

**COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES PARA
PROPUESTA ANEXO TECNICO PARA NTSyCS
“DISEÑO DE INTALACIONES DE TRANSMISION”**

TEMAS CIVILES-ESTRUCTURALES-SISMICOS

**PRESENTACION PARA REUNION N°2
COMITÉ CONSULTIVO CNE**

**MARCELA ARAVENA - INGTEGRAL Servicios de Ingeniería
HERNAN CASAR – Consultorías HCC**

14 de Mayo de 2018

Ítem	Página	Cantidad de Láminas
Comentario Generales	3 a 7	5
Título II. Exigencias Sísmicas	8 a 21	14
Título III. Emplazamiento de SSEE	22 a 23	2
Título V.1.5. Criterio de Construcción de Plataformas y	24 a 26	3
Título V.3. Equipos primarios (exigencias generales y criterios de diseño)	27 a 29	3
Título V.4. Estructuras ¿metálicas? para SSEE	30 a 32	3
Título V.6 Líneas de transmisión	Temas civiles y estructurales se emitirán para la reunión que corresponde a Líneas	
Título VII. Exigencias de Diseño Civil	33 a 40	8

COMENTARIOS GENERALES

➤ Criterios de Diseño Sísmicos

- ¿Cómo deben “conversar” los criterios sísmicos que aquí se señalan con la Propuesta de Norma Sísmica que estamos haciendo a través de CIGRE (NSCIGRÉ)?
- ¿Y con lo que eventualmente diga la actualización de la NCh 2369 Instalaciones Industriales que debiera publicarse este 2018?
- ¿Se va indicar en este Anexo que está en proceso de elaboración una Norma Sísmica para las Instalaciones AT? ¿Los “actuales” se van a dejar como “transitorios”?
- Cuando esté la Propuesta NSCIGRÉ, ¿se va a emitir una nueva versión de este Anexo que elimine los requisitos sísmicos que ahora tiene?
- Sería recomendable que todos los criterios sísmicos estén en el Título II (hay algunos en otras secciones del Anexo) para que sea más simple actualizar el Anexo posteriormente sobre este tema

COMENTARIOS GENERALES

➤ Exigencias Generales, Exigencias Sísmicas y Exigencias Civiles (1 de 4)

- Estas exigencias se encuentran en los siguientes Títulos específicos del Anexo Técnico: Título I.6: Exigencias Generales de Diseño ; Título II: Exigencias Sísmicas ; Título VII: Exigencias de Diseño Civil
- Estas exigencias se encuentran también dentro de otros Títulos del Anexo Técnico, como por ejemplo
 - Título III: Emplazamiento de Subestaciones
 - Título V.1.5: Criterios de construcción de plataformas (...y mallas de puesta a tierra en nuevas subestaciones)
 - Título V.3: Equipos Primarios
 - Título V.4: Estructuras Metálicas para Subestaciones
 - Título V.6: Líneas de Transmisión
- Fundaciones (en Título VII)
 - Se definen Factores de Seguridad que no se condicen con los que se utilizan desde hace mucho tiempo en nuestro país (a lo menos 25 o 30 años) y que han demostrado ser suficientes
 - Nada se dice, entre otros, sobre exigencias de cumplimiento de área comprimida, que es una exigencia de diseño relevante
 - Lo que dice aplica solo a fundaciones independientes por “pata de torre”. Nada se dice para fundaciones que tienen solicitudes de momento, como son las de estructuras de base angosta (pilares enrejados con sus 4 patas en 1 fundación, estructuras de soporte de equipos, líneas en monopostes tubulares, otros casos)

COMENTARIOS GENERALES

➤ Exigencias Generales, Exigencias Sísmicas y Exigencias Civiles (2 de 4)

- Factor de Seguridad y Factor de Mayoración:

- Factores de Seguridad son factores que minoran a la resistencia del diseño y toman en cuenta las variaciones de la resistencia real con respecto a la nominal del material, con respecto al modo de falla (dúctil o frágil) y/o con respecto al diseño/fabricación/construcción propiamente tal

Un ejemplo de esto son los que se definen para los materiales de los equipos en el Título II

- Factores de Mayoración/Factor de Carga/Factor de Sobrecarga son factores que mejoran las solicitaciones y toman en cuenta la variación de la carga real con respecto a la nominal y la probabilidad de cargas simultáneas cuando se combinan cargas diferentes en un mismo Estado de Carga de diseño

Un ejemplo de esto son las cargas de origen sísmico (que controlan el diseño de las estructuras de soporte), las cargas de origen meteorológico (que controlan el diseño de las estructuras alta de SS/EE y las estructuras de líneas) y las cargas de peso de equipos, cargas estas últimas que no tienen tanta incertidumbre en su valor como si son las otras mencionadas

- En varias partes del Anexo se usa “Factor de Seguridad” para referirse a los Factores de Mayoración y además define valores de mayoración iguales para cargas que tienen orígenes diferentes e incertidumbres en su valor diferentes

COMENTARIOS GENERALES

➤ Exigencias Generales, Exigencias Sísmicas y Exigencias Civiles (3 de 4)

- Estructuras altas de SS/EE y estructuras de líneas de transmisión

La función de ambos tipos de estructuras es el mismo: ser soporte de conductores, por lo que deben tener las mismas exigencias de diseño. Sin embargo en el Anexo no es así; entre otros se puede mencionar:

- Los Factores de Mayoración de las cargas son distintos, siendo mayores los de las estructuras altas, cuando el origen de la solicitud es el mismo: condiciones meteorológicas (viento, hielo, combinación de ambos según corresponda); por otra parte, de haber diferencia en la incertidumbre de las cargas entre ambos tipos de estructuras, hay mayor incertidumbre en las cargas de una línea, debido a la longitud propia de ésta, que en la de una estructura alta

De lo señalado, para las estructuras altas son suficientes los mismo Factores de Mayoración que los de las estructuras de líneas, es decir 1,5 para Solicitaciones Normales y 1,2 para Solicitaciones Eventuales.

