SECCIÓN 03: ESTIPULACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS OBRAS

24\_266\_OA\_F01

www.coordinadorelectrico.cl

ÍNDICE

[3.1 ALCANCE Y OBJETIVO 6](#_Toc117698114)

[3.2 ESTIPULACIONES GENERALES PARA LA INGENIERIA DE DISEÑO 6](#_Toc117698115)

[3.2.1 CATEGORIA DE LA INGENIERIA 6](#_Toc117698116)

[3.3 INFORMACION PARA LA INGENIERIA DE DISEÑO 6](#_Toc117698117)

[3.3.1 GENERALIDADES 6](#_Toc117698118)

[3.3.2 DISPOSICIONES GENERALES 7](#_Toc117698119)

[3.3.3 PLANOS BASICOS 8](#_Toc117698120)

[3.4 DISEÑO DE ESTRUCTURAS METALICAS DE LINEAS Y SUBESTACION 8](#_Toc117698121)

[3.4.1 ALCANCES 8](#_Toc117698122)

[3.4.2 SOLICITACIONES 9](#_Toc117698128)

[3.4.3 SOLICITACIONES DE VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA 12](#_Toc117698129)

[3.4.4 SOLICITACIONES DE MONTAJE 12](#_Toc117698130)

[3.4.5 SOLICITACIONES DE MANTENIMIENTO. 12](#_Toc117698131)

[3.4.6 METODOLOGIA DE CÁLCULO 12](#_Toc117698132)

[3.4.6.1 Generalidades 12](#_Toc117698133)

[3.4.6.2 Diseño a Compresión 13](#_Toc117698134)

[3.4.6.3 Diseño a Tracción 13](#_Toc117698135)

[3.4.6.4 Diseño de Pernos 15](#_Toc117698136)

[3.4.7 DISPOSICIONES DE DISEÑO 15](#_Toc117698143)

[3.4.7.1 Dimensiones Mínimas 15](#_Toc117698144)

[3.4.7.2 Uso de Soldadura 15](#_Toc117698145)

[3.4.7.3 Deformaciones 15](#_Toc117698146)

[3.4.8 PLANOS DE FABRICACION Y MONTAJE 15](#_Toc117698147)

[3.5 DISEÑO SISMICO DE ESTRUCTURAS DE LA SUBESTACIÓN 16](#_Toc117698148)

[3.5.1 INTENSIDAD SISMICA DE DISEÑO 17](#_Toc117698150)

[3.5.2 ESPECTRO DE DISEÑO 17](#_Toc117698151)

[3.5.3 CALCULO DE SOLICITACIONES SISMICAS PARA EQUIPOS LIVIANOS 18](#_Toc117698152)

[3.5.3.1 Excitación sísmica De Diseño 18](#_Toc117698153)

[3.5.3.2 Amortiguamiento 18](#_Toc117698154)

[3.5.3.3 Coeficiente Sísmico 18](#_Toc117698155)

[3.5.3.4 Nivel Basal y Corte Basal 19](#_Toc117698156)

[3.5.3.5 Distribución De Las Fuerzas Sísmicas Según La Altura 19](#_Toc117698157)

[3.5.3.6 Cortes y Momentos 19](#_Toc117698158)

[3.5.3.7 Componente Vertical 20](#_Toc117698159)

[3.5.3.8 Verificación de Estabilidad de las Fundaciones 20](#_Toc117698160)

[3.5.3.9 Diseño de Dispositivos de Sujeción de la Estructura a la Fundación 20](#_Toc117698161)

[3.5.3.10 Ordenada Espectral Máxima 20](#_Toc117698162)

[3.5.4 CALCULO DE SOLICITACIONES SISMICAS PARA EQUIPOS RIGIDOS 20](#_Toc117698163)

[3.5.4.1 Distribución de las Fuerzas Sísmicas Horizontales Según la Altura 21](#_Toc117698164)

[3.5.4.2 Amortiguamiento 21](#_Toc117698165)

[3.5.4.3 Cortes Y Momentos 21](#_Toc117698166)

[3.5.4.4 Componente Vertical 21](#_Toc117698167)

[3.5.4.5 Verificación de la Estabilidad de las Fundaciones 22](#_Toc117698168)

[3.5.4.6 Diseño De Dispositivos De Sujeción Del Equipo A La Fundación 22](#_Toc117698169)

[3.6 DISEÑO DE OBRAS CIVILES 22](#_Toc117698176)

[3.6.1 PARAMETROS BASE 22](#_Toc117698177)

[3.6.1.1 Clasificación de los Suelos 22](#_Toc117698178)

[3.6.1.2 Tipo de Hormigón y Armaduras 23](#_Toc117698179)

[3.6.1.3 Normas de Diseño 23](#_Toc117698180)

[3.6.2 CONDICIONES DE DISEÑO 24](#_Toc117698181)

[3.6.2.1 Requisitos Geométricos 24](#_Toc117698182)

[3.6.2.2 Verificaciones 24](#_Toc117698183)

[3.6.2.3 Dimensionamiento 24](#_Toc117698184)

[3.6.2.4 Diseño de Canaletas 24](#_Toc117698185)

[3.6.3 DISEÑO DE FUNDACIONES DE TORRES DE ALTA TENSION 25](#_Toc117698186)

[3.6.3.1 GENERAL 25](#_Toc117698187)

[3.6.3.2 PARAMETROS DE DISEÑO DE FUNDACIONES 25](#_Toc117698188)

[3.6.3.3 TIPO DE FUNDACION 25](#_Toc117698189)

[3.6.3.4 REQUISITOS GEOMETRICOS 25](#_Toc117698190)

[3.6.3.5 DISEÑO DE FUNDACIONES 25](#_Toc117698191)

[3.6.4 BASES DE DISEÑO DE FUNDACIONES DE ESTRUCTURAS ALTAS DE SUBESTACIONES 25](#_Toc117698192)

[3.6.4.1 Solicitaciones sobre las Fundaciones 26](#_Toc117698193)

[3.6.4.2 Diseño de Fundaciones cuyas Solicitación Principal es la Carga Axial 26](#_Toc117698194)

[3.6.4.3 Diseño de Fundaciones Conjuntas 27](#_Toc117698195)

[3.6.5 BASES DE DISEÑO DE FUNDACIONES DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE EQUIPOS ELECTRICOS SUBESTACIONES 28](#_Toc117698196)

[3.6.5.1 PARÁMETROS BASE 28](#_Toc117698197)

[3.6.5.2 METOLOGIA DE CÁLCULO 28](#_Toc117698198)

[3.6.5.3 FUNDACIONES DE ESTRUCTURAS SOPORTANTES DE EQUIPOS LIVIANOS 29](#_Toc117698199)

[3.6.5.4 FUNDACIONES DE EQUIPOS RIGIDOS 29](#_Toc117698200)

[3.6.6 METODO X-Y MODIFICADO 29](#_Toc117698201)

[3.6.6.1 VERIFICACIÓN DE LA TENSIÓN MÁXIMA DEL SUELO 29](#_Toc117698202)

[3.6.6.2 VERIFICACIÓN DEL VOLCAMIENTO DE LA FUNDACIÓN 31](#_Toc117698203)

[3.6.7 DISEÑO DE EDIFICACIONES 33](#_Toc117698204)

[3.6.8 DISEÑO DE LA PLATAFORMA DE LA S/E 34](#_Toc117698205)

[3.6.8.1 General 34](#_Toc117698206)

[3.6.8.2 Proyecto de Excavaciones 34](#_Toc117698207)

[3.6.8.3 Proyecto de Rellenos 34](#_Toc117698208)

[3.6.8.4 Especificaciones de Movimiento de Tierras 34](#_Toc117698209)

[3.6.9 PROYECTO DE URBANISMO DE LA S/E 34](#_Toc117698210)

[3.7 DISEÑO DE LAS OBRAS ELÉCTRICAS DE LA SUBESTACIÓN 35](#_Toc117698211)

[3.7.1 SISTEMA DE ALUMBRADO 35](#_Toc117698212)

[3.7.1.1 Alcance 35](#_Toc117698213)

[3.7.1.2 Condiciones Generales de Diseño 35](#_Toc117698214)

[3.7.1.3 Fuentes de Alimentacion de Alumbrado 36](#_Toc117698215)

[3.7.1.4 Estudios de ADJUDICATARIO 36](#_Toc117698216)

[3.7.1.5 Documentos que Entregar 36](#_Toc117698217)

[3.7.1.6 CANALIZACIONES 37](#_Toc117698218)

[3.7.2 CANALIZACIONES ELÉCTRICAS 37](#_Toc117698219)

[3.7.2.1 ALCANCE 37](#_Toc117698220)

[3.7.2.2 DISEÑO GENERAL 37](#_Toc117698221)

[3.7.2.3 CANALIZACION EN DUCTOS 38](#_Toc117698222)

[3.7.2.4 Interferencia con otras Canalizaciones 39](#_Toc117698223)

[3.7.2.5 Cámaras 39](#_Toc117698224)

[3.7.2.6 Cajas de Derivación, Cajas de Aparatos y Accesorios 39](#_Toc117698225)

[3.7.2.7 Sellado y Pasadas de Cables 40](#_Toc117698226)

[3.7.3 MALLA DE PUESTA A TIERRA 41](#_Toc117698227)

[3.7.3.1 Alcance 41](#_Toc117698228)

[3.7.3.2 Normas Aplicables 41](#_Toc117698229)

[3.7.3.3 Criterios de Diseño 41](#_Toc117698230)

[3.7.3.4 Informes y Planos 42](#_Toc117698231)

[3.7.4 CONECTORES Y CONEXIONES 43](#_Toc117698232)

[3.8 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE CONTROL Y PROTECCIONES 43](#_Toc117698233)

[3.8.1 INSTALACIONES COMUNES DE LA SUBESTACIÓN 43](#_Toc117698234)

[3.8.1.1 SISTEMA DE SEGURIDAD Y TELEVIGILANCIA 43](#_Toc117698235)

[3.8.2 SISTEMA DE CONTROL, TELECONTROL, PROTECCIONES Y MEDIDA 43](#_Toc117698236)

[3.8.2.1 SISTEMAS DE CONTROL LOCAL 43](#_Toc117698237)

[3.8.2.2 Sistemas de Telecontrol 45](#_Toc117698238)

[3.8.2.3 Sistemas SCADA 46](#_Toc117698239)

[3.8.2.4 SISTEMAS DE PROTECCIONES 46](#_Toc117698240)

[3.8.3 SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE ALTERNA 380/220 VCA 47](#_Toc117698241)

[3.8.4 SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE CONTINUA 125 VCC 47](#_Toc117698242)

[3.8.5 SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE SSAA DE CA Y CC 47](#_Toc117698243)

[3.8.6 SALA DE CONTROL 47](#_Toc117698244)

[3.8.7 SISTEMA DE CONTROL 47](#_Toc117698245)

[3.8.8 PROTECCIONES 48](#_Toc117698246)

[3.8.9 SISTEMA DE FACTURACIÓN DE ENERGÍA 48](#_Toc117698247)

3. 1. ALCANCE Y OBJETIVO

Las estipulaciones establecidas en esta Sección constituyen las bases de diseño que deberá considerar el ADJUDICATARIO para la verificación de la ingeniería de detalle como la construcción del proyecto, tanto para las obras eléctricas, como para las obras civiles, incluidas en este Contrato. Se indica, además, los requisitos sísmicos que deberá respetar el ADJUDICATARIO en sus diseños y los estudios que deberá llevar a cabo.

