 3000 (mm) más 10 (mm) por cada kV de la tensión nominal de la instalación. Para niveles de tensión de igual o mayores de 220 kV se podrá evaluar el uso de los criterios establecidos en la norma IEC 61936-1.

Para garantizar la seguridad de las personas dentro de la subestación durante trabajos cercanos a partes energizadas, se consideran las recomendaciones indicadas por la norma IEC 61936-1. A continuación, se definen los valores de las distancias mínimas que delimitan las zonas de trabajo indicadas en la Figura N°3.





**Figura N°3 : Distancias mínimas de seguridad en zonas de trabajo [25]**

Donde:

- $DL = N$  (Distancia mínima fase –tierra)
- $Dv = N + 1000$  para  $Un \leq 110$  kV
- $Dv = N + 2000$  para  $Un > 110$  kV
- $Dw$  = De acuerdo con estándares o regulaciones nacionales.

El peligro de incendio asociado con los transformadores de las instalaciones eléctricas exteriores e interiores será determinado dependiendo de la clasificación del equipo, volumen, tipo de medios aislantes, tipo, proximidad y exposición de equipos y estructuras cercanas.

### 8.2.2 Resumen distancias de seguridad

La siguiente tabla enuncia el resumen de distancias de seguridad mínimas que deberán cumplir para la ampliación de la subestación:

**Tabla N°7 Valores referenciales para distancias de seguridad**

| Descripción                   | Nivel de tensión (kV) |
|-------------------------------|-----------------------|
|                               | 220                   |
| Distancia de seguridad (mm)   | 2100                  |
| Zona de circulación           | 2500                  |
| Nivel mínimo de conexión (mm) | 4810                  |
| Primer nivel de conexión (mm) | 5000                  |
| Zona de proximidad            | 4100                  |

| Descripción                                                                                    | Nivel de tensión (kV)                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                | 220                                                                    |
| Y0= flecha máxima del vano (%)                                                                 | 3                                                                      |
| Segundo nivel de conexión (mm)                                                                 | 10000                                                                  |
| Tercer nivel de conexión (mm)                                                                  | 13060                                                                  |
| Espaciamiento del haz (Templas y equipos) (mm)                                                 | 300                                                                    |
| Método que debe seguirse para verificar el desplazamiento de los conductores por cortocircuito | IEC 60865-1                                                            |
| Método que debe seguirse para verificar el desplazamiento de los conductores por viento        | ASCE 74 Guidelines for electrical transmission line structural loading |
| Distancia Fase - Fase (Flexibles)                                                              | 2310                                                                   |
| Distancia Fase - Fase (Rígidos)                                                                | 2100                                                                   |
| Distancia Fase - Tierra (Flexibles)                                                            | 2163                                                                   |
| Distancia Fase - Tierra (Rígidos)                                                              | 2100                                                                   |
| Distancia partes vivas a gálíbos transporte.                                                   | 2200                                                                   |
| Distancia de seguridad mínima a cercos perimetrales (mm)                                       | 3100                                                                   |

Los valores mencionados en la Tabla N°7 son referenciales, estos deberán ser validados en la ingeniería de detalle en la memoria de distancias eléctricas.

### 8.3 GRADOS DE PROTECCIÓN

De acuerdo a los valores de protección IP establecidos en la norma IEC 60529, los tableros de uso exterior considerarán un grado de protección mínimo IP54, dada la exposición a la que se encuentran. Por otro lado, para tableros al interior de las edificaciones el grado de protección será como mínimo IP51.

Para condiciones ambientales severas, por ejemplo, entornos mineros, nieve, alta polución, entre otros, se deberá contemplar el uso de grados de protección mayores a los señalados anteriormente.

### 8.4 INSTALACIONES BAJA TENSIÓN

#### 8.4.1 Alumbrado general

Con el fin de mejorar la visibilidad en los patios de la subestación en horas de la noche, se deberá instalar el sistema de iluminación cumpliendo con los siguientes criterios al realizar el diseño:

- En recintos de gran extensión (60 m<sup>2</sup> o más) las luminarias se deberán alimentar desde dos o más circuitos diferentes y, en lo posible, desde tableros de distribución distintos para prevenir un apagón total por falla en un circuito o en algún tablero.
- Para instalaciones tipo exterior (patio y perímetro) los circuitos serán alimentados a 380 (V); por otro lado, para instalaciones en edificaciones los circuitos serán alimentados a 220 (V).
- Los circuitos de alimentación de alumbrado deberán tener protección contra sobrecarga, contra cortocircuitos y protección diferencial.
- En caso de que las instalaciones estén localizadas al norte del país en regiones como Antofagasta, Atacama y Coquimbo, los diseños deberán estar en concordancia con lo establecido en el Decreto supremo N°1, norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica. Los diseños deberán validar la actualización de las regiones que abarca el Decreto supremo N°1 en caso de posibles modificaciones.
- El tablero general de alumbrado (exterior o interior) estará conectado a la barra de los servicios auxiliares no esenciales. Por otro lado, el sistema de alumbrado deberá considerar un sistema de alumbrado de emergencias el cual estará conectado a la barra de servicios esenciales en el tablero de SSAA de la subestación.

#### 8.4.2 Iluminación Exterior

En general, las luminarias a instalar deberán ser de preferencia del tipo LED de bajo consumo, intemperie y con refractor de vidrio.

Las luminarias podrán ser instaladas en los pórticos de los patios de alta tensión siempre y cuando se garantice la distancia de seguridad para realizar los correspondientes mantenimientos o cambios de luminaria evitando realizar cortes del servicio en el paño o barra de la subestación, en caso contrario se podrán instalar postes cilíndricos metálicos en el patio garantizando la correcta ubicación de las luminarias y la distancia de trabajo calculada.

El alumbrado de exterior deberá cumplir con los niveles de iluminación mostrados en la Tabla N°8

**Tabla N°8 Niveles de iluminación mínimos en exteriores**

| Recinto a iluminar                      | Particularidad                                | Iluminancia [lux] |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------|
| Exterior: Patios de maniobra            | Iluminación general                           | 50                |
|                                         | Iluminación localizada de equipos de maniobra | 100               |
| Alumbrado perimetral y caminos internos | Iluminación vial                              | 10                |

Los valores de iluminancia en interiores se medirán en el plano de trabajo, es decir, horizontalmente a 0,85 m de altura sobre el suelo.

Los valores de iluminación en exteriores se medirán de la siguiente forma:

- Patios: En plano vertical a 1,5 m de altura

- Caminos: En plano horizontal a 30 cm sobre el nivel del suelo en el eje de la calzada.

El factor de uniformidad de la iluminación será:

- En exteriores igual o mayor que 0,2
- En calles y caminos igual o mayor que 0,2, referido al eje de la calzada.

#### 8.4.3 Iluminación Interior

En general, las luminarias a instalar deberán ser de preferencia del tipo LED de bajo consumo, herméticas. Estas deberán ser instaladas de manera que la luz no se vea obstruida por objetos como armarios de control o canaletas expuestas.

El alumbrado de interior deberá cumplir los niveles de iluminación mostrados en la Tabla N°9.

**Tabla N°9 Niveles de iluminación mínimos en interiores**

| Recinto a iluminar | Particularidad                  | Iluminancia [lux] |
|--------------------|---------------------------------|-------------------|
| Sala SSAA          | Iluminación general en tableros | 500               |
| Pasillos           |                                 | 50                |
| Baños              |                                 | 50                |

Los valores de iluminancia en interiores se medirán en el plano de trabajo, es decir, horizontalmente a 0,80 m de altura sobre el suelo, excepto los pasillos y zonas de tránsito peatonal, estos serán medidos a nivel de piso.

El factor de uniformidad de la iluminación será:

- En interiores igual o mayor que 0,5.

#### 8.4.4 Iluminación de emergencia

La iluminación de emergencia deberá ser alimentada en forma normal desde las redes de servicios auxiliares de corriente alterna esenciales. Los equipos serán del mismo tipo que los equipos de la iluminación general: tipo led, de bajo consumo y herméticas.

En caso de una falla de los servicios auxiliares de corriente alterna, el alumbrado de emergencia conmutará automáticamente a una red alimentada por un generador de emergencia y, una vez restituidos los SS/AA, se volverán a conectar a la fuente normal.

Las listas de materiales serán detalladas para definir perfecta e inequívocamente marca, tipo y origen de los equipos y materiales previstos emplear en el Proyecto.

Las instalaciones dentro de las casetas de control o salas, contarán con iluminación de emergencia para lograr una iluminación de un 10% de la iluminación normal con un mínimo de 25 lux.

La cantidad de luminarias de emergencia serán las suficientes de tal manera de proporcionar vías de escape, sin posibilidad de confusiones, a las personas que en condiciones de emergencia se vean obligadas a abandonar los recintos en que se encuentren.

## **8.5 CIRCUITO DE FUERZA DE BAJA TENSIÓN; CONTROL Y COMUNICACIONES**

La selección de un conductor se realizará considerando los siguientes criterios: capacidad de transporte de corriente, capacidad de soportar corrientes de cortocircuito, caída de tensión, resistencia mecánica y condiciones ambientales.

En régimen normal, las corrientes que transportan los conductores no deben exceder las capacidades máximas indicadas en la normativa correspondiente. Adicionalmente, la sección de los conductores debe cumplir con que la caída de tensión provocada por la corriente máxima que circula por ellos, no exceda del 3% de la tensión nominal de la alimentación y la caída de tensión total en el punto de la instalación más desfavorable no exceda del 5% de dicha tensión.

Además, la capacidad de los conductores deberá aceptar el cortocircuito máximo previsto, por un período mínimo de 1 segundo

La verificación de los conductores se realizará en la memoria de cálculo de los servicios auxiliares.

### **8.5.1 Cables de Fuerza de baja tensión**

Los cables de fuerza de B.T. serán de cobre, trifilares o de cuatro conductores, según se requiera, clase 600 V, de una sección mínima correspondiente al N°12 AWG, aislamiento de XLPE, 90° C, cubierta exterior de material libre de halógeno en caso de instalaciones interiores, de modo que garanticen la no propagación de llama y gases tóxicos.

### **8.5.2 Cables de Control**

Los cables de control serán de cobre, multiconductores, armados, apantallados, con aislación de XLPE o similar, 90°C, retardante a la llama, clase 600 V, cubierta exterior de material libre de halógeno en caso de instalaciones interiores, de modo que garanticen la no propagación de llama y gases tóxicos y de sección mínima correspondiente al N°14 AWG.

### **8.5.3 Cable para Transformadores de Medida**

En circuitos de transformadores de medida, se utilizará como mínimo la sección correspondiente a N°12 AWG para señales de tensión y N° 10 AWG para señales de corriente.

Los cableados de poder de baja tensión de uso interior se harán con cables de cobre con aislación en XLPE y con cubierta exterior retardante a la llama, no propagador de incendios, baja emisión de gases tóxicos y libre de halógenos en caso de instalaciones interiores, según Norma IEC 60502-1, no es aceptable el PVC.

### **8.5.4 Cables para Alumbrado**

Los cables de alumbrado serán de cobre blando, monoconductores o multiconductores, con aislación de PVC, 90°C, clase 600 V, de sección mínima N°12 AWG.

### **8.5.5 Cables de Comunicaciones**

Los cables que se utilicen para los sistemas de telecomunicaciones serán acorde al servicio que prestan y serán tendidos en las escalerillas porta cables dispuestos en las canaletas y trincheras del patio de A.T. Deberán poseer protección contra la humedad, contra roedores y contra interferencias electromagnéticas y las pantallas deberán estar conectadas a tierra, de acuerdo a lo recomendado por el fabricante o al estudio correspondiente. Adicionalmente los

cables de fibra óptica deberán estar protegidos por ductos de PVC o conduit en todo su recorrido por las canaletas y trincheras.

## 8.6 CAJAS DE AGRUPAMIENTO

- Los terminales secundarios de los transformadores de medida de un conjunto trifásico se alambrarán a una caja de agrupamiento común donde se reunirán los conductores correspondientes a cada núcleo. De esta caja saldrán los conductores de interconexión con otras instalaciones.
- Las cajas de agrupamiento se montarán adosadas a los transformadores de medida o en sus proximidades, y en los casos en que así se defina, llevarán un calefactor controlado mediante termostato y protegido por interruptor termo-magnético.
- El grado de protección de las cajas de reagrupamiento será IP56 para exterior según norma IEC.

## 8.7 CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

Se construirán con canalizaciones para C&P y BT del tipo prefabricadas. Las canalizaciones eléctricas se diseñarán en conformidad con las disposiciones señaladas en los pliegos normativos RIC.

En canalizaciones subterráneas se considerará un 10% de ductos de reserva para uso futuro.

En los patios de AT, los cables de control se instalarán en escalerillas o bandejas porta cables separados de los cables de fuerza de BT mediante separadores o utilizando bandejas independientes, al interior de las canaletas de hormigón prefabricadas.

Todos los tramos de ductos enterrados se realizarán con tubería PVC con una profundidad mínima de 0,45 m, medidos desde el nivel de piso hasta la parte superior del ducto o tubo más superficial, en veredas, jardines y en general, en zonas de tránsito peatonal o liviano. Para tránsito vehicular o pesado, la profundidad exigida será como mínimo de 0,8 m, considerando el uso de protecciones mecánicas necesarias para asegurar que los tubos no sufran daño, mientras que en los tramos expuestos se hará uso de ductos metálicos, fabricados según la norma ANSI C80.1 (Ver Figura N°4). La llegada de los ductos a los tableros de los equipos se realizará con tubería metálica flexible.

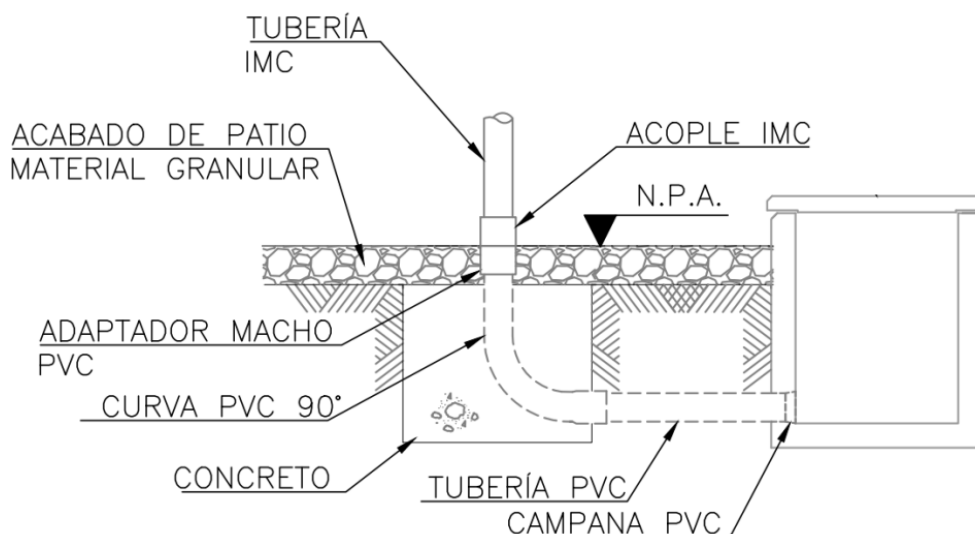
La sección de los ductos será tal que se cumpla con lo establecido en los pliegos normativos RIC, considerando los siguientes porcentajes máximos de ocupación de la sección transversal de los ductos por los conductores:

- 1 conductor: 50%
- 2 conductores: 33%
- 3 o más conductores: 33%

Las bandejas, escalerillas y componentes menores (pernos, golillas, etc) serán metálicas de acero galvanizado en caliente, estas deberán cumplir con los siguientes criterios de ocupación:

- Las escalerillas portaconductores podrán llevar como máximo dos capas de conductores o cables multiconductores; éstos deberán tenderse ordenadamente en todo su recorrido, utilizando la disposición de los conductores de acuerdo a lo establecido por los pliegos RIC.
- Las bandejas portaconductores podrán llevar la cantidad de conductores o cables multiconductores activos tales que, incluyendo su aislación, no ocupen más del 40 % de

la sección transversal de la bandeja. Se deberá aplicar los factores de corrección correspondientes.



**Figura N°4 : Transición tubería PVC(Enterrada) a IMC(expuesta)**

En caso de utilizar cañería de acero galvanizado (C.A.G) en tramos subterráneos, estas deberán ir embebidas en hormigón.

La sección de los ductos será tal que se cumpla con lo establecido en los pliegos RIC, considerando los siguientes porcentajes máximos de ocupación de la sección transversal de los ductos por los conductores:

El diseño de las escalerillas considerará a lo menos las siguientes distancias mínimas:

**Tabla N°10 Separación escalerillas portaconductores**

| Descripción                                          | Distancia |
|------------------------------------------------------|-----------|
| Separación útil mínima entre bandejas o escalerillas | 300 mm    |
| Separación en cruces de escalerillas                 | 150 mm    |
| Separación útil al techo o equivalente               | 300 mm    |

#### 8.7.1 Canaletas interiores

- Las canalizaciones a la vista sólo podrán utilizarse en lugares en que no existe riesgo de daño mecánico.
- El sistema de canaletas al interior de la Caseta de Control llevará tapas de acero galvanizado en caliente que deberán disponer de dos asas que permitan su fácil retiro y reposición y con superficie antideslizante.