- A las estructuras altas se les exige ser metálicas y las estructuras de líneas pueden ser de cualquier material: ambas pueden ser de cualquier material
- A las estructuras altas se le definen las solicitudes y las combinaciones de carga; a las estructuras de líneas solo se le definen las solicitudes. Para ambas se debieran definir solo las solicitudes más comunes y para ninguna las combinaciones de carga; las combinaciones de carga son responsabilidad del Diseñador y deben tomar en cuenta todas las posibles situaciones de la estructura para su lugar de instalación

COMENTARIOS GENERALES

➤ Exigencias Generales, Exigencias Sísmicas y Exigencias Civiles (4 de 4)

- Estructuras bajas y estructuras altas de SS/EE

La función de las estructuras bajas es ser soporte de equipos, por lo que sus criterios de diseño deben ser distintos a los de las estructuras altas. Sin embargo en el Anexo no es así; entre otros se puede mencionar:

- Para ambas se exigen los mismos Factores de Mayoración para las solicitaciones, lo cual no corresponde porque el origen de la solicitación que controla es diseño es diferente (condiciones meteorológicas para las altas y sismo para las bajas) y la incertidumbre de las cargas es diferente

Un ejemplo de esto es que para la combinación de sismo para estructuras bajas se define 1,3 para (Peso Propio + Sismo + Otros), donde la incertidumbre está en la carga de sismo y no en la carga de peso propio.

Considerando que la solicitación de diseño de las estructuras de soporte es la combinación de cargas de Sismo, lo que corresponde es utilizar los Factores de Mayoración de la norma NCh 3171 “Diseño estructural - Disposiciones generales y combinaciones de cargas”, valores que efectivamente representan que la carga de sismo tiene mayor incertidumbre que la carga de peso propio (entre otros)

- Para ambas se exige el diseño bajo una misma norma (ASCE 10-15), lo cual no corresponde porque la ASCE 10-15 solo aplica a estructuras que son soporte de conductores

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 7. General

Las instalaciones del ST deberán cumplir con las siguientes exigencias mínimas y condiciones básicas:

- a) El diseño, fabricación, ensayos e instalación se realizará de acuerdo a las normas nacionales aplicables. Cuando las referidas normas nacionales específicas no existan, se aplicarán normas internacionales emitidas por organismos tales como: la International Electrotechnical Commission (IEC); la Conférence Consultatif International des Télégraph e Télécommunications (CCITT); la International Organization for Standardization (ISO); las normas DIN/VDE; la American Society of Testing Materials / American National Standards Institute (ASTM/ANSI); el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); American Society of Civil Engineers (ASCE); Conseil International des Grands Réseaux Électriques (CIGRE).

Comentarios a letra a):

- Lo marcado en amarillo no son requisitos sísmicos; debe ir en el Título I.6 Exigencias Generales de Diseño

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 7. General (continuación)

Para asegurar la calidad asísmica, en el diseño se aplicarán las normas chilenas. Donde no existe norma chilena se deberá usar la especificación técnica ETG-1020 de ENDESA, o la IEEE Std 693-2005 en la condición de "High Seismic Level" con "Projected performance" de factor 2,0 para los materiales frágiles como la porcelana y/o las aleaciones de aluminio.

Los materiales frágiles deberán tener demostración experimental objetiva de su resistencia mínima estadística de ruptura (valor medio menos 2 veces la desviación estándar).

Comentarios a lo marcado en color anaranjado:

- Cuando la actualización de la NCh 2369 "Diseño Sísmico de Instalaciones Industriales" salga a consulta pública y finalmente se apruebe, ¿primará dicha norma por sobre este Anexo?

El Anexo Técnico debe decir que éste prevalece sobre otras normas chilenas

Comentarios a lo marcado en color cyan:

- Hay diversos materiales, no solo frágiles, por lo que si se va a decir algo, debe ser para los otros también. Proponemos reemplazar el texto marcado por:

El diseño deberá realizarse mediante el Método de las Tensiones Admisibles con los siguientes Factores de Seguridad:

- 2,0 con respecto a la Ruptura para los materiales frágiles como porcelana y/o aleaciones de aluminio
- 1,25 con respecto a Tensión de Fluencia garantizada por norma para materiales dúctiles como el acero
- 2,0 con respecto al valor SML, Specified Mechanical Load, para materiales poliméricos

El valor de Ruptura deberá ser demostrado de acuerdo con lo que señala la ETG 1.020 y el valor de SML deberá ser demostrado de acuerdo con lo que señala la IEEE 693-2005

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 7. General (continuación)

Para las instalaciones existentes a la fecha de vigencia de la presente NT, también serán aplicables las normas asísmicas utilizadas en sus respectivos diseños, tales como las especificaciones técnicas ETG-A.0.20 y ETG-A.0.21 de Transelec, ETG-1013, ETG-1015 o ETG-1020 de ENDESA.

En el caso de Líneas de Transmisión éstas deberán ser diseñadas para resistir esfuerzos mecánicos, térmicos, ambientales y eléctricos, soportar los estados de carga basados en condiciones normales sin y con sobrecarga de hielo si corresponde, de cortadura de conductor y de montaje.

Comentario a párrafo de LT (**destacado en amarillo**).

- Lo que dice no es sísmico. Debe estar en el Título V.6 "Líneas de Transmisión"

Toda instalación o equipo de alta tensión deberá contar con los antecedentes de calificación sísmica conforme a las publicaciones indicadas considerando las condiciones propias de la instalación de alta tensión incluyendo tanto la fundación, estructura soporte y equipo de alta tensión propiamente tal. También deberá considerar los requisitos que se indican en los siguientes párrafos:

Comentario al párrafo:

Completar "... Incluyendo tanto la fundación, estructura de soporte y equipo de alta tensión propiamente tal. **Dicha información debe ser enviada al Coordinador.**

También deberá considerar los requisitos que se indican en los siguientes párrafos:

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 7. General (continuación)

- I. Para las subestaciones convencionales y las subestaciones compactas se deberá considerar conexiones aéreas flexibles con holuras que eviten que se generen fuerzas hacia los equipos. El conjunto de equipos de alta tensión y estructura de soporte deberá tener un comportamiento rígido, para lo cual deberá verificarse que la frecuencia del conjunto sea mayor a 30 [Hz] o mayor a cuatro veces la frecuencia natural del equipo propiamente tal (se debe cumplir con el menor valor).