* 1. ESTIPULACIONES GENERALES PARA LA INGENIERIA DE DISEÑO

### CATEGORIA DE LA INGENIERIA

El ADJUDICATARIO deberá realizar la verificación del diseño y la elección de los componentes del proyecto de manera que se asegure 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 la buena ingeniería.

El diseño y la elección de los equipos y materiales de responsabilidad del ADJUDICATARIO deberán considerar tecnologías modernas. No obstante, los equipos y materiales seleccionados deberán haber sido empleados satisfactoriamente en empresas semejantes al MANDANTE.

En la selección de los equipos y materiales el ADJUDICATARIO deberá procurar la uniformidad para funciones iguales o similares, tendiendo a un mínimo de repuestos necesarios.

El contenido de las instrucciones de mantenimiento, el alcance de la capacitación que impartirá el ADJUDICATARIO y la determinación de las existencias de repuestos deberá hacer posible las revisiones periódicas, las eventuales reparaciones y las ampliaciones en los sistemas de control y protecciones con el personal propio del MANDANTE sin depender de especialistas de fábrica, salvo en casos excepcionales que el ADJUDICATARIO deberá identificar antes de la etapa de capacitación.

* 1. INFORMACION PARA LA INGENIERIA DE DISEÑO

### GENERALIDADES

Para la verificación del diseño y la ejecución de las obras comprendidas en este Contrato, el ADJUDICATARIO deberá considerar la siguiente información:

* Las características, planos e información técnica correspondientes al material y equipo incluido en la Oferta para ser adquirido y suministrado por el ADJUDICATARIO, de acuerdo con lo establecido en este Contrato.
* Los planos proporcionados por el MANDANTE para la licitación.
* La información que el ADJUDICATARIO deberá obtener de su propia investigación en el terreno.
* La información adicional que le proporcione el Ingeniero Jefe.
* Lo especificado en los documentos del Contrato.

### DISPOSICIONES GENERALES

La verificación de los diseños de disposición general de las obras que comprenden el presente Contrato se deberá basar en los planos proporcionados por el MANDANTE.

Estos planos fueron elaborados basándose en estimaciones de las dimensiones de los equipos y, por lo tanto, pueden sufrir alteraciones en aquellos aspectos que dependan de las condiciones y características particulares que se desprendan del diseño ejecutado por el fabricante de los equipos. Sin embargo, no deberán ser modificados en sus conceptos fundamentales.

Para determinar las disposiciones generales, el ADJUDICATARIO deberá tomar en consideración, entre otros, los siguientes criterios:

* Funcionalidad de cada elemento del equipo e instalaciones.
* Economía de equipo y materiales.
* Simplicidad, sin desmedro de la seguridad de servicio y redundancias estipuladas en el proyecto básico.
* Espacios necesarios alrededor de los equipos para ejecutar montajes y desmontajes en caso de reparaciones y mantenimientos.
* Distancias eléctricas de seguridad.
* Acceso fácil a los equipos e instalaciones, tanto para su montaje como para su operación, reparación y mantenimiento.
* Seguridad, tanto para el personal como para el equipo y las instalaciones durante la construcción, el montaje, la operación, la reparación y el mantenimiento de los equipos y las instalaciones.
* Seguridad para el personal contra siniestros, como inundaciones, movimientos sísmicos e incendios y seguridad para el desplazamiento de los medios de extinción.
* Seguridad para el personal frente a equipos, o partes de equipos, energizados eléctricamente.
* Seguridad para el personal en caso de oscurecimiento involuntario, como fallas en los circuitos de alumbrado, fallas en los circuitos de servicios auxiliares, etc.

### PLANOS BASICOS

Los planos referenciales principales de cada obra de este Contrato son los siguientes:

Tabla 1. Referencias planos del proyecto.

|  |  |
| --- | --- |
| Designación Plano | N° de Plano |
| Diagrama Unilineal Funcional | OA\_15\_SE\_STS\_DIUF\_PL\_R0 |
| Diagrama de Arquitectura de Comunicaciones | OA\_15\_SE\_STS\_CPMT\_PL\_R0 |
| Disposición de Instalaciones-Planta para los patios de A.T. | OA\_15\_SE\_STS\_DIPP\_PL\_R0\_01 |
| Disposición de Instalaciones-Secciones para los patios de A.T. | OA\_15\_SE\_STS\_DIPP\_PL\_R0\_02 |
| Disposición de equipos en sala de control - Planta | OA\_15\_SE\_STS\_DESC\_PL\_R0 |

Los diagramas unilineales y planos de disposiciones indicados, junto con los restantes planos entregados por el MANDANTE, no deberán ser modificados en sus aspectos fundamentales por el ADJUDICATARIO. Sin embargo, el ADJUDICATARIO deberá efectuar la verificación y proponer las optimizaciones de los esquemas que resulten de los estudios establecidos en estas especificaciones y someterlas a la consideración del Ingeniero Jefe.

# DISEÑO DE ESTRUCTURAS METALICAS DE LINEAS Y SUBESTACION

### ALCANCES

En esta sección se establecen las bases de diseño de las estructuras metálicas para las obras del presente contrato. Estas especificaciones se aplican al diseño de estructuras bajas de soporte de equipos eléctricos, estructuras altas como marcos de líneas, marcos de barras, pilares para cables de guardia, torres de alta tensión, etc.

Las estructuras que se diseñen deben cumplir con las siguientes normas y códigos:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| [1] AISC | : | Manual of steel construction Allowable stress design. |
| [2] ASCE | : | Standard ASCE 10-15. “Design of Latticed Steel Transmission Stuctures”. |
| [3] ASTM A36 | : | Carbon structural steel. |
| [4] ASTM A572 | : | High strength low-alloy structural steel. |
| [5] ASTM A325 | : | High strength bolts for structural steel joints. |
| [6] ASTM A394 | : | Steel transmission towers bolts zinc coated. |
| [7] ASTM A6 | : | General requirements for rolled structural steel bars. |
| [8] EN 10025-2 | : | Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general. |
| [9] NCh-203 of77 | : | Acero para uso estructural. |
| [10] NCh-432 of71 | : | Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones. |
| [11] AWS | : | Structural welding Code-Steel D1.1 |
| [12] NCh 431 | : | Sobrecargas de Nieve. |
| [13] EIA 222F-1996 | : | Standard for Steel Antenna Towers and Antenna Support Structures |
| [14] NTSCyS | : | Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio. |
| [15] RPTD Nº11 |  | Pliego Técnico Normativo Nº11 “Líneas de alta y extra alta tensión” |
| [16] CIGRE |  | Recomendación de Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de A.T. (Marzo 2021) |



### SOLICITACIONES

* Estructuras de Líneas de Transmisión de Alta Tensión

Las solicitaciones para las estructuras de las Líneas de Alta Tensión deben calcularse de acuerdo con lo establecido en documento “Guidelines for Transmission Line Structural Loading” de ASCE y respetando la normativa local.

* Estructuras Altas

Las solicitaciones de las estructuras altas de S/E, Marcos de Líneas y Marcos de Barras son las siguientes:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| PPE | : | Peso propio estructura. |
| PPC | : | Peso propio conductores, cables de guardia, aisladores, trampas de ondas y otros accesorios que carguen la estructura. |
| VE | : | Viento sobre estructura. |
| VC | : | Viento sobre conductores, cables de guardia, aisladores, accesorios. |
| TC | : | Tensión de conductores, tensión máxima 6.000 kg por fase. |
| TCG | : | Tensión cable de guardia 1.000 kg/cable de guardia. |
| M | : | Montaje, se considera una carga vertical, de 113 kg aplicada en las barras horizontales o con una inclinación menor a 45º con la horizontal. |
| FANG | : | Fuerza transversal debido a la llegada en ángulo de la línea. |

Las combinaciones de carga de las estructuras altas son las siguientes:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A | Viento máximo transversal. | Normal |
| PPE + PPC + VE(T) + VC + TC + TCG |
| B | Viento máximo longitudinal. | Normal |
| PPE + PPC + VE(L) + VC/4 + TC + TCG |
| C | Viento máximo transversal con ángulo línea. | Normal |
| PPE + PPC + VE(T) + VC + TC + TCG + FANG |
| D | Viento máximo longitudinal con ángulo línea | Normal |
| PPE + PPC + VE(L) + VC/4 + TC + TCG + FANG |
| E | Viento transversal medio con sobrecarga vertical | Eventual |
| PPE + 2 PPC + VE(T)/2 + VC/2 + TC + TCG |
| F | Montaje | Eventual |
| PPE + PPC + VE(T)/4 + VC/4 + TC + TCG + M |

Factor de Seguridad:

* 1,5 caso Normal
* 1,2 caso Eventual
* Estructuras Bajas

Las solicitaciones de las estructuras bajas de soporte de equipos son las siguientes:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| PPE | : | Peso propio estructura. |
| PPEq | : | Peso propio equipo. |
| VE | : | Viento sobre estructura |
| Veq | : | Viento sobre equipos |
| S | : | Sismo sobre conjunto equipo-estructura-fundación, según especificación sísmica. |
| Co | : | Condiciones de operación del equipo, las que deben ser definidas por el fabricante: |

* Efectos térmicos debidos a condiciones de operación en régimen permanente;
* Presión interna en elementos que contengan gases o aire; para el caso de interruptores de poder la presión interna corresponderá a la presión máxima de trabajo cuando se efectúa la interrupción de la corriente nominal de cortocircuito:
* Solicitación de cortocircuito cuando sea aplicable, el nivel de cortocircuito a ser considerado corresponderá al de diseño de la instalación y deberá utilizarse la expresión:
* Imagen que contiene Texto

  Descripción generada automáticamente;
* Donde:
  + - Fc= Fuerza de cortocircuito en daN
    - L = Largo en metros por donde circula la corriente de cortocircuito
    - d = Separación entre fases en metros de acuerdo con el plano de disposición de equipos del proyecto.
    - Ic = Corriente de cortocircuito rms en kA
* Otros esfuerzos de servicio (por ejemplo, los originados por la operación de mecanismos oleoneumáticos de interruptores de poder).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nv | : | Sobrecarga de nieve según Norma NCh 431. |
| T | : | Tirón en terminales del equipo: se supondrá la dirección que de la combinación más desfavorable con un valor de: |

* 100 kg para equipos de tensión nominal igual o inferior a 245 kV,
* 175 kg para equipos de tensión nominal superior a 245 kV.

Las combinaciones de carga de las estructuras bajas son las siguientes:

* 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\*

### SOLICITACIONES DE VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA

Para la solicitación de viento sobre las estructuras de SS/EE, altas y bajas, se considerará una presión básica de viento según sección 5.12 del Pliego Técnico Normativo RPTD Nº11.

### SOLICITACIONES DE MONTAJE

Para la condición de montaje de las estructuras se verificará que todas las barras horizontales o que tienen un ángulo menor a 45° con la horizontal, resisten un peso de 113 kg en su punto medio, con un factor de seguridad de 1,2. Esta verificación se debe hacer considerando flexión de la barra.

### SOLICITACIONES DE MANTENIMIENTO.

Para la condición de mantenimiento de las estructuras se verificará que todas las barras horizontales resisten un peso de 113 kg en su punto medio combinado con el esfuerzo axial de la barra. Esta verificación se debe hacer considerando flexo compresión o flexo tracción en las barras, las que deben resistir con un factor de seguridad de 1,2.

### METODOLOGIA DE CÁLCULO

#### Generalidades

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.