#### 8.7.2 Canaletas exteriores

- Las canaletas deberán construirse de tal manera que tengan una pendiente que permita escurrir el agua en caso de que penetre al interior. En los puntos más bajos deberán considerarse drenajes.



- El diseño considerará que las canaletas con sus tapas no deberán sobresalir del nivel del terreno terminado.
- A lo largo de toda la canaleta o sistemas de canaletas podrá ir colocada un conductor desnudo, instalados sobre un costado de la canaleta o escalerilla, Este conductor deberá estar conectado a la puesta a tierra de la instalación por lo menos en cada extremo y se deberá hacer conexiones intermedias a la puesta a tierra cuando existan tramos superiores a 50 (m).

### 8.7.3 Ductos (Metálicos y no metálicos)

- En las entradas de los ductos a cajas u otros accesorios similares, se deberá colocar un bushing o adaptador para proteger del roce a los conductores, a menos que el diseño de la entrada de la caja o el accesorio sea tal que proporcione dicha protección.
- Los ductos metálicos instalados a la vista deberán tener soportes a una distancia no superior a 1,5 (m).
- Las tuberías deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados y este no podrá ser inferior a 25 (mm).
- No se aceptará que una misma canalización pueda emplearse para servicios de distinta naturaleza.
- Los ductos eléctricos instalados de forma subterránea se deberán proteger y señalizar mediante una capa de mortero de cemento afinado y coloreado, de un espesor de 0,10 (m) y que se extienda 0,30 (m) hacia ambos lados. Además, sobre el mortero se deberá dejar una cinta de identificación o señalización que permita claramente la identificación de peligro eléctrico.
- Todos los ductos metálicos deben ser conectados a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar ductos metálicos flexibles, es necesario que la distancia no exceda el criterio establecido en el NEC.

### 8.7.4 Cámaras

- Se aceptará una distancia máxima de recorrido entre cámaras de 90 (m), con un máximo de dos curvas y una desviación por cada curva no superior a 60° con respecto a la línea recta y radios de curvatura de 10 veces el diámetro del ducto respectivo como mínimo. Si existen más de dos curvas o una desviación superior a la señalada se deberá colocar cámaras intermedias.
- En tramos rectos se aceptará, colocar cámaras hasta, una distancia máxima de 120 (m) entre ellas. El ducto que se utilice en estos casos será de un diámetro mínimo de 50 (mm).

### 8.7.5 Consideraciones para canaletas

- Los cables de baja tensión, podrán ser alojados en canaletas de hormigón o tubería PVC, estos deberán considerar los diferentes factores de corrección indicados en la NFPA 70 la cual tiene un criterio más restrictivo.

- El diámetro interior de los ductos no será inferior a una vez y media el diámetro exterior del cable o del diámetro aparente del circuito en el caso de varios cables instalados en el mismo ducto.
- Los cables de distintas tensiones en el interior de canaletas deberán instalarse en forma separada.
- La separación entre los centros de ductos de distintas fases será de mínimo 190 (mm) considerando lo indicado por la NFPA 70 en su última versión.

### 8.8 MALLA DE PUESTA A TIERRA AÉREA

La protección de las zonas de intemperie contra descargas atmosféricas se realizará mediante la instalación de un sistema de apantallamiento o malla de puesta a tierra aérea por medio de cables de guardia, basados en las recomendaciones de la norma IEEE Std. 998 [17] "Direct Lightning Stroke", específicamente en el método Electro-Geométrico EGM de las esferas rodantes.

Las zonas periféricas de la instalación que pueden quedar fuera de la protección del sistema de apantallamiento o malla de puesta a tierra aérea serán protegidas mediante puntas tipo Franklin, en todo caso esto debe ser validado a través del método de las esferas rodantes, a través de la implementación de softwares especializados en el diseño de sistemas de apantallamiento o malla de puesta a tierra aérea para instalaciones eléctricas.

El cable a utilizar para la malla aérea es del tipo cable de "Alumoweld" o cable acero de alta resistencia, con una sección comercial no inferior a 3/8". Este conductor será verificado en la memoria de cálculo de apantallamiento o malla de puesta a tierra aérea.

### 8.9 MALLA DE PUESTA A TIERRA SUBTERRÁNEA

El diseño deberá considerar la conexión del equipamiento primario a la malla de puesta a tierra bien sea nueva o existente, pudiendo ser necesario agregar conductor de cobre para disminuir uno de los reticulados (a dos o cuatro retículos) con el fin de acortar la distancia de conexión del equipo a la malla. Debido a esto, cuando aplique el diseño de la instalación deberá considerar en su diseño, el suministro, construcción y verificación de las eventuales modificaciones a la malla de puesta a tierra que se efectuarían.

Las planchas de operador y plataformas del accionamiento de equipos eléctricos de maniobra deben estar conectadas sólidamente a la malla subterránea en dos puntos de estas planchas

En caso de ser requerido se considerará el uso de aditivos para el mejoramiento de los parámetros de la malla de puesta a tierra, esto deberá evaluarse una vez se obtengan los valores de la resistividad del terreno.

Deberán conectarse al sistema de puesta a tierra todas las partes metálicas de una instalación que normalmente están sin tensión, como carcasas y chasis de máquinas, transformadores o aparatos, partes conductoras y accesibles de estructuras y edificios.

Por recomendación de la norma IEEE Std 80 última versión se podrán considerar varillas de cobre Cooperweld, al perímetro de la subestación y cerca de los pararrayos, el diámetro mínimo será de ¾ pulgadas.

En caso de que la malla de puesta a tierra esté conectada a los cables de guarda de las líneas convergentes, el cálculo de tensiones de toque y paso deberá considerar el factor de división de corriente ( $S_f$ ) el cual se encuentra en función de la cantidad de líneas que llegan a la subestación.

Todos los equipos se conectarán a la malla de puesta a tierra mediante termofusión, los tableros instalados en la casa de servicios generales o casa de control deberán estar conectados a la malla de puesta a tierra base.

La profundidad de enterramiento de la malla de puesta a tierra será como mínimo de 0,6 m a contar desde el nivel de piso terminado y deberá quedar indicada en planos y memoria de cálculo. En casos donde existan interferencias con canalizaciones se podrá instalar la malla de puesta a tierra enterrándola por debajo de estas, a fin de evitar interferencias.

Todas las líneas que convergen en la subestación deberán ser consideradas largas para la metodología de cálculo, por lo tanto, no se incluye en los cálculos la influencia de los sistemas de puesta a tierra remotos.

Para verificar que las características del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red cumplan con lo establecido para el presente proyecto, se deberán dejar puntos de conexión y medición, accesibles e inspeccionables al momento de la medición. Cuando para este efecto se construyan cajas de inspección, sus dimensiones deberán ser como mínimo de 30 x 30 (cm), o de 30 (cm) de diámetro si es circular, y su tapa deberá ser removible.

El cerco perimetral y portones de acceso del tipo batiente deberán estar ubicados entre 1 y 1,5 (m) al interior del anillo exterior de la malla a tierra, y deberá conectarse a éste cada 20 (m) en las partes en que la red metálica (malla) del cerco.

Las ampliaciones de mallas de puesta a tierra se deberán conectar con la malla existente en al menos dos puntos mediante soldadura exotérmica.

- **Medición de la resistividad de suelo**

En la medición de resistividad de suelo se utilizará el método de Schlumberger o el método de Wenner según las recomendaciones estipuladas por el IEEE Std. 81 en su última versión. Se indicará en el informe cuál es la curva que se ajusta.

Se deberán efectuar a lo menos tres mediciones, en ubicaciones distintas, dentro del área donde se ubicarán las instalaciones.

Las mediciones deberán ser realizadas durante el periodo de verano o en condiciones donde no se hayan presentado precipitaciones en el sector por un periodo de al menos dos semanas.

En suelos altamente resistivos se deberán realizar las medidas de resistividad con equipos de alta inyección para evitar errores y/o distorsiones en las medidas.

- **Cálculo de la resistencia de puesta a tierra de las instalaciones**

El valor de resistencia del sistema de malla de puesta a tierra deberá garantizar la protección de los operadores al interior de las instalaciones, además, se deberá acreditar que el diseño del sistema de protecciones de la subestación es capaz de operar adecuadamente con el valor

de resistencia estimado. Para estos casos, se harán llegar para aprobación de El Propietario. todos los antecedentes y justificativos previamente.

- **Material Superficial**

Para el diseño de la malla de puesta a tierra subterránea, se debe considerar una capa de material superficial de alta resistividad, de modo que produzca una reducción del impacto de las corrientes, que pudiesen circular por el cuerpo humano en el caso de una descarga a tierra en la subestación analizada. Esta estará instalada en los patios de equipos de alta tensión donde exista riesgo de contacto metálico.

Esta capa de material superficial deberá tener un espesor entre 8 y 15 (cm) (dependiendo del material considerado). Se recomienda el uso de gravilla de granito y/o asfalto. En el caso de uso de gravilla se debe considerar un espesor mínimo de 15 (cm) y debe estar libre de contaminación, de ser utilizado asfalto, el espesor mínimo será de 8 (cm).

La resistividad del material superficial deberá ser medida adecuadamente para respaldar el valor, en caso de no contar con esta información, se aceptará el uso de los valores indicados en la tabla 7 del estándar IEEE Std. 80 versión más reciente ("Typical Surface material resistivities"), en cuyo caso siempre se deberá considerar la condición de material húmedo (columna "Wet" de la tabla).

- **Cálculo de las tensiones de paso y de contacto de las mallas de puesta a tierra.**

El procedimiento de cálculo deberá estar basado en la norma IEEE Std 80 versión más reciente. Todos los cálculos se realizarán para una persona de 50 kilogramos y considerando como tiempo de operación de protecciones entre 0,5 (s) y el valor definido por el ECAP.

- **Cálculo de los potenciales inducidos**

Se deberá realizar los cálculos para obtener el potencial GPR (Ground Potential Rise) y los potenciales inducidos según el procedimiento indicado en la norma IEEE Std 367 en su versión más reciente.

### **8.9.1 Instalaciones existentes**

En el caso de instalaciones existentes, se aceptará mantener la sección de conductor original de la malla de puesta a tierra, siempre que esta sección sea superior al valor calculado según el procedimiento indicado en la norma IEEE Std. 80 vigente.

Deberá validarse en terreno la existencia de cámaras de inspección, en caso de no existir dicho punto inspección deberá incluirse en los diseños de ampliación.

Las ampliaciones de mallas de puesta a tierra se deberán conectar con la malla existente en al menos dos puntos mediante soldadura exotérmica.

Las simulaciones deberán considerar el estado final del sistema de puesta a tierra, representando las instalaciones originales e incluyendo las modificaciones o ampliaciones como un solo sistema.

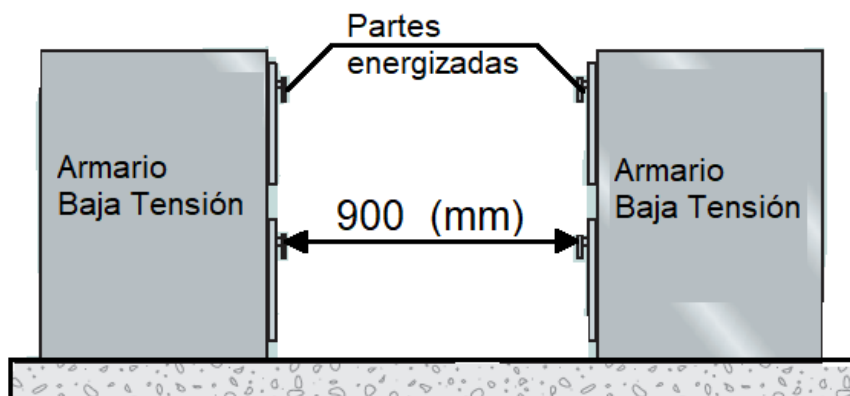
Se deberán realizar mediciones de resistividad del suelo en el área de la subestación y resistencia del sistema de puesta a tierra con el fin de conocer el estado actual de las instalaciones. Si El Propietario de las instalaciones posee registro de los parámetros estos

podrán ser utilizados siempre y cuando la última medición tenga una antigüedad menor a 12 meses a contar de la fecha de evaluación.

## 8.10 EDIFICACIONES

El diseño de la Instalación debe considerar la instalación de salas de SSAA la cual deberá tener las dimensiones adecuadas y considerar las diferentes etapas de construcción de la instalación, así como las futuras expansiones de esta, para el diseño de estas edificaciones deberá considerarse albergar en su interior los equipos de protección, control, medida y telecomunicaciones requeridos por cada etapa constructiva. Las salas proyectadas en la subestación deberán considerar en su diseño las siguientes premisas:

- Deberán contar con al menos dos puertas, una de acceso de materiales y equipos, y la otra de servicio. Por razones de seguridad para el diseño de la instalación deberá en la medida de lo posible considerarse que dichas puertas deberán estar emplazadas en orientaciones opuestas de manera que permita la salida expedita del personal del área en caso de incendio o emergencia.
- La puerta de servicio deberá tener por lo menos 0,80 por 2,10 (m), deberá abrir hacia el exterior y deberá ser del tipo "Puertas Anti-fuego Antipánico", esto significa que la puerta debe permitir abrir desde dentro sin necesidad de llaves.
- Los bancos de baterías que puedan desprender gases corrosivos o inflamables en cantidades peligrosas, razón por la cual dispondrán de un ambiente o sala destinada exclusivamente a este fin, el diseño de esta sala deberá considerar en todo momento conservar un ambiente seco garantizar la correcta ventilación del área.
- En el caso de que a través de las correspondientes mediciones o estudios de diseño, se determine que una tecnología en particular no despiden gases corrosivos o inflamables que puedan ser considerados peligrosos para la seguridad de las personas (*como pueden ser las baterías de tipo alcalino o ácido en vasos cerrados y herméticos*), se permitirá excepcionalmente emplazar en zonas debidamente ventiladas los bancos de baterías, aun cuando estas zonas estén destinadas a otros fines, tales como, salas de protecciones, control y/o similares. En estos casos su instalación deberá efectuarse en el interior de armarios metálicos, en los cuales podrían o no incorporarse los equipos de carga.
- Para garantizar la evacuación de los operadores en caso de incendios o emergencias deberá considerarse que las puertas en las edificaciones deberán ser lo más opuestas posibles y la distribución general de armarios, celdas y otros elementos, no deberá interferir en las vías de escape del edificio.
- Los armarios de baja tensión que sean instalados uno frente al otro deberán tener una distancia suficiente entre ellos para la apertura de sus puertas. Además, considerando lo indicado por la NFPA 70 estos deberán cumplir una distancia mínima de seguridad de 900 (mm) entre sus partes energizadas al encontrarse ambas puertas abiertas (Ver Figura N°5)



**Figura N°5 : Distancia mínima entre partes vivas de armarios**

#### **8.10.1 Sistemas de aire acondicionado**

- El sistema considerado para acondicionar las edificaciones debe contemplar la utilización de equipos compactos de aire acondicionado, para proyectos ubicados en zonas con alta contaminación como desiertos se recomienda la utilización del tipo “heavy duty”, preferiblemente del tipo “mochila” o tipo Split, la selección de este dependerá de los requisitos dados en cada proyecto.
- El aire estará libre de contaminantes químicos y polvo. Se utilizarán filtros de un diseño que permita lograr las condiciones anteriormente especificadas.
- En caso de que el sistema sea del tipo “mochila” el aire de retorno debe ser captado por medio de una rejilla de retorno y comunicado a la unidad de aire acondicionado a través de un conducto, también fabricado en plancha de acero galvanizado.

#### **8.10.2 Sistema contra incendios**

El sistema de protección contra incendios en las instalaciones deberá estar acorde a lo establecido en las normas internacionales de protección contra incendios (NFPA 10, NFPA 12, NFPA 25, NFPA 72, NFPA 850 y NFPA 2001).

##### **8.10.2.1 Sistema contra incendios en edificaciones**

La casa de control y las edificaciones se deberán construir con elementos resistentes al fuego, en conformidad a lo establecido en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones o aquel que la reemplace.

Todas las paredes, puertas, pisos y techos deberán tener una resistencia al fuego acorde con el mayor incendio posible que se pueda producir. Las puertas contra incendios deberán estar equipadas con barras de apertura antipánico y cierra puerta automática, manteniendo la resistencia al fuego de la pared.

Deberá considerarse sistemas de control de humo en las siguientes áreas: salas de control, salas de distribución de cables, salas de equipos eléctricos sensibles, según lo indicado en las normas NFPA 850 y NFPA 92

Independiente de la utilización de extintores automáticos, deberán proyectarse extintores manuales los cuales deberán estar situados en lugares adyacentes a las puertas de entrada y de salida considerando lo indicado en la norma NFPA 10.

Las edificaciones deberán incluir un sistema de detección y alarma de incendio mediante detectores de humo y detectores de temperatura conectados a un sistema centralizado de alarmas de incendio, cumpliendo con lo establecido en la norma NFPA 72.

Deberá utilizarse agentes limpios que impidan la propagación del fuego y el daño de los equipos que se encuentran instalados en la edificación, Se recomienda el uso de extintores de dióxido de carbono (NFPA12) o agentes limpios (NFPA 2001).

## **8.11 SERVICIOS AUXILIARES**

El diseño de los SSAA deberá realizarse en concordancia con todas y cada una de las exigencias normativas indicadas en la NTSyCS y anexos técnicos que la conforman.