Comentarios a lo marcado en **color amarillo**:

Completar: "...holuras que eviten que se generen fuerzas hacia los equipos.
Estas conexiones deben realizarse con cable multi hebra de aluminio puro que permita desplazamientos relativos con un factor de seguridad de 1,5"

Comentarios a lo marcado en **color cyan**:

1. Los equipos tiene su propio comportamiento sísmico; en general su frecuencia propia es mucho menor que 30 Hz, es decir no son rígidos. La estructura de soporte no puede hacerlo cambiar a un comportamiento rígido, por lo que lo señalado en el Anexo, que es en general lo que dicen la versiones anteriores de la NTSyCS, es incorrecto.
2. El criterio general de diseño de las estructuras de soporte es que no deben producir amplificaciones al equipo por sobre los criterios de diseño definidos para ellos.

Las estructuras de soporte que se prueban en Mesa Vibratoria junto con el equipo no cumplen con lo que dice el Anexo, pero cumplen con el criterio general de diseño, ¿se les va a exigir modificarlas para que cumplan con los 30 Hz que se dice aquí?

En la lámina siguiente se señala nuestra propuesta de modificación

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 7. General (continuación)

- I. Para las subestaciones convencionales y las subestaciones compactas se deberá considerar conexiones aéreas flexibles con holguras que eviten que se generen fuerzas hacia los equipos. El conjunto de equipos de alta tensión y estructura de soporte deberá tener un comportamiento rígido, para lo cual deberá verificarse que la frecuencia del conjunto sea mayor a 30 [Hz] o mayor a cuatro veces la frecuencia natural del equipo propiamente tal (se debe cumplir con el menor valor).

Proponemos reemplazar lo marcado en **color cyan** por:

El diseño de las estructuras de soporte deberá considerar que deben mantener el comportamiento sísmico propio del equipo al cual soportan.

Cuando las estructuras de soporte no hayan sido probadas en Mesa Vibratoria junto con el equipo al cual soportan, deberán diseñarse considerando que su frecuencia, calculada con la masa del equipo y la masa de la estructura de soporte, sea mayor a 4 veces la frecuencia natural del equipo con un máximo de 30 Hz; el diseño deberá además demostrar que la sección local en la estructura donde se monta el equipo es lo suficientemente rígida para no modificar la respuesta propia del equipo.

Cuando el equipo haya sido probado con su estructura de soporte en Mesa Vibratoria, el Proveedor del Equipo deberá suministrarla como parte del equipo y deberá entregar todos los documentos que respaldan que la estructura de soporte probada y suministrada son la misma estructura.

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 7. General (continuación)

- II. Para las subestaciones aisladas en gas SF6 (GIS) aplican las mismas publicaciones antes mencionadas. La calificación sísmica de estas subestaciones es aceptable que se efectúe por medio de memorias de cálculo estático conforme a los requisitos de la ETG-1.020.

La fundación de toda la subestación GIS propiamente tal debe ser de una pieza, es decir una fundación monolítica, de modo que no puedan existir desplazamientos relativos entre sus diferentes puntos de anclaje de la GIS.

- III. Para los tubos aislados en gas SF6, GIL, de conexión de las GIS a los equipos convencionales aplican también las mismas publicaciones. Se deberá verificar dichos tubos por medio de memorias de cálculo estáticas evaluado las tensiones mecánicas admisibles con los factores de seguridad exigidos, pero además, en este caso se deberá verificar que los desplazamientos relativos máximo de las partes son admisibles por los elementos dispuestos en el diseño para permitir dichos desplazamientos, con un factor de seguridad no inferior a 1,5.

Los ductos GIL tendrán una fundación monolítica con la fundación de la GIS. Si lo anterior no es posible debido a sus dimensiones, se deberá considerar en el cálculo de los desplazamientos de las partes los desplazamientos relativos del suelo en los puntos de anclaje, en las fundaciones de la GIL, considerando la velocidad de propagación de la onda de corte del suelo (onda S) en el lugar de emplazamiento de la instalación.

Para el cálculo de los bushing de las GIL, para conectarse a las instalaciones convencionales, deberán ser considerados como montados en estructura flexible, así en el cálculo se usará un factor de estructura no inferior a $k=1,5$. En la conexión de estos bushings a la red convencional se deberá utilizar conexiones aéreas flexibles con holguras que eviten que se generen fuerzas hacia los bushings.

Comentarios a lo marcado en color cyan:

- No se pueden evitar los desplazamientos relativos entre los puntos de anclajes de la GIS. Además de las reacciones debido al equipo, dependen de la interacción fundación-suelo y de las ondas sísmicas; los desplazamientos debido a las ondas sísmicas dependen de la condición geológica del lugar de la S/E y no de la fundación.
- Por otra parte, la configuración de las GIS y sus GIL requieren normalmente de tener foso bajo la losa de fundación, es decir, parte de la fundación no está apoyada, y además dependiendo de las dimensiones de la fundación, podría ser necesario juntas constructivas

De los comentarios se desprende que “fundación monolítica” no es un requisito suficiente ni tampoco probable para todos los casos.

En la lámina siguiente se señala nuestra propuesta de modificación

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 7. General (continuación)

La fundación de toda la subestación GIS propiamente tal debe ser de una pieza, es decir una fundación monolítica, de modo que no puedan existir desplazamientos relativos entre sus diferentes puntos de anclaje de la GIS.

- III. Para los tubos aislados en gas SF₆, GIL, de conexión de las GIS a los equipos convencionales aplican también las mismas publicaciones. Se deberá verificar dichos tubos por medio de memorias de cálculo estáticas evaluado las tensiones mecánicas admisibles con los factores de seguridad exigidos, pero además, en este caso se deberá verificar que los desplazamientos relativos máximo de las partes son admisibles por los elementos dispuestos en el diseño para permitir dichos desplazamientos, con un factor de seguridad no inferior a 1,5.

Los ductos GIL tendrán una fundación monolítica con la fundación de la GIS. Si lo anterior no es posible debido a sus dimensiones, se deberá considerar en el cálculo de los desplazamientos de las partes los desplazamientos relativos del suelo en los puntos de anclaje, en las fundaciones de la GIL, considerando la velocidad de propagación de la onda de corte del suelo (onda S) en el lugar de emplazamiento de la instalación.