El cálculo de las estructuras altas y torres de antena se hará considerando un modelo espacial de nudos y barras que sólo resisten esfuerzo axial. En el análisis se aplicará la teoría elástica para determinar los esfuerzos y deformaciones. El cálculo de esfuerzos de cada elemento de las estructuras se deberá hacer mediante un análisis tridimensional, usando un programa de cálculo estructural.

La primera frecuencia equivalente de la estructura de soporte calculada con la masa del equipo como masa puntual sobre la estructura, considerando la masa de la estructura de soporte distribuida en ella, deberá ser mayor a 4 veces la frecuencia natural del equipo soportado con un mínimo de 15 Hz. En caso de no conocerse la frecuencia natural del equipo se deberá considerar una frecuencia equivalente mayor o igual a 30 Hz. 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.

Además, se deberá cumplir con la siguiente relación:

Texto

Descripción generada automáticamente

#### Diseño a Compresión

La tensión de diseño a compresión de los elementos cargados axialmente se determinará usando las ecuaciones de pandeo 3.6-1 y 3.6-2 definidas en el manual ASCE 10-15, considerando la esbeltez de cada elemento, para ello se deben determinar los largos efectivos de pandeo de cada tipo de elemento según se indica considerando lo siguiente:

* Para determinar el largo efectivo de pandeo de montantes de esquina se usará la ecuación 3.7-5 que considera carga concentrada en ambos extremos.
* Para determinar el largo efectivo de pandeo de diagonales, marcos y cuerdas inferiores de crucetas y usarán las ecuaciones 3.7-7 y 3.7-8 del manual ASCE 10-15, que consideran excentricidad en ambos extremos o que ambos extremos no están restringidos a rotación.
* Para determinar el largo efectivo de pandeo de los rellenos o barras redundantes se usarán las curvas 3.7-7 y 3.7-11 del manual ASCE 10-15, que consideran excentricidad en ambos extremos o que ambos extremos no están restringidos a rotación.

Los rellenos se calcularán a compresión considerando que deben resistir, al menos, entre el 1,5 a 2,5% del esfuerzo del elemento principal que arriostran transversalmente contra el pandeo, según ecuación 3.16-1 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.

Los valores máximos de la esbeltez de cada tipo de elemento estarán limitados a:

* 150 para montantes de esquina apernadas en ambas alas y cuerdas inferiores de Crucetas.
* 200 para diagonales y marcos apernados sólo en un ala.
* 250 para elementos traccionados y rellenos.

#### Diseño a Tracción

* Perfiles conectados en ambas a las (montantes de esquina).

Para el diseño a tracción de los montantes de esquina o cantoneras se considera que la tensión en el área efectiva debe ser menor a la tensión de fluencia, calculada con cargas mayoradas.

El área neta efectiva se define como:



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.

ø : Diámetro del perno.

e : Espesor del perfil.

* Perfiles conectados en un ala (diagonales, marcos y rellenos)

Para el diseño a tracción de diagonales, marcos y rellenos apernados sólo en un ala se considera que la tensión de tracción en el área efectiva debe ser menor a 0,9 veces la fluencia, calculada con cargas mayoradas. El área neta efectiva se define como:

* Perfiles conectados con 1 o 2 pernos:
* Perfiles conectados con 3 pernos o más:

En diagonales también se debe realizar verificación de bloque de corte según la siguiente fórmula, ver Manual ASCE 10-15.



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Av | : | Área neta resistente al corte en la dirección de la fuerza. |
| At | : | Área neta resistente en tracción en dirección perpendicular a la fuerza |

Para calcular el bloque de corte se usarán las siguientes distancias:

* Distancia mínima entre pernos 42 mm para pernos de 5/8” y 50mm para pernos de 3/4".
* Distancia mínima a borde laminado 22mm para pernos de 5/8” y 25 mm para pernos de 3/4".
* Distancia a borde cortado 28 mm para pernos 5/8” y 32 mm para pernos 3/4".
* Para perfiles de 40 mm de ala la distancia a borde laminado se reduce a 19 mm para pernos de 5/8”. Con este perfil no se usan pernos de 3/4”.

#### Diseño de Pernos

Las uniones de barras se harán mediante pernos de diámetro 5/8” o 3/4” o sus equivalentes M16 y M20. Se debe usar un diámetro único de perno en cada estructura. Se usarán pernos calidad ASTM A394 tipo 1.

Para el diseño de los pernos se considera una tensión de corte de 3.375 kg/cm2 considerando cargas mayoradas y una tensión de aplastamiento de 1,5 veces la tensión de rotura del elemento conectado.

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”, deberán ser de acero con resiliencia garantizada.



### DISPOSICIONES DE DISEÑO

#### Dimensiones Mínimas

* El perfil angular mínimo tendrá dimensiones 1 ¾” x 1 ¾” x 3/16” ó 40 x 40 x 4 mm.
* El espesor mínimo de planchas será de 3/16” ó 5 mm.
* El espesor mínimo de los perfiles que se utilicen en montantes de esquina de las estructuras y en las cuerdas de las vigas de los marcos será de 5 mm.
* El diámetro mínimo de los pernos será de 5/8” ó 16 mm.
* El diámetro de las perforaciones será igual al diámetro del perno más 1,6 mm.
* El diámetro mínimo de los pernos de anclaje será 3/4” o 20mm, y su largo mínimo de anclaje será 70 cm

#### Uso de Soldadura

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

#### Deformaciones

Como resultado del diseño las estructuras deberán tener una deformación máxima de H/150 calculada con las combinaciones normales de solicitaciones, siendo H la altura total de la estructura.

### PLANOS DE FABRICACION Y MONTAJE

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

* Distancias mínimas de borde y entre perforaciones para pernos ASTM A 394 tipo 1 o DIN 267 tipo 8.8:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Diámetro perno | Distancia mínima entre pernos | Distancia mínima al borde | |
| Borde laminado | Borde cortado |
| 5/8” | 42 | 22[[1]](#footnote-1) | 28 |
| 3/4” | 50 | 25 | 32 |

* El detalle de las uniones se debe hacer de modo de no tener excentricidades o reducirlas al mínimo.
* Los pernos deberán llevar arandela de presión, y eventualmente, cuando el hilo del perno no llega a la plancha, 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.
* En las estructuras altas de la S/E se debe considerar la instalación de peldaños para trepado.
* 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 dimensiones, pesos, calidad de acero, diámetro, largo y cantidad de cada tipo de perno, pernos de anclaje, etc.

Deberán ejecutarse agujeros normales en las uniones de barra con barra, a menos que el ingeniero apruebe agujeros holgados, ovalados cortos u ovalados largos en uniones apernadas.

# DISEÑO SISMICO DE ESTRUCTURAS DE LA SUBESTACIÓN

Estas Especificaciones de Diseño Sísmico se aplican al diseño de las estructuras y fundaciones que soportan equipo eléctrico. No aplican a torres ni a las estructuras altas



### INTENSIDAD SISMICA 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.

Según la ubicación geográfica de la subestación se determinará la zona sísmica correspondiente, con lo cual se obtiene la aceleración efectiva máxima del suelo de la siguiente tabla:

|  |  |
| --- | --- |
| Zona I | a = 0,3 g |
| Zona II | a = 0,4 g |
| Zona III | a = 0,5 g |

Para las obras del presente contrato de deberá considerar Zona II.

### ESPECTRO DE DISEÑO

Se usará el espectro de respuesta lineal de aceleraciones establecido en el gráfico de la Figura Anexo 1, para la determinación del coeficiente sísmico horizontal.

Las curvas del gráfico son válidas para a=0.5 g; para valores menores a’ se deberá multiplicar la ordenada espectral por la relación:



Se elegirá un valor de amortiguamiento  de acuerdo con las características de la estructura.

Las ordenadas  (T) del espectro de diseño quedan dadas por las siguientes expresiones:



Dónde:

a = Aceleración horizontal máxima en la superficie del terreno en el lugar de la obra.

T1 = Período correspondiente al punto final de la rama ascendente del espectro lineal

de aceleraciones.

R = Coeficiente de modificación de la respuesta.

A (T, ) = ordenada del espectro de respuesta lineal para T y .

El coeficiente de modificación de la respuesta considera la ductilidad de la estructura, la existencia de más de un sistema de elementos resistentes y la experiencia acumulada acerca del comportamiento sísmico de obras similares analizadas, en general en las estructuras de soporte de equipo eléctrico se usa R=3.

### CALCULO DE SOLICITACIONES SISMICAS PARA EQUIPOS LIVIANOS

Las estructuras de soporte y fundaciones de equipos eléctricos livianos, como transformador de corriente, transformador potencial, pararrayos, desconectador, aislador de pedestal, etc., las que presentan amplificaciones dinámicas importantes (cabeceo), se calcularán sísmicamente mediante un análisis estático. El procedimiento por seguir es el siguiente:

#### 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 Sección 6.1 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.

#### Amortiguamiento

Para definir la ordenada espectral máxima que se utilizará en la determinación del coeficiente sísmico horizontal, se emplearán el siguiente valor de amortiguamiento expresados como un porcentaje del amortiguamiento crítico:

* Estructuras soportantes con juntas soldadas = 3%.
* Estructuras soportantes con pernos de torque controlado = 5%.

#### Coeficiente Sísmico

El coeficiente sísmico horizontal se calculará mediante la fórmula:



Dónde:

R = Coeficiente de modificación de la respuesta.

#### 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:



Donde C es el coeficiente sísmico horizontal y ΣWi es la suma de los pesos y 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 existente sobre la fundación

#### Distribución De Las Fuerzas Sísmicas Según La Altura

La fuerza de corte basal se distribuirá según la altura, descomponiéndola en fuerzas Fi 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 Qb en proporción a los pesos Wi de las partes (distribución uniforme), obteniéndose así fuerzas Fi’ dadas por la ecuación:



Se distribuirá Qb en proporción a los productos hiWi (distribución triangular), obteniéndose así fuerzas Fi’’ dadas por la ecuación:



Donde hi es la altura del centro de masas de la parte identificada con el índice i, por encima del nivel basal. Se calculará Fi como promedio ponderado de Fi’ y Fi’’, según la ecuación:



#### Cortes y Momentos

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



En que h es la cota de la sección en la cual se desea evaluar el momento reducido y H es la altura de la parte más alta del sistema, ambas medidas desde el nivel basal.

#### Componente Vertical

El diseño deberá realizarse considerando una aceleración vertical correspondiente al 60% de la aceleración horizontal Ao actuando simultáneamente.

#### Verificación de Estabilidad de las Fundaciones

La verificación de las presiones de contacto y de la estabilidad de las fundaciones se hará considerando la acción simultánea del sismo horizontal y vertical, para cada una de las direcciones horizontales de análisis consideradas separadamente.

En el caso de fundaciones aisladas, el área de contacto entre la base de la fundación y el suelo no podrá ser inferior al 80 % del área de la base.

#### Diseño de Dispositivos de Sujeción de la Estructura a la Fundación

En el caso de que para el diseño de la estructura y su fundación se utilice una Intensidad Sísmica menor que a=0,5 g, para el diseño de pernos de anclaje, placas de apoyo, llaves de corte y demás elementos de sujeción de la estructura a la fundación, se deberá emplear un coeficiente de reducción de la respuesta R = 2,25, es decir, las fuerzas de diseño de estos elementos debidas a la componente horizontal del sismo serán las especificadas anteriormente amplificadas por 1,33.