Para los SSAA serán consideradas las instalaciones existentes, por lo cual, se tendrá que validar mediante memorias de cálculo la capacidad de la sala para el nuevo equipamiento.

### **8.11.1 Corriente alterna**

La alimentación de los SSAA en corriente alterna contarán con dos fuentes de alimentación independientes con transferencia automática entre ellas, en el caso de la ampliación se considerarán dos (2) grupos de tres (3) Transformadores monofásicos cargables conectados a las barras 1 y 2.

Los servicios auxiliares deberán considerar al menos dos barras, la primera corresponde a servicios no esenciales que se desconecte al ser abastecida por el generador local. Estos consumos no esenciales pueden ser, alumbrado prescindible, calefactores prescindibles, motores prescindibles, cargas asociadas a equipos de mantenimiento, enchufes de patio y la segunda será la barra servicios esenciales (que por su carácter deben permanecer energizados vía fuentes primaria de alimentación o grupo electrógeno). Estos consumos esenciales pueden ser cargadores de baterías, sistemas de climatización sala de SSAA, convertidores AC/DC para fuentes de alimentación ininterrumpidas, cargador resorte para interruptores y desconectores, cambiadores de tomas bajo carga, alarmas contra incendio, sistema de extinción de incendios e iluminación de emergencia.

Para el respaldo de energía de los consumos esenciales asociados a los servicios auxiliares, se considera la instalación de un grupo electrógeno trifásico, con un nivel de potencia calculado en función de los consumos de la instalación más un porcentaje de reserva.

Cada sistema de SSAA debe incluir dos bancos de baterías, con una capacidad de diseño que permita abastecer por un periodo de, al menos, 8 horas de operación la totalidad de la carga en corriente continua prevista.

### **8.11.2 Corriente continua**

Los servicios auxiliares de corriente continua serán abastecidos mediante dos cargadores de baterías alimentados desde la barra de circuitos esenciales de corriente alterna, además de la



conexión de dos bancos de baterías al tablero general de corriente continua en 110 Vcc ubicado en la sala de servicios auxiliares correspondiente a la ampliación de la subestación con la capacidad necesaria para abastecer los consumos asociados a las cargas proyectadas para el paño del nuevo reactor de línea.

#### **8.11.2.1 Banco de baterías**

Para el respaldo de energía de los consumos asociados a los servicios auxiliares de corriente continua, es considerando la existencia de dos bancos de baterías en la instalación. Estos bancos de baterías serán sometidos a una validación exhaustiva por parte del equipo encargado, a fin de confirmar que poseen la capacidad suficiente para brindar soporte a los nuevos equipos. La validación se llevará a cabo para asegurar que los bancos de baterías existentes sean capaces de proporcionar la energía necesaria para mantener el funcionamiento ininterrumpido de los servicios auxiliares de corriente continua. Sin embargo, si no cuentan con la capacidad requerida, El banco de baterías a instalar deberá estar provisto de las siguientes características:

- Contar con tecnología VRLA o Níquel-Cadmio, de capacidad requerida de acuerdo con los consumos de los equipos y 8 horas de autonomía como mínimo. Las baterías deben ser libres de mantenimiento, con bajas emisiones a gases contaminante.
- Provisto de un par de conectores terminales del tipo apernado para la conexión a tierra de la estructura soporte (rack) mediante un cable de cobre cuya sección debe ser determinada en el estudio de malla puesta a tierra correspondiente. Esta conexión deberá estar convenientemente identificada.
- En caso de usar más de un módulo para montar las celdas, todos los módulos deberán unirse estructuralmente de manera que se comporten como una sola estructura para los efectos sísmicos.
- Para evitar la corrosión galvánica que se presenta en la zona de materiales diferentes en contacto, deberán proveerse combinaciones de metales o aleaciones que no produzcan una diferencia de potencial galvánico superior a 0,6 (V).
- El banco de baterías se deberá conectar a la red de alimentación y contará con la suficiente capacidad para soportar la incorporación de los nuevos equipos para completar la configuración existente, con una verificación previa para asegurar la capacidad.

#### **8.11.2.2 Cargador rectificador**

Se considera la existencia de dos cargadores de baterías en la instalación. Estos cargadores serán sometidos a una validación, a fin de confirmar que poseen la capacidad suficiente para brindar soporte a los nuevos equipos. En caso de no contar con la capacidad requerida, El cargador de batería a instalar deberá estar provisto de las siguientes características:

- Deberá estar contenido en un gabinete metálico de montaje adosado a pared o auto soportado en el piso
- Deberá disponer de algún medio de ventilación (celosías, ventilador, etc.) de modo de evitar sobrecalentamientos a su interior.

- Se deberá conectar a la red de alimentación y contará con la suficiente capacidad para soportar la incorporación de los nuevos equipos para completar la configuración existente, con una verificación previa para asegurar la capacidad.

### 8.11.2.3 Grupo electrógeno

El grupo electrógeno a instalar deberá estar provisto de las siguientes características:

- Deberá estar conectado a una barra de servicios esenciales, con sincronismo para ejercitar y tomar carga de la barra; para régimen de carga permanente, completo, diseñado para funcionar sin vigilancia, con sus equipos asociados, accesorios y herramientas, para instalación estacionaria y servicio de emergencia.
- Será para instalación estacionaria y servicio de emergencia, apto para funcionamiento sin vigilancia y trabajo a plena carga para la potencia del motor
- Se deberá conectar a la red de alimentación y contará con la suficiente capacidad para soportar la incorporación de los nuevos equipos para completar la configuración existente, con una verificación previa para asegurar la capacidad.

## 9 DISEÑO DE OBRAS CIVILES

### 9.1 MATERIALES

#### 9.1.1 Hormigón

Calidad del hormigón según la clasificación dada por NCh 170:

- **Fundaciones de estructuras altas (marcos de barras y marcos de líneas):**  
Hormigón  $f'c = 20,0$  MPa (G20),  $f'c = 25,0$  MPa (G25),  $f'c = 30,0$  MPa (G30).
- **Fundaciones de estructuras bajas (soporte de equipos):**  
Hormigón  $f'c = 20,0$  MPa (G20),  $f'c = 25,0$  MPa (G25),  $f'c = 30,0$  MPa (G30).
- **Fundaciones de edificaciones:**  
Hormigón  $f'c = 20,0$  MPa (G20),  $f'c = 25,0$  MPa (G25),  $f'c = 30,0$  MPa (G30).
- **Canaletas:**  
Hormigón  $f'c = 20,0$  MPa (G20),  $f'c = 25,0$  MPa (G25),  $f'c = 30,0$  MPa (G30).
- **Empotramiento de ductos bajo zonas de tránsito:**  
Hormigón  $f'c = 20,0$  MPa (G20),  $f'c = 25,0$  MPa (G25),  $f'c = 30,0$  MPa (G30).
- **Fundaciones de cerramientos:**  
Hormigón  $f'c = 20,0$  MPa (G20),  $f'c = 25,0$  MPa (G25),  $f'c = 30,0$  MPa (G30).

- **Soleras, radieres y otros elementos en hormigón no considerados como fundaciones:**

Hormigón  $f'_c = 17,0$  MPa (G17).

- **Emplantillado y canalizaciones externas embebidas:**

Hormigón  $f'_c = 10,0$  MPa (G10).

Se deberá tener en consideración las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos, con relación a la calidad del hormigón y según agresividad del suelo.

Para el diseño de hormigón se considerarán las siguientes normas: ACI-318 y NCh 430.

### 9.1.2 Acero de refuerzo

Para el refuerzo en estructuras de hormigón se considerarán las siguientes normas: NCh 203, NCh 204, NCh 211 y NCh 218:

Acero de refuerzo calidad A630-420H para armaduras de refuerzo para hormigón.

Mallas electrosoldadas grado AT56-50H en hormigón armado.

### 9.1.3 Pernos de anclaje

Los pernos de anclaje serán tipo B7 según ASTM A193. Los pernos de anclaje deberán cumplir con una resiliencia de 27 Joules a  $-5^{\circ}\text{C}$ .

La ductilidad deberá ser demostrada mediante ensayo de tracción que demuestre que el material tiene una meseta pronunciada de ductilidad natural con un valor del límite de fluencia inferior al 85% de la resistencia a la rotura y alargamiento de rotura mínimo de 20% en probeta de 50 mm. Para los pernos de anclaje bastará con cumplir con un alargamiento de rotura mínimo de 14% siempre y cuando se mantenga el límite de fluencia con respecto a la rotura señalado en la presente cláusula.

La tenacidad o resiliencia deberá ser demostrada mediante ensayos de impacto sobre probeta con entalle simplemente apoyada (ensayo Charpy) de acuerdo a la norma ASTM E-23. Para el caso de pernos de anclaje, la demostración corresponderá al promedio de a lo menos 3 pernos de una misma colada y diámetro y ninguno de ellos con un valor menor a 22 Joule.

Los pernos de anclaje no requieren tener soldabilidad garantizada siempre y cuando el detallamiento del sistema de anclaje considere que ningún elemento está soldado al perno de anclaje.

### 9.1.4 Tubería

Para las tuberías se consideran las siguientes normas: NCh 399, NCh 1635, ANSI C80.1, ASTM 1785, ASTM D2466, ASTM D2729.

- Tuberías en PVC Schedule 40 para tuberías de cables en patio.
- Tubería metálica galvanizada para acceso de cables a equipos.

- Tuberías en PVC tipo sanitaria para el sistema séptico según la norma.
- Tuberías en PVC presión para la red de agua potable según la norma.
- Tubería en Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para drenajes de plataforma.
- Tuberías en PVC tipo sanitario – Aguas de lluvia para drenaje de edificaciones.

### 9.1.5 Perfiles y planchas

Las estructuras metálicas se diseñarán con perfiles ángulos laminados y compactos. El acero de estos perfiles deberá cumplir con alguna de las siguientes normas, según se determine en el proyecto para el tipo de acero a utilizar. La tenacidad o resiliencia deberá ser demostrada mediante ensayos de impacto sobre probeta con entalle simplemente apoyada (ensayo Charpy) de acuerdo a la norma ASTM A370 y deberán cumplir como mínimo una resiliencia de 27 Joules a -5°C, de acuerdo con lo indicado en NCh 203.

- Normas NCh 203, calidades A240ES y A345ES.
- Normas ASTM A36 y A572 grado 50.
- Norma EN 10025, calidades St 37-2 y/o St A52-3.
- Norma ASTM A53 grado B, para tubería.
- Norma ASTM A500.

El acero de las planchas será de calidad ASTM A36, A240ES o St 37-2. La tenacidad o resiliencia deberá ser demostrada mediante ensayos de impacto sobre probeta con entalle simplemente apoyada (ensayo Charpy) de acuerdo a la norma ASTM A370 y deberán cumplir como mínimo una resiliencia de 27 Joules a -10°C, de acuerdo con lo indicado en NCh 203.

### 9.1.6 Pernos de conexión

Los pernos serán de cabeza hexagonal ASTM A394 Tipo 1, tendrán tuercas hexagonales con sus bordes redondeados en ambas caras, con dimensiones según ASTM A194.

Se considerará que los pernos llevarán arandela de presión y en los casos que sea necesario arandela plana circular según norma ASTM F436.

- Los pernos deberán llevar arandela de presión y arandela plana.
- El largo de los pernos se dimensionará de modo que no se produzcan esfuerzos de cortadura en la zona con hilo y que los pernos sobresalgan tres hilos más allá de la tuerca. Si es necesario se puede usar arandelas planas para asegurar el apriete del perno.

Se permite usar un (1) perno de conexión como mínimo en estructuras soporte de equipos eléctricos y estructuras altas, en las estructuras para edificios se usarán dos (2) pernos como mínimo (previa verificación de las uniones según todas las combinaciones de carga).

### 9.1.7 Soldadura

Los electrodos y fundentes de soldaduras al arco se utilizarán electrodos de la serie E60XX y deberán cumplir con la especificación AWS A5.1, A5.5, A5.17, A5.18, A5.20, A5.23 y A5.29, o sus equivalentes. El filete mínimo será de 5 mm.

Los electrodos de soldadura deberán satisfacer una tenacidad mínima de 27 Joules a -29°C en el ensayo de Charpy según ASTM A6.

Las soldaduras serán verificadas de acuerdo con las recomendaciones del estándar AWS.

## 9.2 SOLICITACIONES PARA ESTRUCTURAS

Se establecen las solicitaciones para estructuras metálicas de subestaciones eléctricas, que abarcan: estructuras altas, estructuras bajas, mufas y parrones.

### 9.2.1 Peso propio (PPE, PPEq, PPC)

PPE: Peso propio de la estructura, calculado a partir del peso unitario de los materiales incluidos en la modelación. Se tomará una holgura de acuerdo con el tipo de estructura para incluir elementos no modelados, tales como pernos, placas de conexión, rellenos y galvanizado.

PPEq: Peso propio de equipos y accesorios a partir de los datos del fabricante.

PPC: Peso propio de conductores, cables de guardia, aisladores, herrajes y accesorios.

### 9.2.2 Viento (VE, VEq, VC)

VE: Fuerza de viento sobre la estructura.

VEq: Viento sobre equipos.

VC: Viento sobre conductores, cables de guardia, aisladores y accesorios.

Presión de viento básica sobre estructuras, conductores, cables de guardia y equipos según los valores indicados en la publicación RPTD N°11, de acuerdo a la zona donde se ubicará el proyecto.

Para estructuras reticuladas la fuerza de viento sobre la estructura se calculará considerando una presión básica uniforme y el área proyectada de los elementos que golpea el viento perpendicularmente, se considera la cara anterior y posterior. La fuerza de viento se calculará como:

$$F_z = G_t * C_f * q_c * A_f$$

Dónde:

$G_t$  = Factor de efecto de turbulencia para la estructura

$C_f$  =Factor de forma, que depende del tipo de estructura, los cuales se indican a continuación:

Para estructuras reticuladas  $C_f = 4,0e^2 - 5,9e + 4,0$

Donde  $e = \frac{A_f}{A_g}$  = Factor de sólidez y  $A_g$  = Área bruta de una cara de la torre

Y para estructuras no reticuladas,  $C_f$  se considera como 2,0 para postes de hormigón, 1,4 para postes tubulares poligonales hasta de 8 lados y 1,0 para postes circulares y postes poligonales de más de 8 lados.

El factor de efecto de turbulencia para la estructura  $G_t$  es de 1,0 para postes de hormigón y postes de sección circular o tubular con diámetro menor a 50 cm, 1,2 para postes de sección circular o tubular con diámetro desde 50 cm y 1,25 para estructuras reticuladas de sección cuadrada o rectangular según RPTD N°11 inciso 5.12.2.

- $q_c$  = Presión de viento. (Para la ubicación del proyecto se considera una presión de 40 kg/m<sup>2</sup>)
- $A_f$  = Área de los elementos de una cara, proyectada perpendicular a la dirección del viento.

La componente debida al viento en conductores y cables de guardia será calculada según la configuración particular de cada caso, teniendo en cuenta tipo de cable, longitud de vano y desnivel.

En este cálculo no se considera variación de la presión de viento con la altura, ni efecto ráfaga.

De acuerdo al documento de “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión del CIGRE” cuando el proyecto se ubique en una zona en la que corresponda considerar solicitaciones de viento simultáneamente con el sismo, dicha solicitación será como mínimo la correspondiente a 0,25 veces la presión de viento máxima definida para el proyecto.

### 9.2.3 Condiciones meteorológicas (CA)

Solicitaciones debido a las condiciones meteorológicas.

Corresponde a las solicitaciones debido a nieve, hielo, variaciones de temperatura, etc. y que son propias del lugar en donde se desarrollará cada proyecto.

Las cargas de nieve serán calculadas de acuerdo a la norma NCh 431.

La carga debido al hielo se calculará considerando el peso específico del hielo indicado en la publicación RPTD N°11 (o en su versión más reciente). Este peso adicional debe ser considerado en las combinaciones que incluyan la solicitación de hielo. Para el cálculo del viento se deberá considerar que el hielo incrementa el área de cada perfil. Este espesor de hielo será determinado de acuerdo con los reportes meteorológicos de la zona del proyecto.

### 9.2.4 Tirón en equipos, tensiones de conductores, cables de guardia y tirones en terminales de equipos (T, TC, TCG, FANG)

T: Tirón en terminales de equipo. Para el conjunto equipo-estructura-fundación, la carga de tirón en terminales del equipo se define como:

- 100 kg para equipos con tensión nominal menor o igual a 245 kV.
- TC: Tensión de conductores.
- TCG: Tensión de cables de guardia.
- FANG: Fuerza transversal debido a la llegada en ángulo de la línea.

Las cargas anteriores serán calculadas para las condiciones eléctricas, mecánicas y ambientales más críticas:

- Máxima tensión para diseño de estructuras: temperatura ambiente mínima, corriente nula y viento de diseño.
- Máxima flecha para verificación de acercamientos: temperatura ambiente máxima, corriente de diseño (para conductores), viento nulo.

Las conexiones entre equipos serán definidas con las holguras indicadas en el documento técnico del CIGRÉ “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión”.

Para todos los casos, se considerarán tensiones unilaterales en la dirección más crítica.

#### **9.2.5 Montaje y mantenimiento (M)**

M: Carga de montaje y mantenimiento.