Para el cálculo de los bushing de las GIL, para conectarse a las instalaciones convencionales, deberán ser considerados como montados en estructura flexible, así en el cálculo se usará un factor de estructura no inferior a $k=1,5$. En la conexión de estos bushings a la red convencional se deberá utilizar conexiones aéreas flexibles con holguras que eviten que se generen fuerzas hacia los bushings.

Proponemos reemplazar lo marcado en **color cyan** por:

El diseño de las GIS y GIL deberá considerar absorbedores de desplazamientos y el diseño de la fundación deberá realizarse de manera coordinada y oportuna con el diseño del Equipo.

El diseño de la fundación deberá evaluar que los desplazamientos relativos entre los apoyos del equipo estén dentro de los límites establecidos por el fabricante. Los desplazamientos relativos deberán calcularse considerando las reacciones debido al equipo, la interacción fundación-suelo o fundación-foso según corresponda, y las ondas sísmicas.

Cuando las particularidades del proyecto no permitan a la fundación cumplir con los desplazamientos límites, el fabricante deberá tener que aumentar la cantidad y/o modificar los absorbedores de desplazamientos relativos en el equipo.

Es responsabilidad del "Coordinado" que el diseño del equipo y su fundación se realicen de manera coordinada y oportuna de manera tal de que cualquier modificación que requiera el diseño del equipo se efectúe en fábrica.

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 7. General (continuación)

- b) Las instalaciones tanto de generación como de transmisión deberán permitir que el SI opere cumpliendo las exigencias establecidas en la presente NT.
- c) Deberán soportar al menos el máximo nivel de corriente de cortocircuito existente en cada punto del SI. Las condiciones y la forma en que se calcule el máximo nivel de corriente de cortocircuito se establecen en el Anexo Técnico "Cálculo del Nivel Máximo de Cortocircuito".
- d) Deberán disponer de un nivel de aislación del equipamiento del SI en los Puntos de Conexión debidamente coordinado con aquel del equipamiento al cual se conecta.
- e) En caso que una instalación existente se transfiera a otro lugar, se la utilice de un modo diferente, se la destine a otro fin o se la modifique, se le aplicarán las normas vigentes a la fecha de inicio del nuevo uso o ubicación.

Comentarios a letras b) @ e):

- Lo marcado en amarillo no son requisitos sísmicos; debe ir en el Título I.6 Exigencias Generales de Diseño o en otra parte

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 7. General (continuación)

En el diseño de estructuras metálicas se utilizarán los siguientes factores de seguridad: Líneas de transmisión, condición normal FS=1,5; condición eventual FS=1,2. Subestaciones, condición normal FS=1,7; condición eventual FS= 1,3.

Comentarios:

- ¿Por qué las estructuras de subestaciones deben tener FS mayores que las estructuras de las LT?
- Los Factores de Seguridad tienen relación con la incertidumbre en las solicitaciones, ¿porqué las solicitaciones en las S/E tiene mayor incertidumbre que las de las líneas? La realidad es lo contrario, por lo que no hay ninguna razón de que los FS en las S/E sean mayores
- Por otra parte, estos factores son para las solicitaciones debido a condiciones meteorológicas, por lo que son aplicables solo a estructuras altas de S/E. No son aplicables a la condición sísmica, que es lo que solicita las estructuras baja
- ¿Qué factores se usan en estructuras que no son metálicas?

De los comentarios se desprende que éste párrafo debe ser eliminado, además que se contradice con otras cláusulas que están más adelante en el mismo Anexo.

Proponemos reemplazar lo marcado en **color cyan** por:

El diseño de las estructuras de soporte se podrá realizar con el Método de las Tensiones Admisibles o con el Método de las Tensiones Última y considerando los factores de mayoración definidos en la Norma NCh 3171 "Diseño estructural - Disposiciones generales y combinaciones de cargas"

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 8. Exigencias particulares

Para cumplir con las normas señaladas anteriormente, el diseño de las subestaciones debe contemplar las siguientes exigencias:

- a) Se debe cumplir con las disposiciones de las normas NSEG 5, NSEG 6, la NTSyCS, los Pliegos Técnicos Normativos - RPTD N° 01 al RPTD N° 17 cuando reemplacen o complementen a la norma NSEG 5 y el Pliego Técnico Normativo – RTIC N° 13: Subestaciones y salas eléctricas.
- b) La disposición de la subestación, los patios y los equipos dentro de los patios y también las salas eléctricas y los equipos dentro de las salas eléctricas deben permitir el crecimiento de la subestación como se visualiza según el Plan de Expansión de la Transmisión que emita la Comisión y que se encuentre vigente a la fecha de construcción y deben permitir en todo caso el acceso abierto al uso de las instalaciones para nuevos usuarios.
- c) No se deben utilizar barras rígidas en el diseño o construcción de una subestación. Las barras no podrán ser tubulares montadas sobre aisladores de pedestal.
- d) Diseñar las estructuras en forma modular, de tal manera que las ampliaciones y cambios de configuración se efectúen en forma simple, sin graves perturbaciones al servicio y en un mínimo tiempo.
- e) Diseñar las barras para la capacidad definitiva de la subestación.
- f) Diseñar el control y la protección de tal manera que se adapten fácilmente a cualquier tipo de configuración.

Comentarios:

1. Muchas de las exigencias señaladas en las letras a) @ k) no son sísmicas y están en el Título II. Se debe reubicar donde correspondan
2. Letra a)
 - Algunos de los Pliegos son para las SS/EE, otros son de diseño de Líneas, de distancias de seguridad de líneas, de distribución, etc. Esto debiera estar en I.6 Exigencias Generales de Diseño
 - Debiera primar lo que dice el Anexo, por lo que es necesario que se diga algo de que en caso de discrepancia manda el Anexo Técnico por sobre estos pliegos
3. Letras b), d), e), f) debiera estar en otro Título (el de SS/EE propiamente tal)
4. Letra c): esto es sísmico; proponemos reemplazar por lo siguiente

"Se deberán evitar las barras rígidas. Si lo anterior no fuera posible, las barras deberán tener elementos para absorber desplazamientos relativos entre los apoyos de modo de no ejercer fuerzas relevantes. Las barras no podrán ser tubulares montadas sobre aisladores de pedestal."