#### Ordenada Espectral Máxima

La ordenada espectral máxima (A) se determinará con la ecuación indicada en el punto 3.01.03 de la ETG – A.0.21-2013.



Dónde:

A: Ordenada espectral máxima

a: Aceleración máxima del terreno.

: Amortiguamiento expresado en %.

### CALCULO DE SOLICITACIONES SISMICAS PARA EQUIPOS RIGIDOS

Los equipos rígidos se caracterizan por no tener amplificaciones dinámicas de importancia y no presentar giro en torno de un eje horizontal al nivel de la fundación (Cabeceo). Estos equipos van anclados directamente a la fundación.

El método de análisis sísmico para el diseño de las fundaciones de los equipos rígidos pesados, como son los autotransformadores y reactores, será preferentemente estático.

Tanto la excitación sísmica de diseño, la ordenada espectral máxima, el coeficiente sísmico y el nivel y corte basal serán los mismos que para el análisis sísmico de estructuras con amplificaciones dinámicas significativas.

Sin embargo, la distribución de las fuerzas sísmicas horizontales según la altura se realizará en su forma más simple empleando coeficientes sísmicos uniformes, iguales para todas las partes de la estructura e independientes del período natural de ésta

#### Distribución de las Fuerzas Sísmicas Horizontales Según la Altura

La fuerza de corte basal se distribuirá según la altura descomponiéndola en fuerzas Fi 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 Qb en proporción a los pesos Wi de las partes (distribución uniforme), obteniéndose así fuerzas Fi dadas por la ecuación:



En el caso de suelos de fundación blandos o aluviales, se debe considerar distribución triangular:



#### Amortiguamiento

Para los equipos pesados anclados directamente a la fundación, se emplearán los siguientes valores de amortiguamiento expresados como porcentaje del amortiguamiento crítico:

* Sobre terreno de Vs30 ≥ 900 m/seg = 5%.
* Sobre terreno de Vs30 < 900 m/seg= 7%.

Con Vs30 = velocidad de propagación de las ondas transversales.

#### Cortes Y Momentos

Tanto las fuerzas de corte como los momentos correspondientes serán los que resulten de la estática al aplicar Fi.

#### Componente Vertical

El efecto de la componente vertical del sismo se evaluará como se indica en el apartado 3.5.1.7

#### Verificación de la Estabilidad de las Fundaciones

La verificación de las presiones de contacto y de la estabilidad de las fundaciones se hará considerando la acción simultánea del sismo horizontal y vertical, para cada una de las direcciones horizontales de análisis consideradas separadamente. En el caso de fundaciones aisladas, el área de contacto entre la base de la fundación y el suelo no podrá ser inferior al 80 % del área de la base.

#### Diseño De Dispositivos De Sujeción Del Equipo A La Fundación

El diseño de los dispositivos de sujeción se hará de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.5.1.9.

1. 6. DISEÑO DE OBRAS CIVILES

En la presente Especificación Técnica se establecen las bases de diseño para las obras civiles que se deben construir. Estas obras civiles incluyen las fundaciones de las estructuras altas y de las estructuras de soporte de equipo eléctrico, canaletas y toda otra obra civil necesaria para el proyecto construcción de la subestación.

### PARAMETROS BASE

#### Clasificación de los Suelos

Los suelos deberán ser agrupados según sus parámetros geotécnicos para facilitar el diseño.

Como recomendación se indican parámetros de referencia de acuerdo con Clasificación Endesa, para proyectos de transmisión. Considerar que el estudio de suelos específico del proyecto será el que determinará los parámetros a considerar en los diseños de ingeniería.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipo de Suelo | Forma de Trabajo | Cohesión  (t/m2) | Ángulo de Fricción (°) | Ángulo Cono Arran.(°) | Peso Unitario Suelo Arran. (°) | Peso Unitario Suelo Aplast. (t/m3) | Peso Unitario Hormigón Arran. (t/m3) | Peso Unitario. Hormigón. Aplast. (t/m3) | Presión Administrada Neta Vertical (t/m2) | Presión Administrada Neta Horizontal (t/m2) |
| 1 | Anclaje |  |  | 30 | 2,0 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 200 | 150 |
| 2 | [[2]](#footnote-2)C y F[[3]](#footnote-3) | 6 | 35 | 40 | 2,0 | 2,0 | 2,3 | 2,4 | 60 | 50 |
| 3 | F | 0 | 35 | 30 | 2,0 | 2,0 | 2,3 | 2,4 | 40 | 30 |
| 4 | F | 0 | 30 | 30 | 1,6 | 2,0 | 2,3 | 2,4 | 20 | 15 |
|  | C | 7 | 0 | 30 | 1,6 | 2,0 | 2,3 | 2,4 | 20 | 15 |
| 5 | F | 0 | 35 | 40 | 1,0 | 2,0 | 1,3 | 2,4 | 30 | 25 |
| C | 4 | 30 | 40 | 1,0 | 2,0 | 1,3 | 2,4 | 30 | 25 |
| 6 | F | 0 | 30 | 30 | 1,0 | 2,0 | 1,3 | 2,4 | 15 | - |
| C | 5 | 0 | 30 | 1,0 | 2,0 | 1,3 | 2,4 | 15 | - |
| 7 | C | 2,5 | 0 | 20 | 1,0 | 1,6 | 1,3 | 2,4 | 5 | - |

#### Tipo de Hormigón y Armaduras

Se deberá considerar lo siguiente:

* Hormigón calidad G20 (95% confianza) (Calidad mínima que deberá ser ratificada de acuerdo a lo indicado en el Informe de Mecánica de Suelo)
* Densidad hormigón 2,4 tonf/m3.
* Emplantillado G10
* Barras de acero de refuerzo calidad A630-420H
* Recubrimiento de hormigón sobre las armaduras: 7,5 cm
* Profundidad de fundación mínima y tensiones admisibles según informe de mecánica de suelos.

#### Normas de Diseño

En el diseño de las fundaciones y otras obras de hormigón se usarán las últimas ediciones de las siguientes normas:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| [1] ACI 318 | : | American Concrete Institute. |
| [2] NCh 204 | : | Acero. Barras laminadas en caliente para hormigón armado. |
| [3] NCh 430 | : | Hormigón armado. Requisitos de diseño y cálculo |
| [4] NCh 1537 | : | Cargas permanentes cargas de uso. |
| [5] NCh 433 | : | Diseño sísmico de Edificios. |
| [6] NCh 2369 | : | Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales. |
| [7] NCh 3171 | : | Disposiciones generales y combinaciones de cargas. |
| [8] NCh 432 | : | Cálculo de la acción del viento sobre las estructuras. |
| [9] NCh 1928 | : | Albañilería armada. Requisitos para el diseño y cálculo |
| [10] NCh-432 of71 | : | Albañilería confinada. Requisitos para el diseño y cálculo. |
| [14] NTSyCS | : | Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio. |
| [15] Normas ETG de TRANSELEC. | | |

Nota: Las Normas NCh son las últimas versiones vigentes a la fecha de emisión de este documento

### CONDICIONES DE DISEÑO

En general, el diseño de estas fundaciones debe cumplir lo siguiente:

#### Requisitos Geométricos

El extremo superior de las fundaciones de hormigón deberá quedar al menos 20 cm sobre el nivel de la gravilla, además su parte superior deberá tener la pendiente suficiente para que no se acumule agua.

#### Verificaciones

La tensión de contacto sobre el suelo deberá ser menor o igual a la tensión de contacto admisible definida en el informe geotécnico. El área en compresión será de 100% en condición de cargas permanentes y un mínimo de 80% para condición de cargas permanentes + eventuales.

#### Dimensionamiento

Una vez seleccionadas las dimensiones y enterramiento de las fundaciones, se dimensionarán los diferentes elementos resistentes, el dimensionamiento se hará de acuerdo con 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.

#### Diseño de Canaletas

Las canaletas se diseñarán en hormigón armado considerando las dimensiones establecidas en los planos. El espesor de muro mínimo será 15 cm con una malla central.

### DISEÑO DE FUNDACIONES DE TORRES DE ALTA TENSION

#### GENERAL

El diseño de las fundaciones de torres de alta tensión deberá cumplir con lo establecido en estas especificaciones.

Las fundaciones de las torres necesarias para dar cumplimiento a los alcances del Contrato deberán diseñarse según lo indicado en las presentes especificaciones y considerando los tipos de suelo según lo indicado en el informe geotécnico de la Subestación.

#### PARAMETROS DE DISEÑO DE FUNDACIONES

El ADJUDICATARIO deberá considerar los siguientes parámetros:

* Hormigón calidad G20. (Calidad mínima. Deberá ser ratificada de acuerdo con Mecánica de Suelo)
* Emplantillado G10.
* Barras de acero de refuerzo calidad A630-420H.
* Recubrimiento de hormigón sobre las armaduras: 7,5 cm.

#### TIPO DE FUNDACION

Las fundaciones para estructuras autosoportantes de torres de alta tensión tendrán que ser adecuadas para una torre de anclaje, suspensión o remate, de acuerdo con lo dispuesto en la ingeniería de la subestación.

#### REQUISITOS GEOMETRICOS

El extremo superior de las fundaciones de hormigón deberá quedar al menos 20 cm sobre la cota superior de gravilla dispuesta sobre la plataforma, además su parte superior deberá tener la pendiente suficiente para que no se acumule agua en torno al montante o pieza de fundación. La profundidad mínima deberá cumplir con lo estipulado en el estudio de mecánica de suelos.

#### DISEÑO DE FUNDACIONES

El diseño de estas fundaciones debe cumplir lo siguiente:

* La tensión de contacto deberá ser menor o igual a la tensión de contacto admisible definida en el informe geotécnico.
* El área en compresión será de 100% en condición de cargas permanentes y un mínimo de 80% para condición de cargas permanentes + eventuales.
* La fuerza resistente al arrancamiento deberá ser mayor o igual a 1,1 veces la solicitación de arrancamiento (tracción) mayorada.

### BASES DE DISEÑO DE FUNDACIONES DE ESTRUCTURAS ALTAS DE SUBESTACIONES

Las fundaciones de estructuras Altas de Subestaciones se deberán diseñar según lo indicado en las presentes especificaciones y considerando los parámetros de diseño de acuerdo al tipo de suelo encontrado, según lo indicado en Tabla N°1.

#### Solicitaciones sobre las Fundaciones

El diseñador deberá calcular las fundaciones de las torres y estructuras altas considerando las solicitaciones que le entregará el proyectista de las estructuras. Estas solicitaciones deberán estar “no mayoradas” o no aumentadas por los factores de seguridad asociados a los estados de carga de la estructura.

Las solicitaciones se entregarán aplicadas en la “Perforación de Referencia” ó PR. Este punto corresponde a la unión de las diagonales de las patas de la estructura con los montantes de esquina de ésta. Este punto se ubica habitualmente a 10 cm como mínimo por sobre el coronamiento de la fundación.

#### Diseño de Fundaciones cuyas Solicitación Principal es la Carga Axial

Corresponden a fundaciones independientes para cada placa o pata de apoyo de la estructura. La solicitación principal es la carga axial, que puede ser de aplastamiento o arrancamiento, el esfuerzo de corte a nivel de la superficie de la fundación es menor y el momento es nulo.

Este tipo de fundación es propio de las torres con fundaciones independientes en cada pata.

Si el terreno permite excavación con paredes verticales se puede diseñar un bloque de fundación hormigonado contra terreno, con una zarpa en su base. De lo contrario se puede diseñar una fundación con zapata y relleno compactado.