Para barras con inclinación menor o igual a 45° con la horizontal, se utilizará una carga vertical de 113 kg en el punto medio del elemento, la que deberá resistir con un factor de seguridad mínimo de 1,2.

#### **9.2.6 Condiciones de operación de equipos (Co)**

Co: Carga debido a operación.

Estas fuerzas corresponden a solicitaciones dinámicas de servicio, como las fuerzas debidas a la apertura o cierre de interruptores y fuerzas provenientes del funcionamiento normal del equipo, tales como presión interna, fuerzas provenientes de resortes, vibraciones, efectos térmicos, efectos eléctricos. Estas fuerzas serán definidas según información del fabricante.

#### **9.2.7 Cortocircuito (FC)**

FC: Carga debido a la ocurrencia de un cortocircuito.

La fuerza de cortocircuito debido a las conexiones entre equipos será calculada a partir de la corriente dinámica de cortocircuito en su valor peak, calculada como 2,5 veces el valor de cortocircuito efectivo de diseño. Según la expresión establecida en el numeral 4 de la especificación ETG-A.0.20.

Se deberá considerar una carga de corto circuito dada por la expresión:

$$F_e = 0,0204 \times (2,5 \times I_c)^2 \times \frac{1}{d}$$



En que:

$F_e$  = Fuerza de cortocircuito en daN.

$I_c$  = Corriente cortocircuito proyectada de la instalación o equipo rms en kA.

$l$  = Largo del conductor conectado al equipo medido entre los puntos medios de conexión entre equipos (m).

$d$  = Distancia entre fases del equipo y/o conductores conectados al equipo (m).

## 9.2.8 Solicitaciones de sismo para estructuras bajas (E)

### a. Intensidad sísmica de diseño

La intensidad sísmica, es decir, la caracterización de los parámetros que representan los máximos valores de aceleración, de velocidad y de desplazamiento horizontal en la superficie del terreno, será la que le corresponde a la sismicidad del lugar y a las características del suelo de fundación.

### b. Espectro de diseño

El espectro de diseño para las instalaciones eléctricas de alta tensión según ETG-A.0.20 corresponde a:

**Tabla N° 11 Parámetros y zonas para el espectro de diseño**

$$\frac{S_a(f, A_o, \xi)}{g} = \begin{cases} \max \left\{ 2,75 \cdot A_o \cdot (0,85 \cdot f)^{1,8} \left( \frac{0,05}{\xi} \right)^{0,4} ; A * \left( \frac{f}{f_2} \right)^{\frac{2}{3}} \right\} & f < f_1 \text{ Hz} \\ A & f_1 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ Hz} \\ A_o + (A - A_o) \cdot \frac{\left( \frac{30}{f} - 1 \right)}{2} & 10 \text{ Hz} < f \leq 30 \text{ Hz} \\ A_o & f > 30 \text{ Hz} \end{cases}$$

**Tabla N°12. Valores Referenciales para diseño del espectro**

| $\xi$<br>(%) | A<br>(Ao=0,5g) | A<br>(Ao=0,4g) | A<br>(Ao=0,3g) | f1<br>(Hz) | f2<br>(Hz) |
|--------------|----------------|----------------|----------------|------------|------------|
| 0.5          | 1,840          | 1,472          | 1,104          | 0,829      | 2,217      |
| 1            | 1,605          | 1,284          | 0,963          | 0,896      | 2,169      |
| 2            | 1,370          | 1,096          | 0,822          | 0,957      | 2,110      |
| 3            | 1,230          | 0,984          | 0,738          | 0,987      | 2,062      |
| 5            | 1,060          | 0,848          | 0,636          | 1,018      | 2,004      |
| 7            | 0,945          | 0,756          | 0,567          | 1,029      | 1,953      |
| 10           | 0,820          | 0,656          | 0,492          | 1,029      | 1,869      |
| 20           | 0,585          | 0,468          | 0,351          | 0,995      | 1,696      |

Dónde:

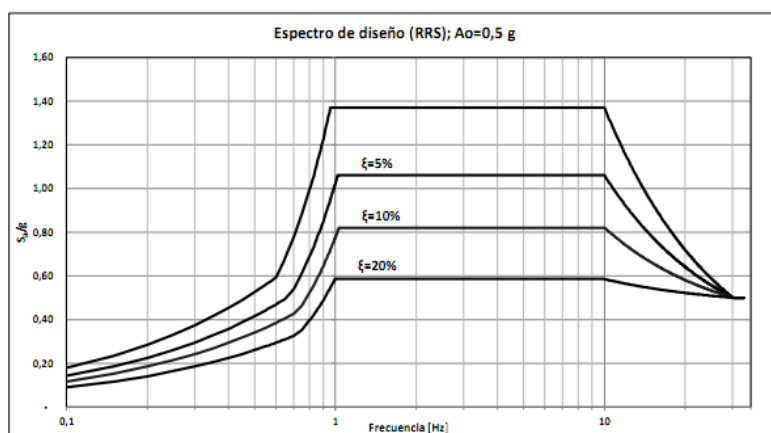
Sa: Aceleración del espectro de diseño.

$\xi$  : Razón de amortiguamiento.

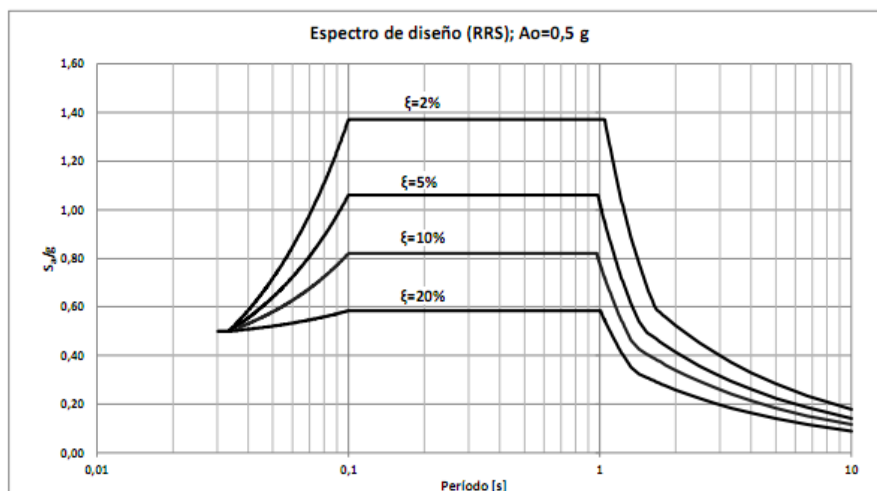
Ao: Aceleración basal.

F1: Frecuencia que define el inicio del tramo para el cual la aceleración del espectro corresponde a la máxima.

F2: Frecuencia que define el primer tramo de la curva de subida del espectro.



**Figura N°6 : Espectro de diseño para frecuencia (hz).**



**Figura N°7 : Espectro de diseño para periodo (s).**

El Espectro aquí señalado se deberá considerar aplicable hasta suelos Tipo D de acuerdo con la clasificación sísmica nacional de suelos. Si el suelo donde se ubica el proyecto tiene una calidad menor que Tipo D, el Dueño deberá definir el Espectro de Diseño, el cual en ningún caso podrá tener solicitaciones menores que las aquí señaladas.

**c. Factor de importancia “IE” y Factor de modificación de respuesta “R”**

Los valores del Factor de Importancia “IE” y del Factor de Modificación de la Respuesta “R” para el diseño sísmico de un sistema particular se deberán elegir entre los definidos en la Tabla siguiente.

**Tabla N° 13. Valores de factores “IE” y “R”**

| Elemento a diseñar                                                                                                                                               | “I <sub>E</sub> ”                      | “R”                        | Requisitos de Diseño |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|----------------------|
| 1. Equipos Eléctricos en general, incluidos GIS/GIL e incluidas estructuras de soporte de partes del equipo que se fijan o unen directamente al equipo principal | 1                                      | 1                          | Capítulo 2           |
| 2. Estructuras de soporte de material dúctil sin redundancia estructural                                                                                         | El Factor “I <sub>E</sub> ” del Equipo | 1,5                        | Capítulo 3           |
| 3. Estructuras de soporte de material dúctil con redundancia estructural                                                                                         |                                        | Máximo 3                   | Capítulo 3           |
| 3.1 Estructuras reticuladas de acero autosoportadas                                                                                                              |                                        | β                          | Capítulo 3           |
| 3.2 Estructuras de soporte horizontales en voladizo con a lo menos 3 puntos de apoyos                                                                            |                                        | 2                          | Capítulo 3           |
| 3.3 Marcos de Acero                                                                                                                                              |                                        | 3                          | Capítulo 3           |
| 3.4 Marcos de Hormigón Armado                                                                                                                                    |                                        | 2                          | Capítulo 3           |
| 4. Estructuras de soporte tubulares, incluidos los monopostes de acero                                                                                           |                                        | 1,5                        | Capítulo 3           |
| 5. Sistemas de anclaje:                                                                                                                                          |                                        |                            |                      |
| 5.1 Pernos de anclaje embebidos en hormigón                                                                                                                      |                                        | 2                          | Capítulo 3           |
| 5.2 Pernos de anclaje post-instalados                                                                                                                            |                                        | 1                          |                      |
| 5.3 Otros elementos de los sistemas de anclajes descritos en la sección 3.6                                                                                      |                                        | 2                          |                      |
| 6. Fundaciones de hormigón armado                                                                                                                                |                                        | 3                          | Capítulo 3           |
| 7. Otras estructuras de soporte de equipos eléctricos                                                                                                            | El Factor “I <sub>E</sub> ” del Equipo | A definir por el diseñador |                      |

El factor de modificación de la respuesta de  $R=3$  para las fundaciones de hormigón armado no está asociado a la disipación de energía de las fundaciones de este tipo debido a que por sus requisitos de diseño rara vez sobrepasan los límites de comportamiento elástico. La mayoría de la disipación de energía, y por consiguiente la reducción de la respuesta para el cálculo de los esfuerzos de diseño, ocurre en el suelo circundante por ciclos de histéresis o por radiación.

#### d. Razón de amortiguamiento “ξ”

Para definir la ordenada espectral máxima que se utilizará en la determinación del coeficiente sísmico horizontal, se emplearán los valores de amortiguamiento de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla N° 14. Valores de razón de amortiguamiento “ $\xi$ ”**

| Elemento a diseñar                                                                                                                                                                                                                         | “ $\xi$ ”                                                                             | Requisitos de Diseño |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1.- Equipos Eléctricos en general, incluidos GIS/GIL e incluidas estructuras de soporte de partes del equipo que se fijan o unen directamente al equipo principal                                                                          | 2%<br>Salvo que se demuestre un valor mayor de acuerdo a lo señalado en el Capítulo 2 | Capítulo 2           |
| 2.- Estructuras de soporte de hormigón armado, pretensado o post-tensado                                                                                                                                                                   | 2%                                                                                    | Capítulo 3           |
| 3.- Estructuras de soporte de acero con uniones soldadas                                                                                                                                                                                   | 2%                                                                                    | Capítulo 3           |
| 4.- Estructuras de soporte de acero con uniones empernadas                                                                                                                                                                                 | 5%                                                                                    | Capítulo 3           |
| 5.- Fundaciones de hormigón armado para estructuras de soporte                                                                                                                                                                             | usar el valor asociado a la estructura de soporte                                     | Capítulo 3           |
| 6.- Fundaciones de hormigón armado para equipos anclados directamente a la fundación<br>$V_{s30} \geq 900$ m/s<br>$V_{s30} < 900$ m/s<br><br>Donde $V_{s30}$ = velocidad de la onda de corte de acuerdo con la sección 3.12 del Capítulo 3 | 5%<br>7%                                                                              | Capítulo 3           |

Para las estructuras se usarán los siguientes valores expresados como un porcentaje del amortiguamiento crítico:

Estructuras soportantes con juntas soldadas = 3%.

Estructuras soportantes con pernos de torque controlado = 5%.

#### **e. Excitación sísmica de diseño**

El espectro de respuesta lineal será el indicado anteriormente, y las solicitaciones sísmicas corresponden a las siguientes:

En dirección horizontal: un movimiento del terreno cuya intensidad sísmica corresponde a lo indicado en la cláusula “a” de estos Criterios de Diseño.

En dirección vertical: un campo de aceleraciones uniforme y constante de intensidad igual al 60 % de la aceleración horizontal máxima del terreno.

La verificación sísmica se hará para dos (2) direcciones horizontales separada e independientemente, eligiendo en cada caso la combinación más desfavorable de direcciones y sentidos de las acciones horizontales y verticales.

#### **f. Ordenada espectral máxima**

La ordenada espectral máxima (A) se determinará con la ecuación:

$$\frac{A}{a} = 3,21 - 0,68 \ln(\zeta)$$

Donde:

A: Ordenada espectral máxima.

a: aceleración máxima del terreno.

$\zeta$ : Amortiguamiento expresado en %.

#### g. Coeficiente sísmico

El coeficiente sísmico horizontal se calculará mediante la fórmula:

$$C_H = I_E \frac{S_a(\xi, f)}{R * g}$$

Dónde:

$I_E$ : Factor de importancia del equipo.

R: Factor de modificación de la respuesta.

$S_a(\xi, f)$ : Ordenada del espectro de diseño.

$\xi$ : Razón de amortiguamiento de la estructura a la sección sísmica horizontal.

f: Frecuencia fundamental del equipo como respuesta a la acción sísmica horizontal.

El valor  $S_a$  será el que corresponde al máximo valor del espectro de diseño.

#### h. Componente vertical

El efecto de la componente vertical del sismo se evaluará usando el coeficiente sísmico vertical  $C_v$ , dado por la relación:

$$C_v = 0,6 I_E \frac{S_a(\xi, f)}{R * g} \rightarrow C_v = 0,6 C_H$$

En qué  $C_H$  es el coeficiente sísmico horizontal.

Las estructuras altas que no posean equipos eléctricos no se diseñarán para atender sollicitaciones sísmicas, por cuanto sus efectos son considerablemente menores que los debidos al peso, viento y tensión de conductores.

#### i. Nivel basal y corte basal

El nivel basal corresponde al plano horizontal en el cual está aplicada la acción sísmica y donde se equilibran mutuamente las resultantes horizontales de las fuerzas de inercia y de las reacciones del suelo de fundación. Este nivel corresponde al sello de fundación.

El corte basal está dado por la ecuación:

$$Q_b = C \sum_i W_i$$

Donde:

C: coeficiente sísmico.

$\sum_i W_i$ : Suma de los pesos de las partes del sistema situadas por encima del nivel basal, por lo tanto, incluye el peso del equipo, de la estructura, de la fundación y del suelo inmediatamente sobre la fundación.

#### j. Método estático

- Fuerza sísmica horizontal – Estructuras de soporte y fundaciones para equipos flexibles

La fuerza de corte basal se distribuirá según la altura descomponiéndola en fuerzas  $F_i$  aplicadas simultáneamente al nivel del centro de masas de cada una de las partes, todas dirigidas en el mismo sentido, en la dirección de análisis. La distribución se hará como se describe a continuación.

- Se distribuirá  $Q_b$  en proporción a los pesos  $W_i$  de las partes (distribución uniforme), obteniéndose así  $F_i'$  dada por la ecuación:

$$F_i' = \frac{W_i Q_b}{\sum_i W_i} = C W_i$$

- Se distribuirá  $Q_b$  en proporción a los productos  $h_i \cdot W_i$  (distribución triangular), obteniéndose así  $F_i''$  dada por la ecuación:

$$F_i'' = \frac{h_i W_i Q_b}{\sum_i h_i W_i}$$

Dónde:

$h_i$ : altura al centro de masa de la parte identificada con el índice  $i$ , por encima del nivel basal.

Se calculará  $F_i$  como promedio ponderado de  $F_i'$  y  $F_i''$ , según la ecuación:

$$F_i = \frac{1}{3} F_i' + \frac{2}{3} F_i''$$

Dónde:

$h_i$ : Altura de centro de masas de la parte “ $i$ ” del sistema medido desde el nivel basal.

$W_i$ : Peso de la parte “ $i$ ” del sistema por encima del nivel basal.

$F_i'$ : Fuerza sísmica de la parte “ $i$ ” del sistema debido a la distribución rectangular de la aceleración estática equivalente, actuando en “ $h_i$ ”.



$F_i$ : Fuerza sísmica de la parte "i" del sistema debido a la distribución triangular de la aceleración estática equivalente, actuando en " $h_i$ ".

Para el diseño se deberá considerar que el sistema estructural de análisis está conformado por a lo menos las siguientes tres partes:

- Equipo.
  - Estructura de soporte.
  - Fundación + suelo: en este caso, se deberá considerar que tanto el peso como el centro de masas corresponde al conjunto conformado por la fundación de hormigón propiamente tal y por el suelo existente sobre ella.
- Fuerza sísmica horizontal – Fundaciones para equipos rígidos y semirrígidos

La fuerza sísmica horizontal se distribuirá en la altura sobre cada parte "i" del sistema estructural, incluyendo el equipo, de acuerdo con la siguiente expresión:

- Fundaciones en suelos que no permiten rotación o giro de la fundación en su base según se indique en el Informe de Mecánica de Suelos:

$$F_i = \frac{W_i Q_b}{\sum_i W_i} = C W_i$$

- Fundaciones en suelos con posibilidad de rotación o giro de la fundación en su base según se indique en el Informe de Mecánica de Suelos:

$$F_i = \frac{h_i W_i Q_b}{\sum_i h_i W_i}$$

Dónde:

$h_i$ : Altura de centro de masas de la parte "i" del sistema medido desde el nivel basal.