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 8. Exigencias particulares (continuación)

- g) Los equipos no deben quedar sujetos a esfuerzos externos en sus terminales, para lo cual las conexiones entre equipos deben incluir las holguras suficientes para que estos equipos se desplacen, por cualquier motivo, hasta 90 cm en total entre ellos, sin provocar esfuerzos sobre los terminales. Estas conexiones deben ser realizadas con cable de aluminio puro.
- h) Las conexiones hacia las barras que tengan una curva que permita movimiento del conductor deberán distanciarse de forma de evitar el contacto entre conductores manteniendo las distancias de seguridad entre éstos, en caso de ser necesario, los conductores deberán soportarse sobre aisladores de pedestal a distancias adecuadas.

Comentarios. Continuación

- 3. Letra g) eliminar porque se comentó en el Artículo 7 (ver página 11 de esta presentación)
- 4. Letra h) debiera estar en otro Título (el de SS/EE propiamente tal)

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 8. Exigencias particulares (continuación)

- i) Los equipos eléctricos deben cumplir estrictamente con las normas sísmicas y deben contar con los respaldos que lo acredite. El Coordinador podrá solicitar al propietario de la instalación presentar para revisión, la memoria de cálculo estática del equipo, la cual debe incluir al menos, protocolos de pruebas de ruptura de porcelanas (mínimo tres unidades) y planos en corte acotados de las porcelanas (con sus tolerancias). En el caso de los equipos verticales como a los transformadores de medida, condensadores de acoplamiento, interruptores estanque vivo, pararrayos, aisladores de pedestal y bushing, todos ellos de tensiones sobre 35 kV, el Coordinador podrá solicitar fundadamente una memoria de cálculo dinámica y pruebas en mesa vibratoria que verifique la memoria de cálculo estática del equipo, esta última se debe verificar tanto para multifrecuencia como frecuencia fija.
- j) Se debe verificar que los equipos calificados sísmicamente correspondan a los modelos presentados por el fabricante.

Comentarios:

1. Letra i):

- ¿sólo los equipos deben cumplir con las normas sísmicas y tener respaldos? ¿las estructuras de soporte, fundaciones y otras obras civiles que también son diseño sísmico como las casas de comando, muros cortafuego, etc, no requieren de cumplir ni tener respaldos?
- No es claro que se quiere decir en el último párrafo:
 - ¿para qué se requiere una memoria de cálculo dinámica si se piden pruebas en mesa vibratoria?
 - Se subentiende que para todos los equipos sobre 35 kV el Coordinador podrá pedir mesa vibratoria, ¿eso es lo que se busca? La Propuesta NSCIGRÉ deja alternativas de que no para algunos equipos.
- Proponemos eliminar letra i) porque lo relevante está en el Artículo 7 y el resto no corresponde de acuerdo con los comentarios anteriores.

2. Letra j) es sísmica: se debe revisar redacción; debe quedar claro que es el "Coordinado" el responsable de esto

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

Artículo 8. Exigencias particulares (continuación)

- k) Los transformadores de poder deben considerar una memoria de cálculo sísmica preparada por un especialista calificado, considerando en especial los siguientes aspectos:
- Se entenderá por especialista calificado a un ingeniero civil estructural con al menos diez años de experiencia y al menos 20 revisiones o preparaciones de cálculos sísmicos incluido al menos dos transformadores con una potencia de un 70% o más de la potencia del transformador al cual se le prepara la memoria de cálculo.
- l) Las subestaciones GIS, híbridos compactos (HIS) e interruptores tipo estanque muerto deben considerar prueba en mesa vibratoria y una memoria de cálculo sísmica preparada por un especialista calificado, considerando en especial los siguientes aspectos,
- Se entenderá por especialista calificado a un ingeniero civil estructural con al menos diez años de experiencia y al menos 20 revisiones o preparaciones de cálculos sísmicos incluido al menos dos GIS-HIS-GIL de la misma clase de aislación del equipo al cual se le prepara la memoria de cálculo.
 - Si los equipos GIS requieren refuerzos estructurales para soportar los esfuerzos sísmicos, éstos no deben interferir en el mantenimiento y reparación de instalaciones montaje y desmontaje de cables y ductos (GIL) al equipo, etc.

Resto del texto para letras k) y l) no se colocan para poder agrupar en la misma presente lámina los comentarios

Comentarios:

1. Letra k y l):

- Se pide memoria de cálculo sísmica por un especialista calificado solo para estos equipos, ¿para los otros equipos no se requiere?
- ¿Debe ser un ingeniero civil estructural? ¿un ingeniero eléctrico con la experiencia que se define acá no sirve?
- ¿Es ésta la experiencia que se requiere? ¿cómo se comprueba? Los diseños son del proveedor, que normalmente es extranjero ¿se le va a exigir que demuestre esto? ¿y si no lo hace?

2. Letra l):

- ¿Cómo se prueba en Mesa Vibratoria un equipo GIS? Además, en el literal ii) de la página 7 del Anexo dice que es aceptable para las GIS el cálculo estático de la ETG 1.020 (ver página 13 de esta presentación)
- No se entiende el requisito final: los refuerzos deben ser definidos por el diseñador del equipo, ¿cómo va a definir algo que interfiera con el funcionamiento y montaje de su equipo? El equipo debe salir de fábrica aprobado (ver contrapropuesta en página 14 de esta presentación)

3. Se propone eliminar letras k) y l) completas. Lo señalado en el Anexo es nuevo, no ha estado antes en la NT. Es mejor esperar a que esté la Norma Cigré

TITULO II: EXIGENCIAS SISMICAS

➤ Fundaciones

- Nada se dice de requisitos sísmicos para ellas en el Título II a excepción de los equipos GIS
- Se debiera decir que las fundaciones deben cumplir con lo que se señala en el Título VII (ver comentario general en página 4 y propuesta en páginas 36 a 38 de esta presentación)

De los comentarios señalados al Título II, hay varios cambios que hacer.

Podemos redactar una propuesta de Título II completa en base a los comentarios y propuestas de redacción señaladas para algunas cláusulas en esta presentación.