Todas las fundaciones se deberán verificar al arrancamiento y al aplastamiento, para las condiciones de carga más desfavorables impuestas en el proyecto de las estructuras.

Las fundaciones se deberán dimensionar al arrancamiento empleando los dos métodos que se describen a continuación, adoptando como factor de seguridad final el valor más bajo obtenido:

* Método 1

En este primer método, el cálculo se hará suponiendo que el suelo comprometido en la falla es un tronco de cono o pirámide, que forma con la vertical un ángulo β y que alcanza una altura que se medirá a partir de la superficie superior de la losa de fundación o de la superficie inferior del ensanche de ésta. Para asegurar que se forme el cono de arrancamiento se debe considerar una zarpa hormigonada contra terreno, en caso de fundación en bloque.

* Método 2

En este segundo método, el cálculo se hará suponiendo que la falla se produce de acuerdo al esquema fijado por G.G. Meyerhof y J. I. Adams en la publicación “The Ultimate Uplift Capacity of Foundations”, procedimiento que se utilizará también para calcular la resistencia última del suelo de fundación, adoptando en general criterios conservadores en el caso de los suelos cohesivos.

La sobrecarga o suelo que cubre al estrato resistente se la supondrá con una resistencia al corte nula y sólo se considerará su peso propio.

Para los efectos de aplicación de este método, se considerarán en el cálculo los parámetros de corte y pesos unitarios para el suelo indicado en la Tabla N°1 que podrán ser reemplazados por los parámetros entregados en el informe de Mecánica de Suelos desarrollado para la Subestación.

Se hace notar que si la base de la fundación no tiene zarpa hormigonada contra terreno en el caso de fundación en bloque o el relleno que confina la fundación no es un relleno controlado, en el caso de fundación en zapata, el ángulo β es cero y la fundación se debe dimensionar considerando sólo su peso y el del relleno colocado sin control sobre la base de la fundación.

Lo anterior hace recomendable diseñar la fundación disponiendo, toda vez que el suelo lo permita, una zarpa en la base de la fundación que se hormigone contra terreno natural y que siempre se especifique que el relleno sobre la base de la fundación y que confina el vástago de ella, sea controlado.

#### Diseño de Fundaciones Conjuntas

En caso de que las estructuras sean de base angosta o que las fundaciones aisladas resulten tan grandes que se traslapen entre sí, se diseñarán “fundaciones conjuntas”. Estas podrán soportar, en una sola fundación, dos o incluso las cuatro patas de una misma estructura.

Este tipo de fundación es propia de postes reticulados, marcos de líneas, marcos de barras, pilares de cable de guardia, etc.

La solicitación principal de las "fundaciones conjuntas" 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.

Para dimensionar las "fundaciones conjuntas" considerando las solicitaciones de Aplastamiento más Volcamiento y de Arrancamiento más Volcamiento se recomienda usar el método X-Y modificado, tomado del Bureau of Reclamation, en su publicación "Transmission Structures".

El Método X-Y modificado también considera la existencia de un cono de suelo, por lo tanto, se hace debe considerar que si la base de la fundación no tiene zarpa hormigonada contra terreno, en caso de fundación en bloque, o el relleno que confina la fundación no es un relleno controlado, en caso de fundación en zapata, el ángulo β es cero y la fundación se debe dimensionar considerando sólo su peso y el del relleno colocado sin control sobre la base de la fundación.

Lo anterior hace recomendable diseñar la fundación disponiendo, toda vez que el suelo lo permita, una zarpa en la base de la fundación que se hormigone contra terreno natural y que se especifique que el relleno sobre la base de la fundación y que confina el vástago de ella, sea controlado.

### BASES DE DISEÑO DE FUNDACIONES DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE EQUIPOS ELECTRICOS SUBESTACIONES

Las fundaciones para estructuras bajas de subestaciones se deberán diseñar de acuerdo con las solicitaciones resultantes del diseño sísmico de estructuras de subestaciones y considerando los tipos de suelo según el informe geotécnico de la subestación.

#### PARÁMETROS BASE

Los parámetros base necesarios para el cálculo son los siguientes:

* Características del tipo de suelo en que estará la estructura, de acuerdo con los parámetros geotécnicos indicados en el Estudio de Mecánica de Suelos respectivo.
* Parámetros de diseño sísmico
* Intensidad sísmica de diseño (Ver Sección 3.5.1)
* Valor del amortiguamiento.
* Coeficiente sísmico horizontal y vertical.
* Parámetros de diseño de la fundación (Considerar los indicados en la presente Especificación)

#### METOLOGIA DE CÁLCULO

En general, el diseño de estas fundaciones debe cumplir lo siguiente:

* La tensión de contacto deberá ser menor o igual a la tensión de contacto admisible definida en el informe geotécnico.
* El área en compresión será de 100% en condición de cargas permanentes, y un mínimo de 80% para condición de cargas permanentes + eventuales.
* La resistencia total al desplazamiento, minorada, deberá ser mayor o igual a la solicitación. Para la verificación al deslizamiento de la fundación debido a las solicitaciones eventuales se deberán usar los siguientes factores de minoración de las resistencias:
* Resistencia por fricción: 0,77
* Resistencia por cohesión: 0,33
* Resistencia por empuje pasivo: 0,33

Las fundaciones para estructuras de soporte de equipos eléctricos y equipos en general losas que permitan recibir equipos en conjunto.

En general, estas fundaciones están sometidas a solicitación de aplastamiento más volcamiento.

#### FUNDACIONES DE ESTRUCTURAS SOPORTANTES DE EQUIPOS LIVIANOS

En el caso de quipos livianos la solicitación sísmica se calcula considerando las masas sísmicas del conjunto equipo-estructura- fundación, por lo tanto, para el cálculo del corte basal se debe considerar el peso del equipo, de la estructura, de la fundación y del suelo inmediatamente existente sobre la fundación. Este corte basal se distribuye en altura, aplicando fuerzas en los centros de gravedad del equipo, de la estructura, de la fundación y del suelo sobre la fundación. De este modo se puede determinar el momento de volcamiento.

La fundación resultante puede ser un bloque de hormigón hormigonado contra terreno natural, en caso de que el Informe de Mecánica de Suelos del sitio permita considerar la colaboración lateral del suelo que confina la fundación.

Para considerar la colaboración lateral del suelo que confina la fundación se debe aplicar el método establecido por la "Comisión para la revisión de las Prescripciones Suizas", desarrollado por el ingeniero Sulzberger de la Comisión Suiza Federal.

En los casos en que no se permite la colaboración lateral del terreno se debe diseñar una fundación con zapata con un relleno compactado sobre ella y se diseñará aplicando el método X-Y modificado, ver Sección 7.6 de estas Especificaciones.

#### FUNDACIONES DE EQUIPOS RIGIDOS

Las fundaciones de los equipos rígidos pesados se diseñarán considerando que el corte basal se distribuye en proporción a los pesos Wi de las partes, distribución uniforme.

Estas fundaciones deberán considerar la incorporación de cajas de anclaje y topes sísmicos.

Se incluyen dentro del sistema para equipos rígidos:

* Diseño Sistema Colector Agua – Aceite
* Pileta Receptora de Aceite.
* Foso separador agua-aceite

### METODO X-Y MODIFICADO

El método X-Y modificado permite diseñar las fundaciones de las estructuras de SS/EE considerando la existencia de un cono de suelo que contribuye a su estabilidad general.

Para verificar la estabilidad general de las fundaciones se deben cumplir 2 condiciones:

* Verificar que la tensión de contacto máxima en el suelo no supere la tensión admisible
* Verificar que el volcamiento de la fundación considerando que para cargas permanentes el área comprimida debe ser 100% y para cargas esporádicas o eventuales el área comprimida debe ser mayor al 80%

#### VERIFICACIÓN DE LA TENSIÓN MÁXIMA DEL SUELO

CASO 1: Carga Vertical de Compresión y Excentricidades Menores a un Sexto de sus Dimensiones en Planta. Para este caso, se debe considerar la Figura Anexo. 2

Se calculan las excentricidades con las siguientes expresiones:



Y se calcula la tensión máxima en el suelo con la siguiente expresión:



En que:

A = Área basal = a x b

K = Valor que se debe obtener del gráfico de la Figura Anexo. 5

CASO 2: Carga Vertical de Compresión y Resultante, usualmente fuera del Tercio Central. Para este caso, se debe considerar la Figura Anexo. 3.

Se calculan las excentricidades con las siguientes expresiones:



Y se calcula la tensión máxima en el suelo con la siguiente expresión:



En que:

A = Área basal = a x b

K = Valor que se debe obtener del gráfico de la Figura Anexo. 5

CASO 3: Carga Vertical de Tracción. Para este caso, se debe considerar la Figura Anexo. 4.

La tensión máxima de contacto en este caso no controla el diseño.

#### VERIFICACIÓN DEL VOLCAMIENTO DE LA FUNDACIÓN

CASO 1: Carga Vertical de Compresión y Excentricidades Menores a un Sexto de sus Dimensiones en Planta.

Para el Caso 1 se debe considerar la Figura Anexo. 2. En este caso, para verificar el volcamiento de la fundación sólo se requiere que las excentricidades calculadas anteriormente en Caso 1 verifiquen la siguiente relación, según sea la condición de análisis:

* Cargas Normales:



Con lo cual el área comprimida es 100%

* Cargas Eventuales:



Con lo cual el área comprimida es mayor a 80%.

CASO 2: Carga Vertical de Compresión y Resultante Usualmente fuera del Tercio Central.

Para este caso, se debe considerar la Figura Anexo. 3.

* Cargas Normales:

Sólo se consideran en este caso las fundaciones de las estructuras sometidas a solicitaciones permanentes de momento importantes (ejemplo, remate de conductores).

Cuando las solicitaciones son sólo en un eje se debe verificar una de las siguientes condiciones, según corresponda:



Si la condición (1) se cumple, el área comprimida de la fundación es igual a 100 %.

Si la condición (1) no se cumple, la fundación es insuficiente para cargas normales.

Cuando las solicitaciones son en ambos ejes en forma simultánea se deben verificar las siguientes condiciones:



En que:



Si la condición (2) se cumple, el área comprimida de la fundación es igual a 100 %.

Si la condición (2) no se cumple, la fundación es insuficiente para cargas normales.

* Cargas Eventuales:

Cuando las solicitaciones son sólo en un eje se debe verificar una de las siguientes condiciones, según corresponda:



Si la condición (3) se cumple, el área comprimida de la fundación es mayor al 80 %.

Si la condición (3) no se cumple, la fundación es insuficiente.

Cuando las solicitaciones son en ambos ejes en forma simultánea se debe verificar la siguiente condición:



En que:



Si la condición (4) se cumple, el área comprimida de la fundación es mayor al 80 %.

Si esta condición (4) no se cumple, la fundación es insuficiente.

CASO 3: Carga Vertical de Tracción.

Para este caso se debe considerar la Figura Anexo. 4 no es necesario asegurar un porcentaje mínimo de área comprimida de la fundación. Se deben verificar las siguientes condiciones:



Si ambas condiciones (5) y (6) se cumplen, la fundación no presenta problemas de volcamiento. Si alguna condición (5) ó (6) no se cumple, la fundación es insuficiente.

### DISEÑO DE EDIFICACIONES

Para las obras la de Subestación se deberá diseñar una (1) ampliación de la sala de control. Esta ampliación deberá realizarse bajos los mismos estándares de la sala de control existente.