$W_i$ : Peso de la parte "i" del sistema por encima del nivel basal.

$F_i$ : Fuerza sísmica de la parte "i" del sistema debido a la distribución rectangular o triangular de la aceleración estática equivalente, dependiendo de la rigidez del suelo de apoyo, actuando en " $h_i$ ".

- Cortes y Momentos

Las fuerzas de corte serán las que resulten de la estática al aplicar  $F_i$ . Los momentos correspondientes a las fuerzas  $F_i$  se afectarán por un coeficiente de reducción J, dado por la relación:

$$J = 0,8 + 0,2 \times \frac{h}{H}$$

Dónde:

h: cota de la sección del sistema en la cual se desea evaluar el momento reducido medida desde el nivel basal.

H: altura de la parte más alta del sistema medida desde el nivel basal.

- Fuerza sísmica vertical

La fuerza sísmica vertical se considerará actuando sobre el centro de masas de cada parte “i” del sistema de acuerdo con la siguiente expresión:

$$F_v = C_v W_i$$

En que:

W<sub>i</sub>: peso de la parte “i” del sistema por encima del Nivel Basal.

C<sub>v</sub>: Coeficiente sísmico vertical definido en la sección h.

### 9.2.9 Solicitaciones sísmicas sobre equipos en altura

Cuando se tengan equipos instalados en estructuras altas o parrones se deberán seguir las estipulaciones de las secciones 3.10.4.2 y A1.10 del anexo N°1 del documento técnico del CIGRE “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión”.

### 9.2.10 Solicitaciones sísmicas para pernos de anclaje

Los esfuerzos para el diseño de los sistemas de anclaje podrán considerar la solicitud sísmica reducida por el Factor de Modificación de la Respuesta “R” que le corresponde de acuerdo a lo señalado en la Tabla N° 13.

Independiente de lo señalado en el párrafo precedente, cuando el sistema de anclaje del equipo o estructura a la fundación tiene un único punto de apoyo responsable de transmitir la totalidad de la fuerza en esa dirección, los valores de las fuerzas para el diseño de los sistemas de anclaje deberán ser los que corresponden a la solicitud sísmica sin reducir, es decir considerando un Factor de Modificación de la Respuesta de R=1.

El diseño de los sistemas de anclajes deberá considerar modos de falla dúctil. Cuando el diseño de los sistemas de anclajes no pueda evitar modos de falla no dúctil, el diseño deberá considerar un Factor de mayoración adicional de 1,25 a la solicitud sísmica.

### 9.2.11 Solicitaciones para edificaciones

#### k. Sismo

- Análisis estático

El esfuerzo de corte horizontal se debe calcular según la siguiente expresión:

$$Q = CIP$$

Dónde:

Q: esfuerzo de corte

C coeficiente sísmico

P: peso de la estructura.

I: coeficiente de importancia especificado en la sección 3.11.4 del documento técnico del CIGRE “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión”:

**Tabla N°15. Factores de importancia para obras civiles. “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión”**

|   | Obra Civil                                                                                  | “I”      |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1 | Salas de Comando, Salas y Casetas de Control, Salas GIS, Salas Eléctricas y otras similares | 1,2      |
| 2 | Muros cortafuegos<br>Sin equipos en su parte superior<br>Con equipos en su parte superior   | 1<br>1,2 |
| 3 | Estanques de agua del sistema contra incendio                                               | 1,2      |
| 4 | Foso recolector de aceite, Foso separador agua-aceite, pileta recolectora.                  | 1        |
| 5 | Canalizaciones eléctricas (trincheras, canaletas y similares)                               | 1        |
| 6 | Túneles para cables de poder                                                                | 1,2      |

El coeficiente sísmico se calculará de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C = \frac{2,75A_0}{gR} \left( \frac{T'}{T^*} \right)^n \left( \frac{0,05}{\xi} \right)^{0,4}$$

Dónde:

A<sub>0</sub>: aceleración efectiva máxima definida según zonificación sísmica indicada en Tabla 5.2 y Figura 5.1 de la NCh 2369.

T', n: parámetros relativos al tipo de suelo, determinados según Tablas 5.3 y 5.4 de la NCh 2369.

T\*: periodo fundamental de vibración de análisis, calculado por un procedimiento teórico.

ξ: razón de amortiguamiento que se establece según Tabla 5.7 de la NCh 2369.

El valor de C no necesita ser mayor que el indicado en la tabla 5.7 de la NCh 2369.

R: factor de modificación de respuesta, según sección 3.11.5 del documento técnico del CIGRE “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión” y de la tabla 5.6 de la norma NCh 2369.

En ningún caso el valor de C será menor a  $0,25 \frac{A_0}{g}$ .

- Distribución de fuerza sísmicas en altura

Las fuerzas sísmicas se deben distribuir en la altura, cuando aplique, según la siguiente expresión:

$$F_k = \frac{A_k P_k}{\sum_1^n A_j P_j} Q_0$$
$$A_k = \sqrt{1 - \frac{Z_{k-1}}{H}} - \sqrt{1 - \frac{Z_k}{H}}$$

Dónde:

$F_k$ : Fuerza horizontal sísmica en el nivel k.

$P_k, P_j$ : pesos sísmicos en los niveles k y j.

$A_k$ : parámetro en el nivel k, donde k = 1 es el nivel inferior.

n: número de niveles.

$Q_0$ : esfuerzo de corte basal.

$Z_{k-1}, Z_k$ : altura sobre la base de los niveles k y k-1.

H: altura del nivel más alto sobre el nivel basal.

- Análisis dinámico

El análisis espectral se debe hacer para el espectro de diseño siguiente:

$$S_a = \frac{2,75A_0}{R} \left( \frac{T'}{T} \right)^n \left( \frac{0,05}{\xi} \right)^{0,4}$$

Dónde:

$S_a$ : aceleración espectral de diseño

T: Periodo de vibración del modo considerado

El valor de  $S_a$  no debe ser mayor que  $I \times C_{máx} \times g$ , en que  $C_{máx}$  se determina según la Tabla 5.7 de la NCh 2369.

- Número de modos

El análisis debe incluir suficientes modos de vibrar para que la suma de las masas equivalentes, en cada dirección de análisis, sea igual o superior al 90 % de la masa total.

- Esfuerzo de corte basal mínimo

Si el esfuerzo de corte basal resulta menor que el valor calculado por la siguiente expresión:

$$Q_{min} = 0,25 I \frac{A_0}{g} P$$

Todas las deformaciones y esfuerzos se deben multiplicar por el cociente  $Q_{min}/Q$  para los efectos de diseño, excepto en el caso de que se haya efectuado un análisis tiempo-historia no lineal.

- Cálculo de deformaciones

Cuando el análisis se hace con las solicitaciones sísmicas reducidas por el factor R, las deformaciones se deben determinar de:

$$d = d_0 + R_1 d_d$$

Dónde:

$d$ : Deformación sísmica.

$d_0$ : Deformación debido a cargas de servicio no sísmicas.

$R_1$ : Factor que resulta de multiplicar el valor de R por el cociente  $Q/Q_{min}$ , siempre que  $Q/Q_{min}$  sea menor o igual a 1,0. Sin embargo, no se debe usar un valor inferior a 0,5. En caso de que el cociente sea mayor a 1,0 se debe usar  $R_1 = R$ .

$d_d$ : Deformación calculada con solicitaciones sísmicas reducidas por el factor R.

Si se usan métodos de análisis inelásticos, la deformación “d” se debe obtener directamente del análisis.

- Deformaciones sísmicas máximas

Las deformaciones sísmicas se deben limitar a valores que no causen daños a otros sistemas o equipos en las edificaciones. En todo caso, las deformaciones no deben exceder los siguientes valores:

- Estructuras de hormigón prefabricado constituidas exclusivamente por un sistema sismo resistente en base a muros conectados por uniones secas.

$$d_{máx} = 0,002 h$$

- Estructuras de muros de albañilería con particiones rígidamente unidas a la estructura.

$$d_{máx} = 0,003 h$$

- Marcos no arriostrados con rellenos de albañilería.

$$d_{máx} = 0,0075 h$$

- Otras estructuras.

$$d_{\max} = 0,015 h$$

## I. Carga de uso (L)

Se deberán considerar las indicaciones de cargas de uso de acuerdo a la NCh 1537.

## m. Carga de uso de techo (Lr)

Se deberán considerar las indicaciones de cargas de uso de techo de acuerdo a la NCh 1537.

## 9.3 COMBINACIONES DE CARGA

### 9.3.1 Combinaciones para estructuras altas

A: Viento máximo transversal

PPE + PPC + VE(T) + VC + TC + TCG + CA (Normal)

B: Viento máximo longitudinal

PPE + PPC + VE(L) + VC/4 + TC + TCG + CA (Normal)

C: Viento máximo transversal con ángulo línea

PPE + PPC + VE(T) + VC + TC + TCG + FANG + CA (Normal)

D: Viento máximo longitudinal con ángulo línea

PPE + PPC + VE(L) + VC/4 + TC + TCG + FANG + CA (Normal)

E: Viento transversal medio con sobrecarga vertical

PPE + 2 PPC + VE(T)/2 + VC/2 + TC + TCG + CA (Eventual)

F: Montaje

PPE + PPC + VE(T)/4 + VC/4 + TC + TCG + M (Eventual)

- Factor de seguridad

Se aplicarán los siguientes factores de seguridad:

- |                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| - Combinación de Cargas Normales:                                | 1,5 |
| - Combinación de Cargas Normales con condiciones meteorológicas: | 1,4 |
| - Combinación de Cargas Eventuales:                              | 1,2 |

### 9.3.2 Combinaciones de carga para estructuras bajas, estructuras parrón y equipos rígidos

- Combinaciones de carga de servicio
- CS1: PPE + PPEq + CO + FC + VE + VEq + CA

- CS2:  $PPE + PPEq + CO + E + T + 0,6 FC$
- CS3:  $PPE + PPEq + CO + E + T + 0,6 FC + CA + 1,6 VE^* + 1,6 Veq^*$
- Combinaciones de carga últimas
- CU1:  $1,2 PPE + 1,2 PPEq + 1,2 CO + 1,2 FC + 1,6 VE + 1,6 Veq + 1,6 CA$
- CU2:  $1,2 PPE + 1,2 PPEq + 1,2 CO + 1,4 E + 1,2 T + 0,72 FC$
- CU3:  $1,2 PPE + 1,2 PPEq + 1,2 CO + 1,4 E + 1,2 T + 0,72 FC + 1,6 CA + 1,6 VE^* + 1,6 Veq^*$

\* Ver consideraciones de las solicitaciones de viento simultáneas con el sismo en sección 9.2.2 de este documento.

Las solicitaciones horizontales deben considerarse actuando en el mismo sentido.

De acuerdo al documento de “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión del CIGRE” cuando el proyecto se ubique en una zona en la que corresponda considerar solicitaciones de viento simultáneamente con el sismo, dicha solicitación será como mínimo la correspondiente a 0,25 veces la presión de viento máxima definida para el proyecto.

### 9.3.3 Combinaciones para edificaciones

Las combinaciones de cargas serán según lo requerido por la NCh 3171.

- Combinaciones de carga de servicio
- A: D
- B:  $D + L + Lr$
- C:  $D + Lr + L$
- D:  $D + Lr + W$
- E:  $D + W + L + Lr$
- F:  $D + E + L$
- G:  $D + W$
- H:  $D + E$
- I:  $0,6D + W$
- J:  $0,6D + E$
- Combinaciones de carga última
- AU:  $1.4D$
- BU:  $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$

- CU:  $1,2D + 1,6Lr + L$
- DU:  $1,2D + 1,6Lr + 0,8W$
- EU:  $1,2D + 1,6W + L + 0,5Lr$
- FU:  $1,2D + 1,4E + L$
- GU:  $0,9D + 1,6W$
- HU:  $0,9D + 1,4E$

## 9.4 CONFORMACIÓN DE LA PLATAFORMA

### 9.4.1 Pendiente, altura mínima y otras consideraciones

Las pendientes responderán a la optimización de los movimientos de tierra en corte y relleno, además de atender los requerimientos de drenajes, de acuerdo con la topografía del sitio.

Pendientes variables en ambos sentidos con un mínimo 0,5 % y un máximo de 2,0 %. Se podrá evaluar el uso de pendientes mayores a 2,0 %, según características particulares del predio de cada proyecto, siempre y cuando se logre una ventaja económica o constructiva para el mismo.

Según las características del terreno y de acuerdo a la optimización de los movimientos de tierra, la plataforma podrá diseñarse con pendiente única, plataforma a dos aguas o plataforma separada/escalonada.

Las pendientes de los taludes en corte y relleno serán definidas de acuerdo con las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos para cada subestación.

La separación mínima del borde superior del talud a los cerramientos exteriores será de 1,00 m.

Se atenderán las recomendaciones del estudio de suelo en relación a la separación de excavaciones masivas, excavaciones estructurales y rellenos estructurales.

### 9.4.2 Material de relleno

El espesor del escarpe será definido por el estudio de mecánica de suelos, con un mínimo de 0,10 m. Se debe realizar la remoción de escarpe, evitando la contaminación con materiales que tengan diferente composición.

Se seguirán todas las recomendaciones establecidas en el estudio de mecánica de suelos para los rellenos a utilizar en la conformación de plataformas.

No se permitirá suelo con contenido orgánico, restos de basura o material deleznable.

Se utilizará material proveniente de las excavaciones, si estos cumplen con las exigencias mínimas o si se comprueba a través de ensayos su utilización, según estudio de mecánica de suelos.

Estabilidad de taludes: se atenderán las recomendaciones del estudio de suelos con relación a las pendientes máximas para la conformación de taludes en la plataforma, ya sea en corte o en relleno. Cuando sea necesario, y también basado en las recomendaciones del estudio de



mecánica de suelos, se establecerán medidas que permitan proteger los taludes de la erosión y meteorización.

De acuerdo a los resultados del estudio de suelos se podrá evaluar otras alternativas de movimiento de tierra, que permita un ahorro en las cubicaciones del mismo; por ejemplo, mejoramiento de suelos con alternativas como suelo cemento o densificación con micropilotes (madera u hormigón); o considerando alternativa de uso de fundaciones profundas (tipo pilas y pilotes).

#### **9.4.3 Acabado de patio**

Según los resultados del estudio de tensiones de toque y paso, se determinará si toda el área de la subestación comprendida dentro del cerco perimetral interior hacia el interior de los paños llevará como acabado superficial una capa de gravilla, de 15 cm de espesor como mínimo o de acuerdo con lo definido en los estudios de la malla puesta a tierra realizado en concordancia con el estándar internacional IEEE Std 80-2013.

Áreas que no estén confinadas por caminos interiores, canaletas y/o pasos peatonales, podrán ser delimitadas por soleras para la contención de la gravilla.

### **9.5 ANÁLISIS Y DISEÑO DE FUNDACIONES**

#### **9.5.1 General**

Las fundaciones podrán ser de tipo tradicional superficial (zapatas aisladas, zapatas corridas, losas de fundación, parrillas metálicas) o profundas (monobloques de hormigón, pilas, micropilotes, anclajes en roca) u otros. Las fundaciones tendrán un recubrimiento mínimo de 7,5 cm para elementos hormigonados directamente contra terreno y 5,0 cm para los demás casos. Los tratamientos y cuidados del hormigón por agresividad del suelo deberán ajustarse de acuerdo con las recomendaciones del informe de mecánica de suelos (entiéndase como tratamientos y cuidados como las actividades de impermeabilización, tratamientos con aditivos y protección del acero con el objetivo de garantizar la durabilidad del hormigón).

El diseño de las fundaciones deberá realizarse de acuerdo con los parámetros de diseño y recomendaciones señalados en el Informe de Mecánica de Suelos correspondiente al proyecto.

El diseño de las fundaciones deberá realizarse de acuerdo con las reacciones que se obtengan del diseño de las respectivas estructuras, datos de equipos pesados o cualquier otra obra civil o elemento que éstas soportan; en todo caso se deben considerar las solicitudes presentadas en el numeral 9.2 y las combinaciones según 9.3 y 9.3.3 de este documento. Se analizará de acuerdo a las solicitudes según corresponda:

- Compresión, Corte, Volcamiento Uniaxial, Volcamiento biaxial.
- Tracción, Corte, Volcamiento Uniaxial, Volcamiento biaxial.

El diseño de las fundaciones deberá considerar los desplazamientos totales, desplazamientos relativos, giros y/o asentamientos máximos que se permiten para la estructura y/o el equipo, que garanticen su normal funcionamiento u operación.

En caso de las estructuras altas de subestaciones eléctricas, la solicitud principal de las fundaciones es el momento flector y el esfuerzo horizontal en una dirección principal. En general el momento flector y el esfuerzo horizontal en la dirección perpendicular a la principal, así como el esfuerzo normal de arrancamiento o de aplastamiento, es menor.

Las estructuras bajas de subestaciones eléctricas son encargadas del soporte de equipos eléctricos, barras y/o conductores. Las fundaciones para ellas deberán diseñarse de acuerdo a las solicitudes resultantes de la aplicación de la sección 9.3.2. El análisis sísmico debe considerar las masas individuales del conjunto equipo – estructura – fundación.