TITULO III: EMPLAZAMIENTO DE SUBESTACIONES

Artículo 9. General

Las subestaciones deberán contener el espacio suficiente para recibir las instalaciones decretadas en los Planes de Expansión de la Transmisión vigentes y deberán permitir el acceso abierto a las instalaciones por parte de otros interesados.

El lugar de emplazamiento de la subestación debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- El terreno debe tener una pendiente entre 0,5% a 2% en todo el espacio requerido para la subestación y su contorno hasta 1 metro.
- Los tipos de terrenos en los cuales se emplazarán las subestaciones deberán ser tipo 2 o 3 según norma NCh 433. En casos calificados por el Coordinador se podrán utilizar otros tipos de terreno, previo informe fundado que justifique su utilización.
- Para efectos de emplazamiento se deben incluir y diseñar los acceso a vehículos tanto de montaje, carga u otros, tales que permitan efectuar el traslado de equipos, maquinaria y faenas, sin requerir modificaciones temporales o definitivas, del cierre perimetral, puertas de acceso, caminos exteriores o interiores, o requerir autorizaciones a propietarios de terrenos aledaños para efectos de movilizar los elementos ya mencionados.

Comentarios:

- Entendiendo que "Emplazamiento" es el lugar donde ésta la subestación, se propone eliminar la letra a):
 - ¿esto es terminaciones del nivel de superficie de la S/E o un requisito que debe tener el terreno donde se ubique la S/E?
 - Si es terminaciones, debe estar en V.1.5. Si es requisito del terreno, es demasiado limitante.

Comentarios (continuación):

- Letra b): Esta exigencia no corresponde, se debe eliminar
 - La NCh 433 es para Edificios y además el año 2010 modificó la clasificación de suelos de esa norma (DS 61-2010)
 - La clasificación de la NCh 433 y de la NCh 2369 es una clasificación sísmica y depende de la geología del lugar. Imponer este requisitos imposibilita ubicar SS/EE en muchos terrenos que si cumplen los otros requisitos (Artículos 10, 11 y 12)
 - Además, en general es el Decreto de Expansión el que define la ubicación de la S/E: radio de 5 km de...; seccionadoras en X longitud de la línea, etc. Esta exigencia de la Autoridad es incompatible con la letra b)
- Nada se señala sobre analizar riesgos geológicos en el lugar de emplazamiento, lo que es independiente con exigir un suelo sísmicamente bueno
- Falta exigencia de que se debe realizar un Informe de Mecánica de Suelos y cuales son los requisitos mínimos que debe tener este Informe

TITULO III: EMPLAZAMIENTO DE SUBESTACIONES

Artículo 9. General (continuación)

- En el Artículo 35, relacionado con la Plataforma de la S/E, está la siguiente frase que debe estar acá y debe ser la letra a)

El sitio no deberá estar ubicado en un cauce de agua ya sea continuo, recurrente, u ocasional dentro de un período de 100 años.

- Se debe agregar la exigencia de la Mecánica de Suelos. Se propone agregar el siguiente texto en reemplazo de la letra b) y referirlo a contrapropuesta de Artículo 136

Se deberá realizar un Informe de Mecánica de Suelos elaborado por un Ingeniero Geotécnico de acuerdo con lo señalado en el Artículo 136

TITULO V.1.5: CRITERIOS DE CONSTRUCCION DE PLATAFORMAS

Artículo 34. General

Las subestaciones deberán ser construidas sobre una plataforma plana, pero, con una pendiente mínima de 0.5% para los efectos de escurrimiento del agua y con todos los elementos necesarios para la evacuación del agua, malla de puesta a tierra, caminos de acceso, cercos, portones y espacio para el estanque separador agua-aceite, instalaciones contra incendio, etc.

En lo que sigue se describen las condiciones que deben cumplir estas instalaciones.

Comentarios:

- Si no hay necesidad de escurrimiento de agua, ¿igual se requiere la pendiente mínima de 0,5% o puede ser 0%?
- Si puede ser 0% (que es lo que da a entender la página 23 del Anexo) y el Artículo 34 es "General", **se recomienda reemplazar la parte inicial por:**

"Las subestaciones deberán ser construidas sobre una plataforma que considere los efectos de escurrimiento del agua cuando corresponda y todos elementos necesarios para la operación de la subestación tales como: malla de puesta a tierra....."

TITULO V.1.5: CRITERIOS DE CONSTRUCCION DE PLATAFORMAS

Artículo 35. Plataforma

El sitio no deberá estar ubicado en un cauce de agua ya sea continuo, recurrente, u ocasional dentro de un periodo de 100 años. También se debe determinar la profundidad de la capa freática en las diversas temporadas del año.

La plataforma deberá tener un tamaño suficiente como para albergar los patios y las instalaciones anexas tales como sala de control o de servicios generales, bodegas, estanques de superficie y subterráneos (si fueran necesarios), drenajes, caminos de acceso, etc. También debe quedar ubicado de tal manera que permita en el futuro realizar las expansiones previstas y previsibles hasta el tamaño máximo establecido para esta subestación de acuerdo a la cantidad de conexiones que se haya establecido para la subestación.

Se deberá realizar un estudio de mecánica de suelos mediante calicatas en diversos puntos del área que abarca la subestación. Una vez terminado el relleno, se debe realizar un estudio de mecánica de suelos mediante ensayos que verifiquen que el relleno cumpla los criterios especificados y para realizar o confirmar el diseño de las fundaciones. Cuando se utilice relleno se deberá utilizar el mismo material de la excavación del lugar, siempre y cuando éste cumpla con las especificaciones geomecánicas y de resistividad adecuadas. En caso de que no cumpla, se debe considerar material de relleno previamente especificado en el estudio de mecánica de suelos. Para depositar el relleno se debe compactar en capas según se especifique en un estudio específico.

En el caso de contemplar muros de contención, éste se debe diseñar para soportar la presión del relleno y los esfuerzos sísmicos que puedan ocurrir. El muro debe incluir barbacanas en caso de que el terreno a contener se sature de agua y el uso de barras de anclaje y/o zapata bajo el relleno.