En caso de ser del tipo prefabricada, la sala tendrá un estándar de edificación propio de salas eléctricas industriales, será de tipo sellado con resistencia al fuego y con una altura interior adecuada para alojar los equipos de fuerza y control y las canalizaciones y/o escalerilla que se instales por sobre estos equipos para las señales de comunicación, esto considerando que las canalizaciones de cables de fuerza y control se instalarán bajo el nivel del piso.

El diseño deberá considerar rampas de acceso dimensiones de las puertas de modo de facilitar el ingreso de los equipos del proyecto y de la futura ampliación.

Las puertas serán metálicas serán a prueba de fuego, todas contarán con cierres hidráulicos para trabajo pesado y sistema de barras antipánico. Las bisagras y chapas con llave serán de primera calidad y aptas para trabajo pesado.

La sala deberá tener el espacio suficiente para albergar los equipos del proyecto y los correspondientes a las futuras ampliaciones, así como, la holgura para el libre tránsito del personal dentro de ésta.

El ADJUDICATARIO debe considerar el diseño y ejecución y diseño del proyecto de ventilación y aire acondicionado de las salas.

### DISEÑO DE LA PLATAFORMA DE LA S/E

Se deberá considerar el diseño de la plataforma tomando en cuenta el sistema de drenaje de aguas lluvias. También, el diseño realizado se ajustará a las siguientes especificaciones:

#### General

La plataforma deberá tener las dimensiones adecuadas para soportar todas las estructuras y equipos del proyecto y empalmar adecuadamente con el camino de acceso. Deberá ser plana (sin desniveles) pero con una pendiente que asegure un buen drenaje de las aguas lluvias.

#### Proyecto de Excavaciones

Se deberá presentar un plano donde se indique el área a escarpar y al área a realizar excavaciones masivas. En este proyecto se presentarán plantas y perfiles que detallen de la mejor forma posible los trabajos a realizar. Se indicará la pendiente de los taludes de corte y el tratamiento del sello de excavación. Se deberá presentar un cuadro de cubicación de escarpe y excavación masiva

#### Proyecto de Rellenos

Se presentará un plano donde se indique las áreas a rellenar. En este proyecto se incluirán plantas y perfiles que detallen de la mejor forma posible los trabajos a realizar. Se deberán indicar la pendiente de los taludes de rellenos y el tratamiento de éstos. Se deberá presentar un cuadro de cubicación de rellenos.

#### Especificaciones de Movimiento de Tierras

Se deberá presentar una especificación de movimiento de tierras que describa todos los procedimientos constructivos para la realización de la plataforma la cual contendrá al menos lo siguiente: replanteo topográfico, limpieza del terreno, escarpe, excavación masiva, tratamiento del sello de excavación, características de los materiales de relleno, exigencias de compactación, control de calidad, perfilado o terminación de la plataforma.

### PROYECTO DE URBANISMO DE LA S/E

En el proyecto de urbanización se debe considerar lo siguiente:

* Caminos interiores
* Cercos.
  1. DISEÑO DE LAS OBRAS ELÉCTRICAS DE LA SUBESTACIÓN

En esta especificación se establecen los criterios que deberá considerar el ADJUDICATARIO en sus diseños de instalaciones eléctricas de Baja Tensión, incluyendo el diseño de los servicios auxiliares y de la malla de puesta a tierra para la subestación.

Los criterios de diseño correspondiente a las obras eléctricas de Alta Tensión se establecen en los planos de ingeniería, en donde se indican los equipos a utilizar, sus disposiciones físicas, las distancias mínimas en aire, secuencias de fases, tipos de materiales a utilizar, equipos y estructuras, etc.

### SISTEMA DE ALUMBRADO

#### Alcance

El ADJUDICATARIO deberá realizar la ingeniería, el diseño, suministro y montaje del sistema completo de alumbrado de las obras incluidas en la Subestación, ateniéndose a estas especificaciones y a los Pliegos Técnicos Normativos RIC del Nº1 al Nº19, y lo estipulado en la Memoria de Cálculo de alumbrado de Patio.

#### Condiciones Generales de Diseño

* Nivel de Iluminación

El diseño se deberá realizar en función de los valores de iluminancia indicados en la siguiente tabla:

| Recinto por iluminar | Particularidad | Iluminancia [lux] |
| --- | --- | --- |
| Patios Eléctricos | Iluminación localizada de equipos de maniobra | 100 |
| Vialidad |  | 10 |
| Sala de Control | Frente los armarios y tableros | 300 |

* Condiciones de medición:

Los valores de iluminación en exteriores se deben medir en:

* Patios: En plano vertical 1,5m de altura.
* Sala de control: En plano vertical 0,8 m de altura.
* Caminos: En plano horizontal a 20 cm sobre el nivel del suelo en el eje de la calzada.
* Disposición de artefactos

Las luminarias deberán disponerse de tal modo que se eviten o se reduzcan al mínimo las interferencias con la obra civil y con los equipos primarios de las obras.

La disposición deberá permitir fácil acceso para trabajos de mantenimiento, Asimismo las luminarias deberán permitir fácil recambio de lámparas y otros elementos desgastables.

En patios eléctricos donde no existan conductores desnudos, deberán ubicarse las luminarias a modo que sea posible el mantenimiento sin peligro para el personal y sin necesidad de desenergizar las instalaciones primarias.

#### Fuentes de Alimentacion de Alumbrado

Las instalaciones de alumbrado deberán diseñarse para ser alimentadas por la redes de servicios auxiliares de corriente alterna, de 50 Hz, 220V.

#### Estudios de ADJUDICATARIO

El ADJUDICATARIO propondrá para la consideración del Ingeniero Jefe, el proyecto de alumbrado, el cual deberá incluir los planos generales y de detalle requeridos para su materialización, así como la verificación de todas las memorias de calculo que respalden los estudios realizados y las soluciones recomendadas respecto a:

* Niveles de iluminancia a obtener.
* Selección y especificación de las luminarias.
* Disposición de las luminarias.

Las listas de materiales deberán ser detalladas para definir perfecta e inequívocamente marca, tipo y origen de los equipos y materiales previstos a emplear en el proyecto. Los Interruptores automáticos deberán ser de fábricas precalificadas por el Ingeniero Jefe.

#### Documentos que Entregar

El ADJUDICATARIO deberá entregar la siguiente documentación que defina cabalmente el proyecto de alumbrado, cumpliendo con las normas y especificaciones técnicas indicadas en esta cláusula:

Diseño y/o verificación de:

* Planos eléctricos unilineales, planos de canalizaciones y de ubicación de luminarias, artefactos, tableros de distribución, planos funcionales de los circuitos de control, planos de puesta a tierra, etc.
* Lista completa de equipos y materiales.
* Lista de repuestos.
* Planos de disposición de equipos en los tableros de distribución.
* Memoria de cálculo de iluminación.
* Memoria de cálculo de caída de tensión para circuitos típicos y para los casos más desfavorables.
* Memoria de cálculo de las protecciones y de la selectividad.

#### CANALIZACIONES

Las canalizaciones del sistema de alumbrado deberán realizarse según los lineamientos descritos en la presente especificación y de acuerdo con lo indicado en el plano Disposición alumbrado – Planta.

### CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

#### ALCANCE

El ADJUDICATARIO deberá realizar la verificación del diseño, el suministro, construcción y montaje del sistema completo de canalizaciones, vale decir, canaletas, bandejas, escalerillas, ductos, cajas de derivación, etc., en todas las obras incluidas en este Contrato, ateniéndose a lo establecido en estas especificaciones y a la información que entregue el Ingeniero Jefe.

#### DISEÑO GENERAL

Las canalizaciones diseñadas en el proyecto deberán ser verificadas por el ADJUDICATARIO, y deberán incluir una reserva del 10%. Esta reserva, que debe quedar libre, estará destinada a satisfacer las necesidades de eventuales modificaciones o complementos posteriores a la recepción final de las obras.

Se deberá considerara que todas las canalizaciones y cámaras deberán contemplar un sistema de drenaje (no puntual), que se conecte con el sistema de drenajes de la plataforma de la Subestación.

En el diseño de las cámaras y canalizaciones se deberá considerar un sistema de drenaje (no puntual) que conecte con el sistema de drenajes de la plataforma de la subestación.

En el diseño de las canalizaciones se deberá mantener y considerar como principio básico, la segregación de los sistemas, de modo que cualquier problema que afecte a un sistema no afecte al otro. Para cumplir con este objetivo y sin que se pueda interpretar como definición, se deberá considerar, por ejemplo, la utilización de canalizaciones y zonas de tendido independientes, la obturación con materiales adecuados de las pasadas de bandejas y escalerillas a través de muros, losas y hacia tableros, así como el ingreso por puntos diferentes a tableros cuando éstos tengan alimentación duplicada, etc.

El diseño y ejecución de las canalizaciones deberá considerar que, en la sala de control y casa de control, las mismas deberán ser embutidas, pre-embutidas u ocultas, no aceptándose canalizaciones a la vista.

Las canalizaciones a la vista sólo se podrán utilizar en lugares en que no existe riesgo de daño mecánico. Las bandejas y escalerillas, como los componentes menores, es decir, pernos, golillas, etc. deberán ser metálicas de acero galvanizado en caliente.

#### CANALIZACION EN DUCTOS

Las canalizaciones en ductos pueden utilizar los siguientes tipos de ductos:

* Ductos metálicos rígidos
* Ductos de PVC
* Ductos flexibles.

Las características y número de las fijaciones deberán asegurar la solidez y durabilidad de la instalación, aún en las condiciones más rigurosas estipuladas en estas especificaciones.

En los extremos de ductos se instalarán tapas adecuadas que impidan la entrada de elementos extraños a las canalizaciones.

Se deberán dejar ductos sin ocupar (reserva) equivalentes a un 10% de los instalados, con un mínimo de un ducto en cada vía de canalización.

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.

La llegada a equipos expuestos a vibraciones o desplazamientos ocasionales, se deberán conectar con conductores protegidos con ductos metálicos flexibles.

* Ductos metálicos.

Se aceptará el uso de ductos metálicos subterráneos, en canalizaciones subterráneas al exterior, los ductos deberán quedar embebidos en hormigón clase A. Los bancos de ductos que crucen zonas de tránsito vehicular quedarán embebidos en hormigón clase C o clase D.

Las clases de los hormigones están definidas según la Norma Chilena NCh 170.

El ADJUDICATARIO proveerá cámaras adecuadas en este tipo de canalizaciones.

No se aceptará que una misma canalización se pueda emplear para servicios de distinta naturaleza, salvo casos puntuales en los que se deberá contar con la revisión del Ingeniero Jefe.

Los diámetros de los ductos del proyecto se ajustarán a dimensiones estándar y normalizadas con un diámetro mínimo de 3/4".

Los ductos metálicos instalados a la vista deberán tener soportes a una distancia no superior a 1,5 m.

La unión de ductos metálicos tipo conduit se hará con coplas con hilo recto NPSC (ANSI/ASME B.1.20.1).

* Ductos no metálicos

Se aceptará el uso de ductos no metálicos tipo conduits (mínimo Sch-40) de cloruro de polivinilo rígido de alto impacto cuyas especificaciones apruebe el Ingeniero Jefe.

* Ductos flexibles

El uso de los ductos flexibles será preferentemente para servir de unión entre una canalización en ducto rígido y equipos sometidos a vibraciones; también se aceptará en aquellos equipos que son de difícil acceso.