- Presiones de contacto

La presión de contacto máxima a transmitir de la fundación al suelo no deberá sobrepasar la tensión admisible reportada en los estudios de mecánica de suelos, tanto para solicitudes normales (estática) como para solicitudes eventuales (dinámica). Deberá verificarse este cumplimiento tanto para las tensiones verticales como para las horizontales según corresponda al tipo de fundación que se diseñe.

- Resistencia al arrancamiento

La fuerza resistente al arrancamiento deberá ser mayor o igual a 1,1 veces la solicitud de arrancamiento obtenida con las cargas amplificadas por los factores de mayoración (o factores de sobrecarga) correspondientes.

- Resistencia al volcamiento

- Fundaciones tipo zapatas y fundaciones tipo monobloques diseñadas sin colaboración lateral del suelo deberán cumplir que el área de apoyo comprimida de la fundación sea de:

- 100% para combinaciones de carga que consideran solicitudes normales.
- 80% mínimo para combinaciones de carga que incluyen solicitudes eventuales.

Para otro tipo de fundaciones, el Informe de Mecánica de Suelos deberá definir los requisitos de estabilidad al volcamiento según el tipo de fundación a diseñar, requisitos de estabilidad que deberán ser equivalentemente mayores o iguales a los señalados en párrafos precedentes.

- Resistencia al deslizamiento

La resistencia total al deslizamiento, minorada, deberá ser mayor o igual a la solicitud. Para la verificación al deslizamiento de la fundación debido a las solicitudes eventuales se deberán usar los siguientes factores de minoración de las resistencias:

**Tabla N°16. Factores de seguridad al deslizamiento**

| Fuerza resistente | Factor de seguridad en caso normal | Factor de seguridad en caso eventual |
|-------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Friccionante      | 1,5                                | 1,3                                  |
| Cohesiva          | 4,0                                | 3,0                                  |
| Empuje pasivo     | 4,0                                | 3,0                                  |

Fundaciones diseñadas considerando colaboración lateral del suelo no requieren de verificar deslizamiento.

Para otro tipo de fundaciones, el Informe de Mecánica de Suelos deberá definir los requisitos de estabilidad al deslizamiento según el tipo de fundación a diseñar, requisitos de estabilidad que deberán ser equivalentemente mayores o iguales a los señalados.

### 9.5.2 Análisis y diseño de fundaciones superficiales tipo zapata

El análisis y diseño de las fundaciones superficiales deberá cumplir con los requisitos de resistencia y estabilidad definidos en la sección 9.5.1.

En caso de diseñar fundaciones conectadas por vigas de amarre, el diseño deberá considerar el sistema completo. En caso de diseñar una losa de fundación común para distintos equipos eléctricos, se deberán considerar las cargas provenientes todos los equipos instalados sobre ella en las direcciones y sentidos que sean más desfavorables.

Para el análisis se recomienda usar la metodología expuesta en el Bureau of Reclamation, en su publicación "Transmission Structures" como método X-Y modificado, que considera la colaboración de un cono de arrancamiento de suelo de ángulo  $\beta$ .

El ángulo  $\beta$  del cono de arrancamiento será definido por la mecánica de suelos.

- Método X-Y modificado.

Para verificar la estabilidad general de las fundaciones se deben comprobar dos condiciones:

- Verificar que la tensión de contacto máxima en el suelo no sobrepase la tensión admisible.
- Verificar el volcamiento de la fundación. Para cargas normales el área comprimida de la fundación debe ser 100% y para cargas eventuales el área comprimida de la fundación debe ser mayor al 80 %.

Se entiende que las cargas normales corresponden a solicitudes permanentes y las cargas eventuales corresponden a solicitudes esporádicas.

Para verificar la tensión de contacto en el suelo se debe considerar un 75% del peso del suelo actuante sobre la fundación, mientras que para verificar el volcamiento de la fundación se debe considerar el 50% del peso del suelo sobre la fundación.

Las fórmulas y metodología para aplicar el método X-Y modificado aparecen en detalle en el Anexo N°4 de la ETG A.1.03.

El peso  $W$  será el peso del suelo contenido en el paralelepípedo o el peso del suelo contenido en el cono, según corresponda, menos el peso correspondiente al volumen del relleno compactado entre medio.

Una vez definidas las dimensiones y enterramiento de las fundaciones, se dimensionarán los diferentes elementos resistentes, dimensionamiento que se hará de acuerdo a las buenas prácticas de diseño y a lo establecido en la norma ACI 318 en su última versión. Se recomienda que se usen en el cálculo de las armaduras y en la verificación de las secciones de hormigón los factores de cargas establecidos en la citada norma.

### **9.5.3 Análisis y diseño de fundaciones tipo monobloque de hormigón**

La metodología Sulzberger se empleará para el análisis de fundaciones tipo bloque macizo de hormigón armado.

Se considerará que para terrenos con inclinaciones limitadas ( $\tan(\alpha) < 0,01$ ) las fundaciones tendrán un comportamiento elástico, en las que las paredes verticales y normales de la fundación presentarán una reacción frente a las fuerzas actuantes de la superestructura.

El diseño de fundaciones con colaboración lateral de suelo sólo podrá realizarse cuando la fundación sea del tipo monobloque hormigonada contra terreno y el Informe de Mecánica de Suelos señale explícitamente los parámetros de diseño que deberán considerarse.

Esta metodología considera lo siguiente:

- La comprensibilidad del terreno es proporcional a la profundidad, crece linealmente y en la superficie vale cero.
- El macizo de hormigón gira sobre un eje situado a  $2/3$  de su profundidad, y  $1/4$  de la pared del mismo.
- Las deformaciones de la fundación son despreciables frente a las del terreno.

Se seguirá la metodología presentada en el Anexo N°2 del documento técnico del CIGRE – Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión”.

El diseño del hormigón se realizará siguiendo las consideraciones de la normativa ACI 318.

### **9.5.4 Análisis y diseño de fundaciones de equipos anclados directamente a la fundación**

Dentro de la subestación pueden existir equipos que se anclan directamente a la fundación. En dichos casos se deberá realizar, como mínimo, las siguientes verificaciones:

- Tensión admisible del suelo: Se deberá verificar que la tensión de contacto resultante (de trabajo) sea menor que la tensión admisible del suelo a nivel del sello de fundación.
- Volcamiento: Se deberá verificar que el área comprimida bajo el sello de fundación alcance al 100% para condiciones de carga permanente y a lo menos un 80% para condiciones de cargas eventuales.

- Deslizamiento: Se deberá verificar que la fuerza de deslizamiento sea menor que la resistencia respectiva, considerando los factores de minoración indicados en la sección 9.5.1

El diseño de las armaduras se realizará conforme a las disposiciones de la normativa ACI 318.

Los equipos pesados deben anclarse directamente a la fundación por medio de cajas de anclaje. Para tomar el corte sísmico, que es de consideración, se deberán diseñar llaves de corte o topes sísmicos.

El cálculo de la fuerza sísmica para el análisis de la fundación se realizará de acuerdo a lo estipulado en la sección j y para los pernos de anclaje según 9.2.10 de este documento.

#### **9.5.5 Análisis y diseño de fundaciones de transformadores de poder, autotransformadores y reactores**

Se deberá disponer de una pileta perimetral receptora de aceite, con el fin de garantizar que no ocurrirá ninguna contaminación del subsuelo y de las aguas subterráneas por infiltración del aceite, en caso de derrame. La pileta en su parte interna, debe ser impermeabilizada con pintura resistente al aceite. Por su parte, las conexiones de los tubos de entrada y salida deben ser totalmente herméticas.

Las dimensiones de la pileta receptora de aceite resultan de las siguientes condiciones geométricas:

- La pileta deberá tener dimensiones tales que entre la proyección vertical de los componentes del transformador, autotransformador o reactor que contiene aceite y el borde interior de la pileta exista una distancia igual o mayor que el 20% de la altura total del conjunto (medida desde la base del transformador hasta la cota superior del elemento contenedor de aceite), con un mínimo de 90cm.
- El volumen de captación de la pileta deberá ser como mínimo un 20% del volumen total del aceite del transformador, autotransformador o reactor.
- El borde superior de la pileta deberá quedar como mínimo 20 cm sobre la capa de gravilla circundante.

Se recomienda la dilatación entre la pileta y la fundación del equipo. Estas juntas se sellarán con un cordón de polietileno y sello de silicona resistente al aceite.

La pileta será cubierta con parrillas o grating, las cuales deberán ser galvanizadas en caliente al igual que sus soportes. Sobre las parrillas se colocará una malla tejida de alambre galvanizado de Ø 2,76mm de una abertura de 10 cm. Se harán modelos similares a los de las parrillas y se coserán a estas con alambre blando de Ø 2,4mm. Sobre la malla se colocará una capa de grava de diámetro Ø 4 a 6 cm y con una altura mínima de 10cm.

Se podrá disponer de una pileta auto contenedora para las subestaciones donde exista espacio limitado y que posean un único equipo con almacenamiento de aceite. El diseño de esta pileta deberá seguir las indicaciones de la norma IEEE 980.

### 9.5.6 Análisis y diseño de fundación superficial tipo losa

Se permitirá la utilización de una fundación tipo losa para el soporte de estructuras bajas cuando la separación entre ellas no permita diseñar fundaciones individuales sin poder evitar la superposición de ellas. Las losas de fundación se diseñarán de hormigón armado de estructura única y monolítica, de acuerdo a los requisitos de la norma NCh 170. El diseño se realizará considerando los requisitos de resistencia y estabilidad de la sección 9.5.1 de este documento y lo establecido en manual ACI 318.

El diseño deberá realizarse mediante un análisis por fuerzas estáticas equivalentes. Deberá realizarse con las reacciones obtenidas de los modelos utilizados para las estructuras que soportará.

El diseño deberá incluir en el análisis de tensiones, deformaciones y desplazamientos, la flexibilidad propia del suelo de fundación considerando valores adecuados del coeficiente de balasto para cargas normales y para cargas eventuales, según lo especificado en el Informe de mecánica de suelos del proyecto.

### 9.5.7 Verificación de izaje para fundaciones superficiales tipo zapata prefabricada

El diseño de las fundaciones tipo zapata considerará las condiciones del suelo obtenido a partir del informe de mecánica de suelos, que dará los parámetros necesarios para obtener las condiciones de estabilidad requeridas.

En caso de que el diseño de las fundaciones tipo zapata sea de categoría prefabricada, seguirán las especificaciones estipuladas en la sección de fundaciones tipo zapatas tradicionales, considerando el ángulo  $\beta$  del cono de arrancamiento igual a 0.

Se deberá realizar el chequeo de los puntos de izaje de las fundaciones para evaluar el desempeño y comportamiento de la fundación y el gancho de izaje al momento de la manipulación. Para el análisis estructural de los elementos se considerarán como cargas el peso propio de la fundación y la tensión de izaje.

La combinación de carga a utilizar se determina considerando el factor de mayoración de 1,6 para carga viva en este caso la de tensión de izaje. El diseño del gancho de izaje se concibe como un anclaje al concreto y su diseño se realiza de acuerdo a la norma ACI 318.

Se realizará el chequeo donde se demuestra que el momento resistente del concreto por sí solo es capaz de resistir el momento que puede impartir el peso propio de la zapata, así:

Momento resistente del concreto:

$$M_{cr} = \frac{F_r I_g}{y_t}$$

Dónde:

$$F_r = 0,62 \lambda \sqrt{f'c}$$

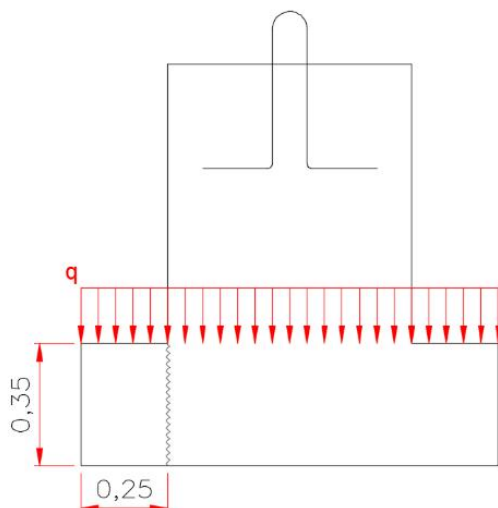
$I_g$  = Momento de inercia de la sección evaluada.

$y_t$ , = Distancia desde el centroide de la sección a la fibra extrema a tracción, sin considerar el refuerzo.

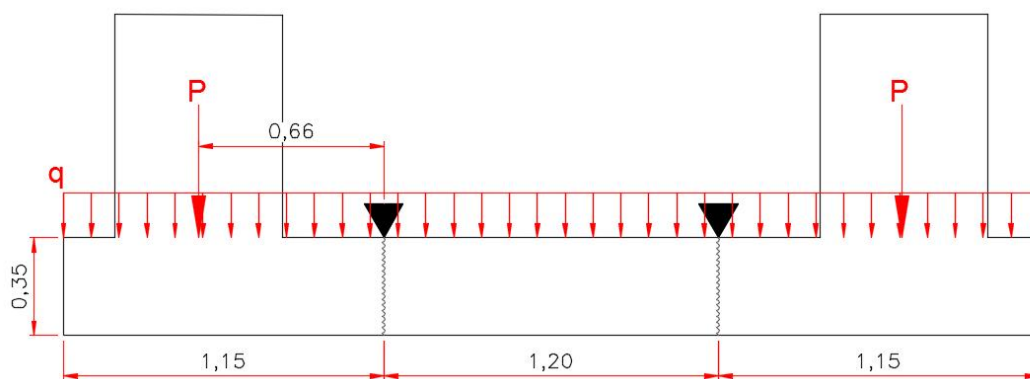
$\lambda = 1$ , Para concretos normales.

$M_{act} = \frac{1}{2} q L^2$ , Momento debido al peso de la zapata de un pedestal.

Se debe verificar que  $\frac{M_{cr}}{M_{act}} > 1$ .



**Figura N°8 : Esquema de ejemplo de aplicación de carga para el chequeo a flexión de zapatas de un pedestal**



**Figura N°9 : Esquema de ejemplo de aplicación de carga para el chequeo a flexión de zapatas de 2 pedestales**

El diseño de cortante se realizará según lo dispuesto en la norma ACI 318.

## 9.6 DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

Las estructuras metálicas de Subestaciones Eléctricas podrán ser del tipo enrejado de perfiles laminados de acero galvanizado en caliente con uniones apernadas, o estructuras en perfilera de alma llena galvanizada laminada en caliente.

## **9.7 ESTIPULACIONES DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS RETICULADAS**

Son alcance de esta sección aquellas estructuras bajas, estructuras altas, torres y parrones con sistema reticulado o en celosía.

### **9.7.1 Diseño estructural**

El diseño de las estructuras de soporte de equipos eléctricos y de estructuras altas se hará utilizando las recomendaciones indicadas en el manual ASCE 10-15 "Design of Latticed Steel Transmission Structures".

Se consideran las cargas mayoradas por el factor de seguridad correspondiente a cada estado de carga.

### **9.7.2 Diseño a compresión**

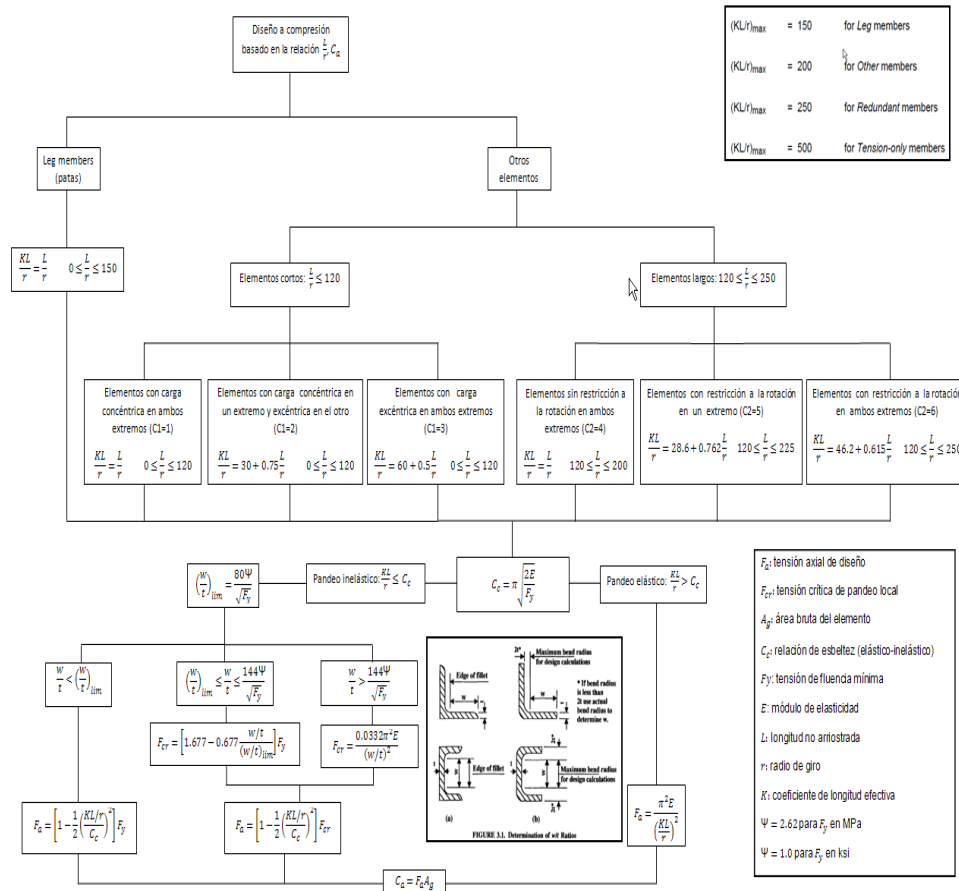
Para el diseño a compresión se usan en general las ecuaciones de pandeo 3.6-1 y 3.6-2 definidas en el manual ASCE 10-15, para determinar las tensiones críticas a compresión según la esbeltez de cada barra. Los largos de pandeo de cada barra se determinan con las ecuaciones 3.7-4, 3.7-7 y 3.7-8. El uso de las curvas 3.7-9 y 3.7-10 deberá ser justificado en la memoria de cálculo.