Comentarios:

- Lo señalado en el primer párrafo no es un tema de la plataforma. Se debe eliminar:
 - La frase de la napa freática es un tema del Informe de Mecánica de Suelos
 - La frase sobre ubicación y el periodo de 100 años es del emplazamiento de la S/E. Debe estar en el Título III y ser la letra a) del Artículo 9
- El tercer párrafo tampoco es un tema de la plataforma, es del Informe de Mecánica de Suelos. Se debe eliminar

Ver comentarios al Título III en las páginas 22 y 23 de esta presentación

TITULO V.1.5: CRITERIOS DE CONSTRUCCION DE PLATAFORMAS

Artículo 35. Plataforma (continuación)

Todos estos estudios, memorias de cálculo mencionados anteriormente y las respectivas especificaciones de construcción deben haber sido preparados y revisados, en la etapa de supervisión de la obra a que se refiere el artículo xx de la Ley tratándose de obras de ampliación y conforme el artículo xx en el caso de obras nuevas.

En cuanto al diseño de la plataforma, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- a) La plataforma debe tener una pendiente óptima para el escurrimiento de aguas superficiales, entre aproximadamente 0.5% y 2%. El valor óptimo para esta pendiente se debe justificar a partir de un estudio de pluviometría tomando en consideración los cambios de tendencia en este sentido atribuibles al "cambio climático" en desarrollo.

Comentarios:

- Se sugiere eliminar todo el primer párrafo: lo señalado de documentos de respaldo y de que deben ser revisados es válido para cualquier elemento de estas Instalaciones, no para la plataforma como caso particular (además faltan los artículos marcados en color cyan)
- Comentarios a la letra a): ¿es necesario este estudio?, esto puede aumentar los plazos del proyecto y no ser concordante con los plazos que define el Decreto de Expansión
 - ¿Cómo se toma en consideración los cambios atribuibles al "cambio climático" en desarrollo? ¿existen estos estudios? ¿quien los hace? ¿se requiere de levantamiento de información de campañas estacionales? ¿se requiere de información estadística? ¿existirá esta información estadística para la zona de ubicación de la S/E?
 - Se propone eliminar la letra a)

TITULO V.3: EQUIPOS PRIMARIOS (EXIGENCIAS GENERALES Y CRITERIOS DE DISEÑO)

Artículo 79. Exigencias para los equipos

Comentarios Generales al Art. 79:

- Las letras b) @ l) del Artículo 79 son exigencias por tipo de equipo y en casi todas ellas se dice algo sobre las exigencias del Título II (las sísmicas) con distintas redacciones y que incluyen en algunos casos a las estructuras de soporte, lo que no corresponde porque las estructuras no forman parte de los criterios de diseño del equipo (ver comentarios al Artículo 7 en páginas 11 y 12 de esta presentación)
- Se recomienda eliminar los textos que tienen relación con el tema sísmico de las página 58 a la 62 del Anexo y **complementar la letra a) con un "punto adicional"** que solo señale lo siguiente: *"Los requisitos sísmicos establecidos en el Título II"*

Artículo 79. Exigencias para los equipos

A continuación, se enumeran las exigencias principales o básicas de los equipos primarios que se deben cumplir:

a) Exigencias generales

- La clase de aislación debe ser la inmediatamente mayor a la tensión nominal corregida por altitud más un 10% para tensiones menores a 300 kV y 5% para tensiones mayores o iguales a 300 kV, de forma de considerar la sobretensión máxima en condición de emergencia.
- El nivel básico de aislamiento (BIL) debe ser el máximo de la clase de aislación según lo establecido en los pliegos técnicos, verificado con un estudio de coordinación de aislación.
- La corriente nominal debe ser superior a la corriente máxima esperada para la aplicación en particular donde se instalará el equipo.
- La capacidad de ruptura debe ser mayor que la corriente de cortocircuito esperada para la subestación de acuerdo a lo establecido en los planes de expansión emitidos por la Comisión y que estén vigentes a la fecha de construcción de la subestación.
- Los requisitos sísmicos establecidos en el Título II*

TITULO V.3: EQUIPOS PRIMARIOS (EXIGENCIAS GENERALES Y CRITERIOS DE DISEÑO)

Artículo 79. Exigencias para los equipos (continuación)

k) Exigencias para equipos GIS

El diseño, fabricación y pruebas de los pararrayos debe cumplir con la norma IEC 62561-203

Las exigencias particulares para los equipos GIS son las siguientes:

- Las instalaciones GIS serán del tipo interior e instaladas en edificios apropiados con puente grúa y accesos adecuados para la instalación de los componentes GIS
- Las instalaciones GIS tendrán panel mímico y control local de sus componentes aparte de los tableros de control ubicados en el control centralizado de la subestación
- Los equipos GIS deben ser resistentes a sismos según lo establecido en el TÍTULO II de este Anexo
- Las obras civiles para las instalaciones GIS deben cumplir con lo establecido en el TÍTULO VII de este Anexo
- Las exigencias específicas para cada componente de una instalación GIS son las mismas que para los equipos AIS

Comentarios letra k) Equipos GIS:

- Primera frase hace referencia a otro equipo, se debe corregir
- Exigencia del "primer punto": ¿las GIS solo deben ser interior? ¿no pueden ser exterior?
- Eliminar "tercer punto" de acuerdo a comentario de página 27 de esta presentación
- Eliminar "cuarto punto": no corresponde
El Artículo 79 son exigencias de equipos, no corresponde señalar exigencias a las obras civiles; además, en el Título VII del Anexo no se dice nada de las OOC de las GIS.

TITULO V.3: EQUIPOS PRIMARIOS (EXIGENCIAS GENERALES Y CRITERIOS DE DISEÑO)

Artículo 79. Exigencias para los equipos (continuación)

m) Exigencias para trampa de onda

- Las trampas de onda deben ser del tipo suspendida mediante dos o tres cadenas de aisladores.
- Las trampas de onda deben soportar la corriente nominal y la corriente de cortocircuito de la línea a la cual están conectados.
- Sus características como frecuencia de corte, ancho de banda, ajustabilidad, etc., se determinarán según necesidades del sistema de comunicaciones.

Comentarios letra m) Trampas de Onda

- Se debe definir "del tipo suspendido"; señalar que son 2 o 3 cadenas de aisladores no es definición de "suspendido". La definición debe tener relación con que si el sistema de fijación debe resistir solicitaciones de momento o solo solicitaciones axiales.
- Para los otros equipos de este artículo (otras letras) se señalan las normas que deben cumplir. Falta esto para este equipo.