El acoplamiento entre ductos flexibles y rígidos, cajas, etc., se deberá hacer mediante los accesorios de línea, adecuados a cada caso.

#### Interferencia con otras Canalizaciones

Las canalizaciones eléctricas se deberán instalar suficientemente retiradas de ductos de calefacción.

No se aceptará que el mismo sistema de canalización sea utilizado por circuitos de combustibles, agua, gases, etc.

En los cruces de canalizaciones eléctricas con redes de gas, agua potable o alcantarillado se cuidará que los conductores eléctricos queden separados de las tuberías de los otros servicios como mínimo 0,50 m en cualquier sentido.

Si el cruce es subterráneo, los ductos eléctricos se deberán proteger con una capa de hormigón de 0,20 m de espesor, pudiendo en este caso disminuir la separación de 0,50 m.

#### Cámaras

Las cámaras se usarán para facilitar el tendido y mantenimiento de las diversas canalizaciones subterráneas y permitir los empalmes de distintos tipos de ductos o bancos de ductos. Se ubicarán, aproximadamente, cada 30 m y además en aquellos puntos en que la diferencia de niveles del terreno es apreciable.

Las cámaras deberán ser estancas, que no permitan el ingreso de agua. No se aceptarán drenajes locales.

Se podrán utilizar los tres tipos de cámaras definidos en el Pliego Técnico Normativo RIC Nº4 “Conductores, Materiales y Sistemas de Canalización”. Los ductos o bancos de ductos exteriores se instalarán con pendiente hacia las cámaras, evitando así la posible entrada de agua en las instalaciones principales. A su vez, las cámaras contarán con un sistema de drenaje, adecuado a las características del terreno.

La solución que se adopte deberá contar con la revisión del Ingeniero Jefe.

A los ductos que lleguen a las cámaras se les instalarán bushing adecuados para proteger la aislación o cubierta de los cables.

#### Cajas de Derivación, Cajas de Aparatos y Accesorios

En las canalizaciones en tuberías se emplearán cajas como puntos de unión o derivación, en lugares donde se colocarán aparatos y otros similares desde donde se tirarán los conductores para alambrar las tuberías.

Toda unión, derivación o alimentación de artefactos, se deberá hacer en una caja. No se permitirá hacer derivaciones en cajas de aparatos.

Las entradas de las tuberías o cables se harán a través de perforaciones que se dejarán durante el proceso de fabricación y la fijación de ellos se hará con bushings y contratuerca. En el caso de tuberías de diámetro nominal inferior a 1 pulgada, la unión se podrá hacer mediante tuerca y contratuerca.

La entrada de un cable a una caja se fijará y protegerá mediante una prensa estopa o dispositivo similar, adecuado al diámetro del cable.

Las cajas usadas en lugares húmedos o mojados deberán ser de construcción adecuada para resistir las condiciones ambientes e impedir la entrada de humedad o líquido en su interior.

Las cajas que se usen en lugares en que haya gran cantidad de polvo en suspensión deberán ser de construcción estanca al polvo.

Las uniones de la canalización con este tipo de cajas a prueba de humedad, goteo, chorro de agua, salpicaduras o polvo se deberán efectuar de modo que el conjunto conserve sus características de estanquidad.

Las cajas para se instalarán al nivel del piso deberán ser a prueba de polvo y humedad.

Las cajas deberán estar rígidamente fijas a la superficie sobre la cual serán montadas o deberán estar firmemente sujetas o fijas al concreto o la albañilería si son embutidas.

De preferencia, para canalizaciones embutidas, las cajas de mayor tamaño deberán estar fijas a alguna parte estructural de la construcción.

A través de una caja común se podrá pasar o derivar los conductores que forman distintos alimentadores.

La cantidad de conductores que podrán ir dentro de una caja se fijará en función del volumen requerido por un conductor para su fácil manipulación y correcto funcionamiento.

Las dimensiones de las cajas deberán ser tales que permitan el tendido de cables, hacer conexiones, sacar derivaciones, etc.

Cuando se necesite pasar conductores a través de una tapa, se deberá proteger la pasada con una boquilla o pasa cable aprobado para dicho uso.

#### Sellado y Pasadas de Cables

Las pasadas de cables por escotillas, aberturas en muros, paredes, tabiques, losas, etc., deberán ser selladas después de terminar el tendido de los cables, con un material resistente al fuego y adecuado, para un fácil retiro en caso de modificaciones necesarias.

Hasta donde sea posible, la canalización no deberá interferir con las obras civiles.

Es de responsabilidad del ADJUDICATARIO la ejecución de los afinados y las terminaciones, así como las protecciones necesarias de las canaletas y de los cables que en ellas se instalen.

Todo sistema de canalización no contemplado como habitual a criterio del Ingeniero Jefe, deberá ser objeto de revisión, para lo cual el ADJUDICATARIO informará al Ingeniero Jefe describiendo el sistema y sus especificaciones con la correspondiente justificación.

### MALLA DE PUESTA A TIERRA

#### Alcance

El ADJUDICATARIO será responsable del suministro, construcción y verificaciones de la construcción de la ampliación y/o mejoras a la malla de puesta a tierra existente, además de la conexión de todos los equipos y estructuras instadas en los patios.

Para ello el ADJUDICATARIO deberá efectuar la verificación de los estudios y mediciones de la malla de puesta a tierra en la plataforma destinada a la instalación, en caso de ser necesario.

#### Normas Aplicables

Para el diseño, construcción, montaje y pruebas finales se deberán aplicar las siguientes normas eléctricas y otras cláusulas indicadas en esta especificación.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| [1] IEEE Std 80-2013 | : | IEEE Guide for safety in ac substation grounding. |
| [2] IEEE Std 81-2012 | : | IEEE Guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potentials of a ground system (Part 1). |
| [3] IEEE Std 81.2-1992 | : | IEEE Guide for measurement of impedance and safety characteristic of large, extended or interconnected grouding system (Part 2). |
| [4] IEEE Std 367-2012 | : | IEEE Recommended practice for determining the electric power substation ground potential rise and induced voltage from a power fault. |

#### Criterios de Diseño

A continuación, se indican las actividades principales que el ADJUDICATARIO deberá realizar y considerar en el diseño.

* Entrega de catálogos y certificados de instrumentos

Con anterioridad a las mediciones que deberá realizar el ADJUDICATARIO en las instalaciones, el ADJUDICATARIO deberá entregar al Ingeniero Jefe para revisión, los catálogos de operación y los certificados de calidad al día de los instrumentos que se utilizarán en las mediciones de resistividad de suelo, resistencia de puesta a tierra y de las condiciones de seguridad de las mallas.

* Medición de la resistividad de suelo

En la medición de resistividad de suelo se utilizará el método de Schlumberger. En el proceso de realización de la medición de resistividad de suelo se tomarán las precauciones indicadas en la norma Std 81-2012. La interpretación de los valores para modelar la estratificación del suelo se puede realizar según las curvas de Orellana-Mooney o las aproximaciones por el software IP2Win. Se indicará en el informe cuál es la metodología por utilizar.

* Medición de la resistencia de puesta a tierra

Se deberá realizar la medición de la resistencia de puesta a tierra de la malla, utilizando el método de la caída de potencial y siguiendo el procedimiento indicado en la norma Std 81.2-1992. La longitud del eje de mediciones será de cinco veces el valor de diagonal mayor de la malla de puesta a tierra que se mide. Se realizarán dos mediciones independientes de la resistencia de puesta a tierra, siguiendo ejes ortogonales uno del otro.

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

#### Informes y Planos

Una vez terminado el proceso de verificación del diseño, el ADJUDICATARIO deberá entregar, para revisión del Ingeniero Jefe, un informe detallado de las verificaciones diseño de las mallas de puesta a tierra y de los planos de detalle suministrados por el mandante, el cual deberá incluir los resultados de mediciones de tensiones de paso, incluyendo una medición fuera de la malla y mediciones tensiones de contacto.

Estos documentos deberán ser entregados para revisión del Ingeniero Jefe dos (2) meses antes de la fecha de inicio de la faena de construcción de las mallas. Las obras de construcción de las mallas de puesta a tierra se podrán iniciar sólo una vez revisados por el Ingeniero Jefe los informes y los planos de diseño correspondientes.

* Informe de diseño de la malla de puesta a tierra

El informe de las mallas de puesta a tierra deberá contener al menos lo siguiente:

* Medida de resistividad de suelo.
* Medida de la resistencia de puesta a tierra de las instalaciones existentes.
* Conclusiones
* Planos

El ADJUDICATARIO deberá verificar los planos de la malla de puesta a tierra, los que deberán contener al menos lo siguiente:

* Dimensiones detalladas del reticulado de la malla de puesta a tierra.
* Sección del conductor utilizado en la malla.
* Sección de los conductores utilizados para conectar los equipos eléctricos y los elementos metálicos a la malla.
* Tipos de uniones de termofusión utilizadas en la malla de puesta a tierra.
* Tipos de uniones de termofusión utilizadas para conectar los equipos eléctricos y los elementos metálicos a la malla.
* Detalle de las conexiones de todos los equipos eléctricos a la malla de puesta a tierra.
* Detalle de las conexiones de todos los elementos metálicos a la malla de puesta a tierra.
* Las vistas y cortes que sean necesarios, para claridad en la faena de construcción.
* Listado de todos los materiales utilizados para la construcción de las mallas.

### CONECTORES Y CONEXIONES

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

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

Las conexiones entre equipos primarios y entre equipos y barras deben cumplir con las holguras especificadas en la norma IEEE-693 y en el documento Memoria de cálculo holgura interconexión conductores.

* 1. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE CONTROL Y PROTECCIONES

A continuación, se describen los requerimientos técnicos exigidos en la obra, en cuanto a cantidad y aspectos para la verificación del diseño de las instalaciones de control y protección.

Los diseños de disposición general de las obras y configuración que comprende la presente licitación se basan en los planos del proyecto proporcionados por el MANDANTE y que están destinados a fijar los requerimientos del Contrato.

### INSTALACIONES COMUNES DE LA SUBESTACIÓN

#### SISTEMA DE SEGURIDAD Y TELEVIGILANCIA

No aplica para este proyecto.

### SISTEMA DE CONTROL, TELECONTROL, PROTECCIONES Y MEDIDA

#### SISTEMAS DE CONTROL LOCAL

El ADJUDICATARIO deberá instalar y poner en servicio el Sistema Digital de Control y Protecciones a ser suministrado, para las obras de ampliación descritas en este proyecto, y resumidas en el ítem 01 de las presentes especificaciones.

Los sistemas de protección y control del proyecto serán instalados en Armarios dedicados para este fin al interior de la ampliación de la sala de control proyectada en los equipos correspondientes. Las adecuaciones a los sistemas de control existentes serán realizadas en los armarios de la sala de control existente según los planos del proyecto. Este Sistema Digital de Control y Protecciones, estará basado en Controladores de paño y Protecciones de tecnología Numérica de un Proveedor calificado por el MANDANTE, integradas en una Red de Área Local (LAN) de Fibra Óptica, las redes de comunicación Ethernet contemplaran estándares PRP, en protocolo IEC-61850.

Del mismo modo, el nuevo sistema deberá soportar protocolos de comunicación tales como DNP 3.0.

El ADJUDICATARIO deberá montar un sistema preparado para realizar el completo control y protecciones de la subestación en configuración barra simple para el proyecto, con todos sus equipos de maniobra (desconectadores) y transformadores de medida (TTPP y TTCC). El ADJUDICATARIO deberá considerar el suministro del sistema SCADA con las actualizaciones respectivas actualizaciones.