La esbeltez máxima  $L/r$  de los elementos se limita a:

- Montantes de esquina o cantoneras de pilares y vigas: 150
- Diagonales y marcos: 200
- Barras en tracción y rellenos o barras auxiliares: 250

Los rellenos o barras auxiliares que sea necesario incorporar a la estructura para limitar el largo de pandeo de algún elemento principal, se calculan a compresión considerando que deben resistir, al menos, el 2,5% del esfuerzo del elemento principal que arriostran transversalmente contra el pandeo (el esfuerzo principal sobre el elemento de relleno debe ser calculado de acuerdo con el numeral 3.16 del manual ASCE 10-15). Sólo se considerará que los rellenos restrinjan el pandeo en el plano con que están colocados si uno de su extremo está fijado a un nudo de la estructura.





**Figura N°10 : Formulación y consideraciones para el diseño a compresión de elementos**

### 9.7.3 Diseño a tracción

### Perfiles conectados en ambas caras (cantoneras)

Tomando en cuenta que el diseño se hace con cargas mayoradas, para el diseño a tracción se considera que la tensión en el área neta efectiva de la sección debe ser menor a la tensión de fluencia.

El área neta efectiva se define como:

$$A_{ef} = A_{neta}$$

$$Aneta = Aperfil - e \times (\phi + 3,2mm) \times n + e \times \sum \frac{S^2}{4 \times g}$$

Se considera para el cálculo del área neta un diámetro de perforación igual al diámetro nominal del perno Ø más 3,2 mm.

- N: Número de perforaciones.
- s: Distancia entre perforaciones en el sentido paralelo a la fuerza.
- g: Distancia entre perforaciones en el sentido perpendicular a la fuerza.

- $\phi$ : Diámetro del perno.
- e: Espesor del perfil.

### Perfiles conectados en una cara (diagonales)

Tomando en cuenta que el diseño se hace con cargas mayoradas, para el diseño a tracción se considera que la tensión en el área neta efectiva de la sección debe ser menor a 0,9 veces la tensión de fluencia.

El área neta efectiva se define como:

Perfiles conectados con 1 o 2 pernos:  $A_{ef} = 0,75 A_{neta}$

Perfiles conectados con 3 pernos o más:  $A_{ef} = 0,85 A_{neta}$

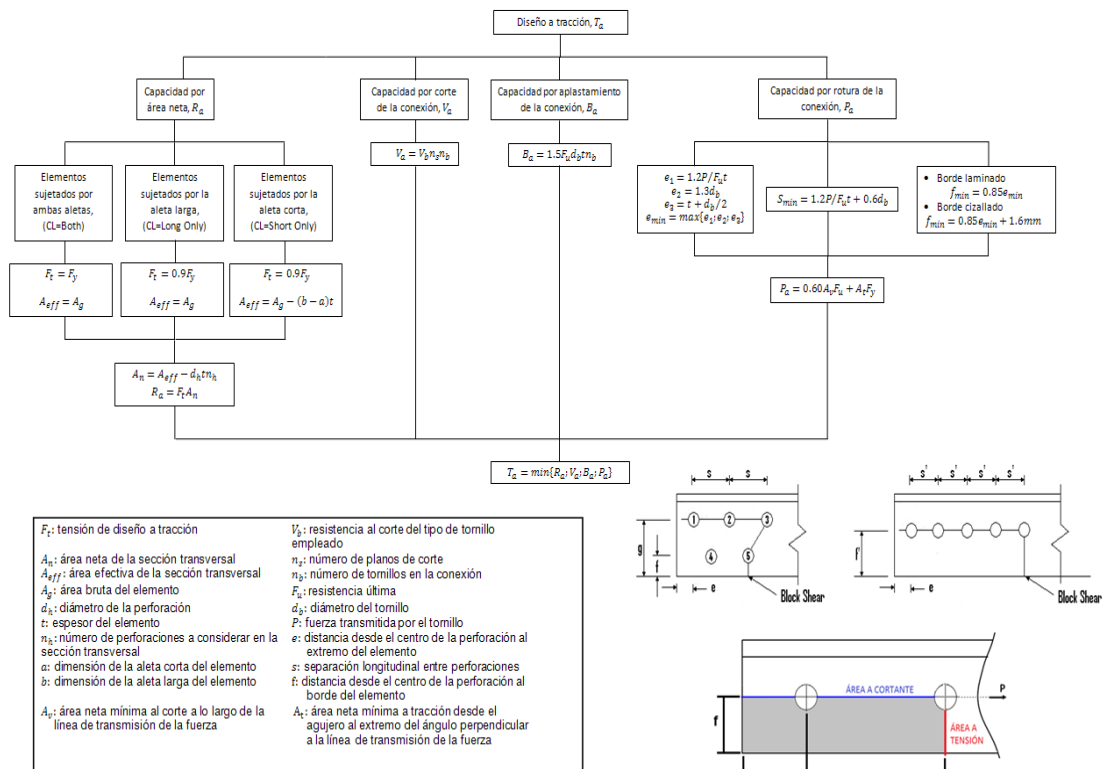
En diagonales y marcos se debe verificar que el esfuerzo no supere el definido según la siguiente fórmula, del Manual ASCE 10-15 correspondiente al bloque de corte:

$$P_{adm} = 0,6 * A_v * F_u + A_t * F_y$$

$A_v$ : Área neta resistente al corte en la dirección de la fuerza

$A_t$ : Área neta resistente en tracción en dirección perpendicular a la fuerza

Para verificar el bloque de corte se deben considerar las distancias mínimas definidas en 4.7.4 para distancias mínimas a borde y entre perforaciones.



**Figura N°11 : Formulación y consideraciones para el diseño a tracción de elementos**

#### **9.7.4 Diseño a flexión**

Secciones 3.12, 3.13 y 3.14 de la norma ASCE 10.

Los elementos de la estructura que forman un ángulo menor o igual a 45° con la horizontal, se verifican para resistir las condiciones de montaje y mantenimiento.

La condición de montaje se verifica con una carga puntual de 113 kg en el punto medio del elemento, la que deberá resistir con un factor de seguridad mínimo de 1,2. Esta condición considera que los elementos no están cargados, por lo que el elemento se verifica a flexión.

La condición de mantenimiento se verifica con una carga puntual de 113 kg en el punto medio del elemento, la que deberá resistir con un factor de seguridad mínimo de 1,2, simultánea a las cargas axiales producto de las combinaciones de carga. Esta verificación se debe hacer considerando esfuerzos de flexo-compresión o flexo-tracción en las barras.

#### **9.7.5 Dimensiones mínimas**

El perfil angular mínimo tendrá dimensiones 40 x 40 x 4 mm. El espesor mínimo de planchas será de 5 mm.

El espesor mínimo de los perfiles que se utilicen en montantes de esquina de las torres y en las cuerdas inferiores de crucetas será de 5 mm.

El diámetro mínimo de los pernos de conexión será de 16 mm.

El diámetro mínimo de los pernos de anclaje deberá ser 3/4" o 20 mm, y su largo mínimo de anclaje será 70 cm en el caso de fundaciones de equipos tradicionales.

#### **9.7.6 Uso de soldadura**

En las estructuras reticuladas de soporte de equipos eléctricos (estructuras bajas) se usará soldadura sólo en los marcos superiores y en la unión de las placas bases.

No se permite el uso de soldadura en las estructuras reticuladas altas, exceptuando en la unión de las placas bases.

Se permite el uso de soldadura en estructuras consideradas en la sección 9.8 de este documento y ser justificado en la memoria de cálculo.

### 9.7.7 Deformaciones

Como resultado del diseño, los desplazamientos máximos de las estructuras altas y estructuras tipo parrón deberán cumplir con las siguientes exigencias para casos de carga sin factores de mayoración.

**Tabla N°17. Desplazamientos máximos**

| Tipo de elemento | Desplazamientos | Elemento donde se ubican equipos | Elemento donde solo llegan conductores |
|------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------------|
| Vertical         | Horizontal      | H / 100                          | H / 50                                 |
| Horizontal       | Horizontal      | L / 200                          | L / 100                                |
|                  | Vertical        | L / 200                          | L / 100                                |

En los casos de carga de sismo, los desplazamientos máximos corresponden a la solicitación sísmica sin reducir, es decir considerando un factor de modificación de respuesta  $R = 1$ .

No se considera necesario hacer control de deformaciones una vez definida la rigidez de las estructuras de soporte de equipos eléctricos, ya que el garantizar que su frecuencia sea mayor a 30 Hz o 4 veces la frecuencia del equipo, su deformación o desplazamiento es despreciable.

### 9.7.8 Distancias a borde y de separación de las perforaciones

En la ejecución de los planos de fabricación y montaje de las estructuras se deberá considerar lo siguiente:

-Distancias mínimas de borde y entre perforaciones para pernos ASTM A325 y ASTM A 394 tipo 1 o DIN 267 tipo 8.8 según Tabla N°18 o requerimientos de esfuerzo según numeral 4.5 de la norma ASCE 10-15 o la sección J3.5 de la AISC 360.

**Tabla N°18. Distancias a borde y entre perforaciones**

| Diámetro<br>Perno | Distancia mínima<br>entre pernos | Distancia mínima al borde |               |
|-------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------|
|                   |                                  | Borde laminado            | Borde cortado |
| 5/8"              | 42                               | 22(*)                     | 28            |
| 3/4"              | 50                               | 25                        | 32            |

(\*) Excepto en perfiles de 40 mm de ala en que será 19 mm.

-En estructuras reticuladas el detalle de las uniones debe hacerse de modo de no tener excentricidades o reducirlas al mínimo.

-En las estructuras altas y parrones de Subestaciones Eléctricas se debe considerar la instalación de peldaños para trepado y perforaciones para puesta a tierra.

-Los planos deben incluir todos los elementos necesarios para la fijación de conductores, cables de guardia o equipos eléctricos.

-Para cada estructura se deberá entregar un listado de materiales indicando todos los elementos de la estructura, sus marcas, dimensiones, pesos, calidad de acero, diámetro, largo y cantidad de cada tipo de perno, pernos de anclaje, etc.

### 9.7.9 Análisis estructural

El análisis de las estructuras de la subestación se hará considerando un modelo espacial de nudos y barras que sólo resisten esfuerzo axial usando un software de cálculo estructural.

El cálculo de las estructuras debe considerar el criterio de rigidez, que establece que las estructuras de soporte de equipos deben tener una frecuencia natural superior a 30 Hz frente a cargas horizontales aplicadas en su cara superior. Para calcular esta frecuencia propia se considerará la masa del equipo más la masa de la estructura.

El diseño deberá además demostrar que la rigidez local en la estructura donde se fija el equipo es lo suficientemente reforzada para no agregar otros modos de oscilación a los propios de dicho equipo. Según el anexo técnico “Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión”.

Si el diseño es realizado mediante un análisis estático se debe cumplir la siguiente relación:

$$\frac{\text{Masa del equipo}}{\text{Masa estructura}} \geq 0,6$$

Además, la estructura de soporte de equipos eléctricos debe resistir las solicitaciones resultantes del análisis sísmico del conjunto equipo-estructura-fundación que se debe realizar de acuerdo con lo indicado en la sección 5 del anexo técnico “Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión”.

## 9.8 DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ALMA LLENA

Son alcance de esta sección las estructuras bajas, estructuras para bajada de cables (mufas) y parrones a diseñar y construir utilizando perfilera en alma llena.

### 9.8.1 Diseño estructural

El diseño de las estructuras se hará utilizando las recomendaciones indicadas en el manual AISC 360 “Specification for structural steel buildings” en las secciones D, E, F, G, H y J.

Se consideran las cargas mayoradas por el factor de seguridad correspondiente a cada estado de carga.

Las estructuras tipo parrón no cumplen con los requisitos de rigidez establecidos en 9.7.1 por lo que los equipos instalados sobre ellas deberán ser considerados como equipos en altura de acuerdo a la sección 2.13 del documento técnico del CIGRE “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión”, por lo que se deberá considerar que la sollicitación sísmica sobre ellos corresponde a una aceleración amplificada debido a la altura donde se ubica el equipo.

Para el cálculo de la sollicitación sísmica debido al equipo sobre la estructura tipo parrón aplica lo señalado en la cláusula A1.10.1 del Anexo N°1 del documento técnico del CIGRE “Recomendación de requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión”

El anclaje de las estructuras a la fundación se realizará según lo indicado en la sección 9.9.1 de este documento.

## 9.9 DISEÑO DE SISTEMA DE ANCLAJE A LA FUNDACIÓN

Los sistemas de anclaje de las estructuras y equipos a sus fundaciones deberán cumplir los siguientes requisitos generales:

- Los sistemas de anclaje deberán estar conformados por pernos de anclaje, llaves de corte, topes sísmicos u otros medios adecuados que garanticen el correcto traspaso de todas las sollicitaciones a la fundación. En particular, no se permiten diseños que consideren que el corte o parte de él sea traspasado por roce.
- El diseño de los sistemas de anclaje deberá realizarse de manera tal que su resistencia deberá estar controlada por la capacidad de aquellos elementos que tienen un comportamiento dúctil dentro de los elementos de anclaje señalados en el párrafo precedente.
- Los sistemas de anclaje que tengan un esfuerzo de corte sísmico total mayor a 50 kN considerando Tensiones Admisibles ó 75 kN considerando Estados Límites Últimos, deberán considerar en su diseño que los pernos de anclaje sólo resisten los esfuerzos de tracción. En este caso, el sistema de anclaje deberá considerar el diseño de llaves de corte o de topes sísmicos, los que deberán tomar el 100% del esfuerzo de corte basal.
- Los sistemas de anclaje que tengan un esfuerzo de corte sísmico menor a lo señalado en el párrafo precedente y no tengan topes sísmicos, deberán diseñarse considerando la interacción tracción-corte en los pernos de anclaje. En tal caso, el diseño deberá considerar que sólo el 50% de los pernos de anclaje toman el esfuerzo de corte basal.
- El diseño de los sistemas de anclaje deberá minimizar la necesidad de ejecutar soldaduras en terreno.
- El diseño del traspaso de los esfuerzos de tracción o de corte desde el sistema de anclaje a la fundación se deberá realizar mediante pernos o mediante soldaduras, considerando que estos elementos deberán resistir de forma independiente el total de la sollicitación que se traspasa.
- En caso que para el diseño de la fundación se utilice una intensidad sísmica menor de  $a = 0.5g$ , para el diseño de los pernos de anclaje, placas de apoyo, llaves de corte y demás elementos de sujeción a la fundación, se deberá emplear un coeficiente de reducción de respuesta de  $R = 2,25$ . Las fuerzas correspondientes al campo vertical se aplicarán sin modificación.

### 9.9.1 Pernos de anclaje

Para las estructuras de la subestación, el anclaje a la fundación se hará con pernos de anclaje, los pernos de anclaje tendrán un diámetro mínimo de 3/4" o 20 mm, deberán ser de acero con resiliencia garantizada, como se indica en la sección 9. Los pernos deberán llevar tuerca, contratuerca y golilla de presión.

Se permitirá el uso de pernos preinstalados Tipo T y pernos post-instalados químicos o mecánicos, diseñados de acuerdo con ACI 318, verificando los modos de falla del acero del perno y el hormigón que lo alojará.

Se podrá utilizar diámetro de 12 mm en pernos de anclaje de estructuras y elementos secundarios tales como luminarias, cercos u otros.

### 9.9.2 Diseño de pernos de anclaje post instalados

Los pernos de anclaje post instalados podrán ser del tipo químico o mecánico y deberán diseñarse de acuerdo a los siguientes requisitos:

El tipo de perno de anclaje post instalado que se defina deberá estar certificado para las condiciones sísmicas a las que estará sometido.

Los pernos de anclaje post instalados deberán garantizar el buen comportamiento mecánico y dinámico de acuerdo a las exigencias de temperatura definidas para el proyecto, en particular si se utilizan en zonas de bajas temperaturas o en zonas con riesgo de incendio.

Se considera la utilización de un Factor de Modificación de la Respuesta "R" igual a 1,0, el cual es señalado en la Tabla N° 13.

El cálculo de la resistencia de diseño del perno de anclaje post instalado deberá realizarse considerando que el hormigón está fisurado.