El ADJUDICATARIO se deberá basar en la arquitectura de control y protecciones suministrada por el MANDANTE para la ingeniería y el montaje.

* Nivel 0

Nivel de Control Local Inmediato, al pie de los equipos, en particular desde las cajas de control de equipos de AT.

* Nivel 1

Nivel de Control Local, constituido por Controladores de Paño desde el cual se realiza el control de los paños de forma completa, ubicado en la Sala de control.

* Nivel 2

El ADJUDICATARIO deberá, incorporar a este sistema de control a lo menos las modificaciones y actualizaciones de base de datos necesarias para permitir el envío de datos (estados, alarmas y medidas) desde los controladores y/o protecciones.

* Nivel 3

Nivel de Control Remoto, el cual será compuesto por el Sistema SCADA dedicado para el proyecto, por lo tanto, el ADJUDICATARIO deberá considerar la completa integración del nivel de control 1 con el SCADA de la nueva subestación, para lo cual, debe contempla comunicación con Protocolo DNP3.0 según corresponda.

El diseño del Sistema de Control deberá considerar el suministro y diseño del sistema de control, protección y medida, el cual deberá quedar integrado al sistema de comunicación existente en la subestación, permitiendo la lectura de remota de equipos de control, protección, medida y comunicaciones. El adjudicatario deberá considerar las configuraciones de equipos switch y firewall existentes y suministros de módulos SFP de switch necesarios.

Esta Red de lectura Remota, deberá proveer, además, la función de Lectura Remota de los medidores de Energía (facturación), que se montan en los armarios de control dentro de la ampliación de la Sala de control.

Para los cableados de Fibra Óptica entre los Gabinetes de Control y Protecciones, se deberá utilizar cabeceras ópticas conectorizadas (Patch-panels), en conjunto con chicotes flexibles de Fibra Óptica para conectar las fibras Ópticas a los equipos (pigtails). Las cabeceras ópticas se deberán montar en las partes fijas de los Gabinetes.

Todos los cables de Fibra Óptica que se suministren para las interconexiones entre los Gabinetes de Control y Protecciones deberán ser diseñados para uso exterior con protección metálica contra roedores. Será obligatorio el uso de Distribuidores Ópticos (Patch-Panels) en todos los Gabinetes que utilicen Fibra Óptica.

#### Sistemas de Telecontrol

Se contempla un sistema de control y protecciones de tecnología digital, el ADJUDICATARIO deberá contemplarla utilización de los canales de comunicación existentes entre la subestación y centro de control, para enlazar los concentradores de datos (Gateway) con este sistema de control y protecciones. Desde el control centralizado de la Subestación se podrán realizar todas las tareas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos de cada paño. Por lo tanto, el ADJUDICATARIO deberá integrar correctamente al sistema centralizado de la Subestación, el envío y recepción de la información desde el sistema de control y protecciones de la subestación.

El equipo Concentrador de Datos (Gateway), deberá ser un equipo Industrial, sin partes móviles de ningún tipo, con memorias de estado sólido y sin ventiladores, para alimentación en corriente continua de 125 Vcc y fuente de poder redundante. Este equipo podrá ser una Unidad Remota Terminal (URT), un Computador Industrial ó un micro SCADA. El equipo Concentrador de Datos (Gateway), contará con dos Puertos Ethernet, para uso exclusivo de la comunicación con el Sistema SCADA del MANDANTE. Del mismo modo, el diseño del Sistema de Control deberá contemplar las actualizaciones de los canales de comunicación existentes de ser necesario, para enlazar el Gateway con el Centro de Control del MANDANTE

El ADJUDICATARIO deberá integrar correctamente al Sistema SCADA del MANDANTE la información proveniente de los concentradores de datos. Adicionalmente, el ADJUDICATARIO deberá subcontratar los servicios de actualización de software del Sistema SCADA del CEN, con la empresa que estos definan en su oportunidad.).

#### Sistemas SCADA

El Telecontrol y monitoreo de los nuevos paños AT, nuevo transformador de poder TR y nuevos paños MT de la subestación y sus correspondientes servicios auxiliares, será realizado desde el sistema SCADA existente, y de esta manera integrar los datos de comando, estado, alarmas y medidas correspondientes al proyecto.

Por otro lado, los datos de estado, alarmas y medidas deberán ser enviados desde el Sistema SCADA del MANDANTE al CEN, según lo establece la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio.

El ADJUDICATARIO debe considera que las vías de comunicación con el Sistema SCADA del CEN son proyectadas, por lo cual, es responsabilidad del ADJUDICATARIO realizar todas las modificaciones de de infraestructura y coordinaciones necesarias al sistema SCADA existente.

El ADJUDICATARIO deberá subcontratar a la Empresa que determine el CEN, para realizar las actualizaciones de software del Sistema SCADA del CEN.

Los datos de estado, medidas y alarmas que deben ser enviados al CEN, están definidos en el Procedimiento D.O. “DEFINICIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS Y OPERATIVOS PARA EL ENVÍO DE DATOS AL SITR DEL CEN”.

#### SISTEMAS DE PROTECCIONES

* Requisitos Generales de Protecciones

El ADJUDICATARIO deberá montar, instalar y poner en servicio un Sistema de Protecciones completo, para las nuevas instalaciones proyectadas en la subestación.

Los sistemas de protección del Proyecto serán instalados en Armarios dedicados para este fin al interior de la sala de control existente. Las adecuaciones a los sistemas de control existentes serán realizadas en los armarios de la sala de control existente según los planos del proyecto. El diseño del Sistema de Protecciones deberá cumplir con todos los requerimientos que solicita la Norma Técnica de Calidad y Seguridad de Servicio de la Comisión Nacional de Energía, en su última versión.

El diseño del Sistema de Protecciones deberá respetar los requerimientos del MANDANTE y la norma técnica vigente.

Las Protecciones serán del tipo Numéricas, multifuncionales y de un Proveedor calificado por el Ingeniero Jefe.

Todos los equipos de protecciones se deberán suministrar con sus respectivos blocks de pruebas para su mantenimiento.

Todos los equipos de protecciones se deberán suministrar en Gabinetes metálicos apropiados con doble puerta frontal transparente y acceso a sus regletas por la parte posterior.

* Protección Diferencial de Barras

El ADJUDICATARIO deberá verificar las entradas disponibles del 87B existente. El armario de protección diferencial de barras podrá ser reutilizado o nuevo, dependiendo si el ADJUDICATARIO considere la adecuación y reconfiguración de las tarjetas de entradas análogas y entradas y salidas digitales de la protección existente, para la implementación de 6 paños en totalidad.

### SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE ALTERNA 380/220 VCA

El ADJUDICATARIO deberá verificar el diseño, suministrar, instalar y poner en servicio el Sistema de alimentación de SSAA de 380/220 Vca para alimentar todos los requerimientos de fuerza, calefacción, alumbrado, enchufes de patio y otros requeridos para el proyecto

### SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE CONTINUA 125 VCC

Por otra parte, el ADJUDICATARIO deberá verificar el diseño, suministrar, instalar y poner en servicio el Sistema de alimentación de SSAA de 125 Vcc para alimentar todos los requerimientos de control y protecciones y otros requeridos para las instalaciones del proyecto.

### SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE SSAA DE CA Y CC

Se deberá considerar para el sistema de control todas las alarmas y eventos del Sistema de SSAA, estas señales corresponden a los alimentadores, tableros generales de CA y CC, y en general todo equipo que requiera supervisión y envío de alarmas hacia el sistema SCADA.

Es responsabilidad del ADJUDICATARIO la integración de estas señales en los sistemas de control local y centralizado de la subestación

### SALA DE CONTROL

Los equipos de Control y Protecciones de la subestación se instalarán en una Sala de control tipo prefabricada, diseñada y aprobada según los estándares del MANDANTE. para este tipo de instalaciones

### SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control para los paños contará con un (1) equipo Controlador de paño de tecnología numérica para el paño de transformación AT, y protecciones con función de controlador para los paños en MT. Estos deberán permitir la supervisión y el control local de cada uno de los interruptores de cada paño, es decir, un controlador solo gestionara y comandara un interruptor de poder en conjunto con sus equipos de maniobra (desconectadores). Con capacidades de medida instantáneas, sincronización (con y sin deslizamiento), lógicas de enclavamiento y alarmas asociadas. El controlador se deberá suministrar con sus respectivos blocks de pruebas para su mantenimiento, los cuales podrán ser GE de 24 vías o block de pruebas Alstom.

Los equipos de Controlador de paño deberán supervisar todos los estados, alarmas y medidas instantáneas asociados a los equipos de AT que conforman un paño en conjunto con los equipos de SSAA que requieren de supervisión para su operación, incluyendo la supervisión mandos asociados a la conexión/desconexión de la función de Reconexión Automática.

Todos los Equipos de Control se deberán suministrar en Gabinetes metálicos con doble puerta delantera y puerta trasera donde se deberán encontrar sus borneras de conexión accesibles. Todos los equipos de control y equipos auxiliares deberán estar montados en las partes fijas de cada Gabinete.

El ADJUDICATARIO deberá incluir en su Oferta los servicios de pruebas punto a punto para todos los datos y comandos remotos que sean necesarios entre los Controladores de paño nuevos y los Sistemas SCADA del MANDANTE y del CEN.

### PROTECCIONES

Para cada uno de los paños de conexión, se deberá proyectar, suministrar, montar y poner en servicio, un sistema de protecciones con las siguientes características generales:

* Protecciones para el proyecto
* Para el transformador de poder se considera una protección diferencial de transformador (87T), una protección de impedancia de transformador (21T) y una protección de sobrecorriente.
* Los paños alimentadores y seccionador contarán con protecciones de sobrecorriente (51) incluyendo funciones de sobrecorriente instantánea (50) y direccional (67). La protección de cada paño también incorporará funciones de controlador.
* Cada vía de Protección deberá contar con los respectivos blocks de pruebas independientes.
* Todos los Equipos de Protección del paño AIS se deberán suministrar en Gabinetes metálicos con doble puerta delantera y puerta trasera donde se deberán encontrar sus borneras de conexión accesibles.
* La Ingeniería y Suministros de Protecciones deberán cumplir con los Criterios de Diseño de Protecciones del MANDANTE.

### SISTEMA DE FACTURACIÓN DE ENERGÍA

Para las nuevas instalaciones, se considerará el Suministro de cuatro (4) Medidores de Energía (facturación) clase 0,2S;

Los equipos de facturación a ser suministrados por el ADJUDICATARIO deberán medir en los cuatro (4) cuadrantes y deberán ser del proveedor Schneider, modelo ION 7650, para corriente secundaria de 1 Ampere. Las opciones de comunicación para los medidores de facturación deben ser en primera opción vía Ethernet y en segunda opción vía línea telefónica Deberá de igual forma poseer puertos de respaldo para comunicación serial. Los medidores de energía se deberán montar preferentemente en los gabinetes de control.

ANEXOS

Figura Anexo. 1 Espectro de Respuesta Lineal



Figura Anexo. 2





Figura Anexo. 3





Figura Anexo. 4





Figura Anexo. 5



1. Excepto en perfiles de 40 mm de ala en que será 19 mm. [↑](#footnote-ref-1)
2. Friccionante [↑](#footnote-ref-2)
3. Cohesivo [↑](#footnote-ref-3)