### 9.9.3 Sistema de anclaje de equipos a la fundación sin pernos de anclaje

Cuando el equipo se ancla directamente a la fundación y el sistema de anclaje se realice utilizando algún medio o dispositivo que no considere pernos de anclaje para el traspaso de las solicitaciones de tracción (o traspaso de la solicitación combinada de tracción-corte), el Diseñador del Equipo deberá someter a aprobación del Revisor Sísmico todos los documentos necesarios que demuestren que el sistema de anclaje propuesto cumple con la filosofía de considerar que los elementos de soporte, equipo y fundación deben permitir que el comportamiento sísmico del sistema sea consistente con el comportamiento del equipo para el cual fue verificado su correcto comportamiento sísmico y los siguientes requisitos mínimos:

- El diseño debe realizarse con las solicitaciones sísmicas sin reducir, es decir, considerando un Factor de Modificación de la Respuesta de  $R=1$ , salvo indicación contraria dada por el fabricante del equipo y/o estructura o de acuerdo con las recomendaciones dadas por el revisor sísmico.
- El diseño incluye todos los elementos necesarios que deberán quedar embebidos en la fundación para el posterior anclaje del equipo tales como placas y sus anclajes, llaves de corte, otros.

- Indicación explícita de si los elementos que deberán quedar embebidos en la fundación serán suministrados o no por el Proveedor del Equipo.

## 9.10 DISEÑO DE CAMINOS DE ACCESO Y CAMINOS INTERIORES

### 9.10.1 Bases de diseño

Los diseños se ajustarán a los requerimientos ambientales especificados en la resolución de calificación ambiental (RCA) y a las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos. El diseño será para 30 años de vida útil, con mantenimiento mínimo.

Se cumplirá con las bases de diseño y requerimientos indicados en el Manual de Carreteras Volumen 3 numeral 3.604.4 de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, en la Guía de diseño estructural para caminos de bajo volumen de tránsito en las especificaciones internacionales ASTM y AASHTO.

El diseño comprende los siguientes aspectos:

- Diseño geométrico. Consiste en determinar los anchos, los radios, las pendientes longitudinales y transversales, según la condición de construcción y la fase de operación.
- Diseño de la estructura del pavimento dependiendo de la capacidad de carga de la subrasante (CBR). Las características de la sub-base se ajustará de acuerdo con lo indicado el estudio de mecánica de suelos del proyecto.

El diseño de los caminos de acceso e interiores de la subestación se diseñarán considerando lo estipulado en el capítulo 3.600 del Manual de Carretera.

### 9.10.2 Diseño geométrico del camino

Se entiende por camino interno, el que permite el acceso vehicular a las distintas áreas de la subestación, las que comprenden desde el ingreso a la subestación hacia el interior de los paños a construir.

Para el diseño de los caminos interiores se considera la disposición física de la subestación y anchos de 6 metros para tramos principales y 4 metros para tramos secundarios, con sobre anchos en las curvas y/o zonas de maniobra según se requiera para el acceso de los vehículos de carga y transporte. En la siguiente tabla se muestran los anchos y radios mínimos a considerar en el diseño geométrico de los caminos interiores y caminos de acceso de la subestación.

**Tabla N°19. Los anchos y radios mínimos a considerar en el diseño geométrico de los caminos**

| Tramo      | Ancho mínimo (m) | Radio mínimo (m) |
|------------|------------------|------------------|
| Principal  | 6,0              | 8,0              |
| Secundario | 4,0              | 14,0             |



### 9.10.3 Vehículos estimados en el diseño

Para el diseño de la estructura final del camino se considerará un flujo de 5 vehículos AASHTO HS-20 + 20% de su peso por día considerado como el vehículo más pesado que transporte equipos. Se estimará un valor de ejes equivalentes (EE) de acuerdo al tránsito proyectado para mantenimiento de la subestación, según el Manual de Carreteras Volumen 3 o AASHTO en su defecto.

Para la fase de construcción se realizan las adecuaciones mínimas requeridas para el tránsito de vehículos de carga y transporte.

### 9.10.4 Radio de giro

Se consideran radios de curvaturas de acuerdo a las indicaciones del Manual de Carreteras volumen 3 según el vehículo más pesado a transitar por los caminos internos. El radio de giro mínimo para el camión de diseño es de 8 metros.

### 9.10.5 Diseño estructural del camino

El diseño de la estructura de camino que soportará las cargas de tránsito de la subestación consiste en determinar el espesor y la calidad de cada una de las capas que conformarán la estructura y en adoptar los dispositivos de drenaje y protección que garanticen el correcto funcionamiento de las mismas. Las capas y estructura del camino serán indicadas en los planos correspondientes.

### 9.10.6 Estructura del acabado del camino

Los caminos deberán contar a lo menos de una carpeta de rodadura y una base granular.

En las subestaciones ubicadas en la zona norte del país se debe especificar carpeta de rodadura en maicillo.

### 9.10.7 Drenajes del camino

Se dispondrá de una pendiente de bombeo mínima de 0,7%. Las pendientes longitudinales se acomodarán a las pendientes de la plataforma, pero no menor a 0,5%.

En la zona norte se podrá hacer uso de soleras discontinuas que permitan el drenaje de camino hacia el drenaje de la plataforma, las cuales tendrán que ser dimensionadas según el Manual de Carreteras. Los drenajes serán presentados en los planos de caminos y de drenajes de la plataforma correspondientes.

## 9.11 CERCOS

### 9.11.1 Cerco interior

Todos los patios de maniobras deben ser cercados mediante una malla alta tipo Acmafor3D y mantenerse cerrados por razones de seguridad.

En general, el cerco estará constituido por mallas galvanizadas en módulos de 2,4 m de alto por 2,5 m de ancho, con fijación galvanizada para perno coche. Los postes serán de perfil

cuadrado 75x75x2 mm galvanizados de 3,1 m de alto, e incluirán brazos de 75x75x2 mm para hiladas triples de alambres de púas de acero inoxidable o galvanizado.

Se dispondrán portones para acceso vehicular y puertas para acceso peatonal donde sea requerido. Dichos accesos tendrán la misma materialidad que el cierre metálico y deberán ser diseñados tal que no faciliten el trepado para el ingreso a la subestación.

Se deberá considerar una distancia máxima de 15 cm entre el nivel de piso terminado del patio (gravilla) y el tope inferior de las mallas del cerco.

### **9.11.2 Cerco exterior**

Este cierre tiene por objeto impedir el acceso y la visibilidad de las instalaciones que se encuentran en la subestación.

En general, el cerco será conformado por bloques de mampostería, con una longitud de 3,0 m de altura. Los postes tendrán extensión en 45° a dos lados para la instalación de hebras de alambre de púas y eventualmente concertina del mismo material sobre la viga de terminación.

Se permitirá el uso de cercos de mayor altura de acuerdo a los estándares de seguridad del proyecto en particular.

El acceso de la subestación debe permitir el ingreso de un camión de carga pesada y giro amplio. Se aceptará que el portón de acceso principal posea una hoja fija desmontable en caso de ser necesario, de tal forma que sea posible habilitar el acceso indicado al momento de requerirse, adicionalmente se recomienda un acceso secundario, en todo caso la superficie de ambos accesos deberá ser protegida contra la corrosión y pintada con esmalte. El diseño de los accesos y el cerco en general, debe ser tal que no facilite el trepado para el ingreso a la subestación.

### **9.11.3 Portón vehicular y peatonal interno**

- El portón vehicular será metálico tipo corredera o batiente según lugar de instalación y condiciones de viento, de dos hojas con brazo en ángulo orientado hacia afuera para instalar tres hiladas de alambre de púas.
- Los portones peatonales serán de 1 de hoja con brazo en ángulo orientado hacia afuera para instalar tres hiladas de alambre de púas.
- Las fijaciones, brazos para púas y accesorios serán de línea, del mismo proveedor del cerramiento.
- Las fundaciones serán de hormigón, con dimensiones la cual deberán ser verificada de acuerdo capacidad de soporte de suelo. Las conclusiones de diseño serán presentadas en el respectivo plano del cerco.
- Para el montaje se seguirán las recomendaciones del fabricante.
- Se contempla anticorrosivo mínimo 2 manos, con remate óleo opaco en pilares y rejas.

## **9.12 DISEÑO DE CANALIZACIONES, DUCTOS Y CÁMARAS**

### **9.12.1 Canaletas**

Se construirán de hormigón armado, pudiendo ser prefabricadas u hormigonadas en sitio, con longitudes no mayores a 9 m y con juntas de dilatación. En las juntas se utilizará impermeabilizante para evitar infiltración de agua.

Las canaletas deberán resistir las solicitaciones por empuje de suelo y presión de napa en caso de existir. Los espesores de muro y losa de las canaletas de profundidad mayor a los 1,00 m deberán ser verificados y presentados en una memoria de cálculo que respalde las dimensiones y el refuerzo de las mismas.

Dentro de lo posible, la canalización no deberá interferir con las obras civiles. Se debe considerar la ejecución de los afinados y las terminaciones, así como las protecciones necesarias de las canaletas y de los cables que en ella se instalen.

Para las canaletas proyectadas en cruce de camino o tránsito pesado, se deberá proyectar banco de ductos reforzado.

Las canaletas tendrán un espesor mínimo de 15 cm con malla de acero de refuerzo. El recubrimiento mínimo será de 4 cm, el cual deberá ser verificado de acuerdo con las recomendaciones de la norma NCh 170, considerando la agresividad de suelo indicada en el estudio de mecánica de suelos.

### **9.12.2 Tapas de Canaletas**

Al interior de las edificaciones, en caso de requerir tapas de canaletas, estas deberán ser metálicas diamantadas y tener un espesor mínimo de 5 mm y reforzadas con perfiles angulares según corresponda, para soportar las cargas de los vanos entre muros de canaletas; presentar un acabado rugoso y deben ser galvanizadas en caliente.

Al exterior, las tapas deberán ser de hormigón armado con espesor mínimo de 8 cm, con recubrimiento de 2 cm y malla central de refuerzo. Para tapas proyectadas con tránsito pesado, estas deberán contar con espesores y armaduras que permitan resistir a lo menos un camión tipo AASHTO H15-44.

Su alzado se hará mediante asas y su peso no debe exceder los 40 kg.

### **9.12.3 Cámaras**

Las cámaras que reciben ductos eléctricos, deberán cumplir con las dimensiones indicadas en los planos eléctricos. El espesor mínimo de los muros y losas de fondo será de 10 cm para cámaras de profundidades hasta 0,60 m, y 15 cm para cámaras de mayor profundidad. Las cámaras contarán con refuerzo por medio de una malla de acero tipo Acma, dispuesta en el centro o a doble capa.

Las tapas deberán ser de hormigón armado con espesor mínimo de 8 cm, con recubrimiento de 2 cm y malla central de refuerzo.

Se deberán disponer cámaras con separación máxima entre ellas de 30 m para facilitar el tendido de los conductores en los ductos. De igual forma, se deberá disponer de una cámara en todos los cambios de dirección de los ductos.

#### **9.12.4 Drenajes de cámaras y canaletas**

Se debe evitar la acumulación de agua en las canalizaciones.

Su drenaje podrá realizarse a través de tubos de PVC dispuestos en el fondo de la canaleta cada cierta distancia y que evacuan directamente al terreno, si no hay presencia de nivel freático y si el suelo lo amerita. En caso contrario, se deberá considerar una pendiente en el fondo de la canaleta que permita el escurrimiento de aguas y conectar al sistema de drenaje principal de la plataforma.

### **9.13 DISEÑO DE DRENAJES DE LA PLATAFORMA**

El objetivo del sistema de drenaje en la zona donde estará construida la plataforma sobre la cual estarán instalados los equipos de la subestación, es asegurar que el agua de lluvia escurra lo más rápido posible, aprovechando la topografía y el drenaje natural del área.

El drenaje de agua lluvia podrá ser superficial, mediante un sistema de canales abiertos o una red de tuberías enterradas.

El proyecto de drenaje de agua lluvia deberá ser coordinado con la ubicación de los restantes elementos a nivel y bajo suelo que componen la subestación, como canalizaciones eléctricas, caminos, fundaciones, etc. Esto, para asegurar que no exista interferencia entre ellos.

La evacuación de las aguas lluvias deberá realizarse en primera instancia hacia cursos de agua existentes, con el fin de evitar la formación de nuevos cauces y minimizar las erosiones asociadas. De lo contrario, se deberá disponer de foso(s) de infiltración, posicionado(s) y dimensionado(s) de acuerdo a los cálculos del sistema de drenaje y condiciones hidrológicas de la zona donde se construirá la subestación eléctrica.

También se puede optar por un sistema de drenaje mediante un sistema de elementos de infiltración que captan el flujo superficial y permiten o facilitan su evacuación mediante su infiltración en el suelo.

### **9.14 EDIFICACIONES**

Los materiales de este tipo de instalaciones deberán ser los adecuados para cumplir los requisitos impuestos por los equipos instalados en su interior, tales como, impermeabilización, aislación térmica, aislación acústica, sellado, protección contra fuego, otros.

El diseño de este tipo de instalaciones deberá tener presente las solicitudes propias de su funcionalidad y todas las cargas permanentes y no permanentes de los equipos que albergan.

El diseño sísmico asociado a las edificaciones en general deberá considerar el peso y el comportamiento sísmico de los equipos eléctricos instalados en niveles superiores, así como las cargas de operación cuando corresponda, de acuerdo a los requisitos de la Norma NCh 2369 "Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales".

De requerirse se podrá diseñar la estructura elevada del nivel de la plataforma, de acuerdo con las consideraciones del estudio de suelos y los requerimientos de los equipos dentro de la sala. Para estos casos se debe considerar los siguientes aspectos:

- Los ductos serán transportados por medio de canaletas eléctricas o bandejas porta cables, según la norma NCh 4.
- Deberá contar con escaleras con barandas para el acceso a la edificación.

Las edificaciones de preferencia deben ser del tipo modular prefabricadas construida mediante módulos preensamblados manufacturados en forma industrial, y que será montada en la subestación, emplazándose sobre fundaciones de hormigón armado. Las edificaciones serán diseñadas y construidas para mantener los requerimientos solicitados de acuerdo a las necesidades y los criterios de diseño del proyecto, tanto eléctricos como civiles.

El diseño deberá considerar la adecuada instalación y operación en las condiciones que se presentan en el área de la subestación; además, se deberá analizar la factibilidad de transporte por los caminos existentes hacia el emplazamiento de la subestación. Se deberá garantizar la protección e integridad de los equipos durante su transporte, izaje, montaje e instalación en terreno, al igual que velar por la protección e integridad de las personas, equipos y de la instalación en operación durante el transporte y montaje de la sala.

#### **9.15 PARILLA DE OPERADORES**

Se podrán y deberán disponer de parrillas y/o planchas de operación que permitan acceder a los mecanismos de accionamiento de desconectores e interruptores, o el equipo que lo requiriese, para que estos sean operables manualmente desde una altura de un metro sobre la estructura a instalar.

La estructura a instalar no deberá afectar las distancias eléctricas mínimas definidas en el proyecto, ni deberá alterar los espacios para el tránsito de personas o vehículos. Las parrillas deberán considerar una capacidad mínima de 150 kg/m<sup>2</sup>, la cual corresponde a la carga de un operario con herramientas.

Se podrán considerar el uso de parrillas desplegables, móviles, bucles o manta, de acuerdo a la norma IEEE 80 "Guide for Safety in AC Substation Grounding".

Se deberá dejar los chicotes de conexión a la malla de puesta a tierra considerando la alternativa de instalar parillas de operadores desmontables a las fundaciones para permitir el traslado de estas. Se deberán considerar la instalación de barandas en las plataformas mayores a 1 metro de altura.

#### **9.16 FOSO SEPARADOR AGUA-ACEITE**

En el diseño se debe considerar la sollicitación producto del empuje en reposo sobre las paredes del foso. El diseño el diseño deberá considerar la sollicitación producto del empuje en reposo y del empuje sísmico sobre las paredes del foso, según lo indicado en el Capítulo de Estanques Enterrados de la norma NCh 2369. El diseño deberá considerar la situación con mayor probabilidad de ocurrencia simultánea con el sismo y que, en general, es que el foso esté vacío en su interior.

Se deberán considerar los siguientes criterios geométricos

- El foso deberá dimensionarse para captar el contenido total de aceite del transformador mayor (Q1), más el volumen de agua proveniente de su propio sistema automático de extinción de incendios (Q2).
- El volumen de agua (Q2) se deberá calcular con una tasa de descarga de acuerdo a las características del sistema de extinción de incendio o considerando 15 l/min por m<sup>2</sup> de superficie expuesta del transformador y su conservador de aceite en un tiempo de operación de 10 minutos.
- La capacidad volumétrica del foso no será menor al 120% de la capacidad del autotransformador o transformadores poder.
- La salida del agua se deberá limitar a un máximo de 10 l/s.

En caso de que no sea posible interconectar en línea recta las piletas con el foso, se deberán usar cámaras de inspección, en la cual la profundidad de la tubería de entrada se deberá fijar de modo que su pendiente no sea mayor que 1%.

El foso en su parte interna debe ser impermeabilizado con pintura resistente al aceite. Por su parte, las conexiones de los tubos de entrada y salida deben ser totalmente herméticas.

Si no es posible la eliminación de manera natural del agua de lluvia que se acumule en el foso, se deberá contemplar la colocación de una bomba electro sumergible.

\*\*\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*\*\*