TITULO V.4: ESTRUCTURAS METALICAS PARA SS/EE

Comentarios generales al Título V.4 y sus Artículos 81 @ 85:

- Nada se dice de otro tipo de materiales para estructuras de SS/EE, ¿todas deben ser metálicas y además en perfiles laminados? ¿por qué?
- Artículo 82: En el Artículo 135 del Título VII "Exigencias de Diseño Civil" (página 90 del Anexo) se dice que las estructuras de líneas pueden ser de cualquier material, lo cual está bien. Como las estructuras altas cumplen la misma función que las estructuras de líneas (sostener conductores) ¿porqué en el Art.82 las estructuras altas de SSEE tienen exigencias diferentes si son lo mismo?
- Artículo 82: Ninguno de estos son requisitos que deban ser exigidos para las estructuras altas, ¿porqué no pueden ser de hormigón o monopostes, por ejemplo?. Lo que importa es que los materiales sean adecuados para el emplazamiento y resistan las solicitaciones.
- Artículo 82: ¿Por qué las estructura de soporte de equipos deben ser metálicas de perfiles laminados?. Lo que importa es que los materiales sean adecuados para el emplazamiento, cumplan los requisitos sísmicos y resistan las solicitaciones.

Comentarios generales. Continuación:

- Artículo 83 letras a) y b): El Anexo debiera señalar las principales solicitaciones que se deben tomar en cuenta, cuales son normales o eventuales y definir los Factores de Mayoración para cada caso, pero no definir las combinaciones de carga; estas combinaciones deben ser responsabilidad del diseñador y no de la NT ya que dependen de la situación particular de la estructura (alta o baja)
- Artículo 83 letra a): No hay ninguna razón para que los Factores de Sobrecarga en las estructuras altas sean diferentes de los de las estructuras de líneas, por lo que deben ser 1,5 y 1,2 (ver comentario en página 6 de esta presentación)
- Artículo 83 letra b): Los Factores de Sobrecarga de las estructuras bajas deben estar en el Título II (ver comentario al Artículo 7 en página 16 de esta presentación)
- Artículo 83: en zonas con hielo, no solo se debe adicionar el peso del manguito de hielo, se debe definir la condición de Viento con Hielo, que no es el mismo viento definido en este artículo, y se deben definir los factores de sobrecarga. Para el caso particular de las estructuras de soporte de equipos, además se debe definir el viento y hielo simultáneo con el sismo. Nada de esto se señala en el Anexo

TITULO V.4: ESTRUCTURAS METALICAS PARA SS/EE

Comentarios generales. Continuación:

- Artículo 84: Hay varias estructuras altas que son simples y no requieren de un software de diseño estructural; no debe corresponder a la NT exigir esto
- Artículo 84: Considerar o no efectos de 2° orden depende de la flexibilidad de la estructura y no de una imposición. Dejar esta frase se presta para que:
 - Existan y no sean considerados en el diseño, lo cual es un diseño que no tomará en cuenta todas las solicitudes
 - Se exija una estructura que sea rígida para que no tenga estas solicitudes adicionales, lo cual encarece innecesariamente la estructura y sus fundaciones ya que el diseño no se puede optimizar
- Artículo 84: Para las estructuras de soporte de equipos se señalan requisitos sísmicos que no corresponde que estén acá, deben estar todos en el Título II
- Artículo 85: La ASCE 10-15, como su nombre lo dice, es para estructuras de transmisión en perfiles laminados, donde “estructuras de transmisión” para la ASCE corresponde a estructuras donde se instalan conductores. En consecuencia, no es para estructuras de soporte de equipos independiente del material que tengan estas estructuras. Cómo la ASCE 10-15 no corresponde para el diseño de estructuras de soporte de equipos, ¿con qué norma se deben diseñar?

Para no eliminar el Título V.4, en la página siguiente se presenta una propuesta de redacción para mantener los números de los Artículos y no modificar la numeración del resto del Anexo.

Con la redacción propuesta se deriva todo lo que corresponde al Título VII “Requisitos de Diseño Civil” que es donde debe estar y se deja acá solo lo que corresponde a la particularidad de las subestaciones; esto permite diseñar con cualquiera de las normas de diseño que corresponda: para torres reticuladas de perfiles laminados, para monopostes tubulares, para atirantadas, para hormigón, etc

TITULO V.4: ESTRUCTURAS METÁLICAS PARA SS/EE

Recomendaciones:

1. **Cambiar el nombre del Título V.4** por **"Estructuras para subestaciones"**
2. **Artículo 81 General:** **eliminar la palabra "metálicas"**
3. **Artículo 82 Materiales:** para no eliminarlo y con esto modificar toda la numeración de artículos, **se propone reemplazarlo por:**
Los materiales de las estructuras deberán cumplir con lo señalado en el Título VII "Exigencias de Diseño Civil"
4. **Artículo 83 Solicitaciones:** para no eliminarlo y con esto modificar toda la numeración de artículos, **se propone reemplazarlo por:**
 - Para estructuras altas: una contrapropuesta que describa las solicitaciones principales, similar a lo que debe ser para líneas
 - Para estructuras bajas: señalar que corresponden a las solicitaciones propias del equipo al cual soportan
 - Señalar que los Factores de Mayoración o Sobrecarga se señalan en el Título VII "Exigencias de Diseño Civil"

Recomendaciones. Continuación

5. **Artículo 84:** para no eliminarlo y con esto modificar toda la numeración de artículos, **se propone reemplazarlo por:**
 - Cambiar "título" por **Requisitos de desplazamientos**
 - *Las estructuras altas deberán cumplir con los desplazamientos máximos señalados en el Manual ASCE 113 "Substation Structure Design Guide"*
 - *Las estructuras bajas deberán cumplir con los requisitos de rigidez señalados en el Título II "Requisitos Sísmicos"*
6. **Artículo 85:** para no eliminarlo y con esto modificar toda la numeración de artículos, **se propone reemplazarlo por:**
El diseño de las estructuras se deberá realizar de acuerdo con lo señalado en el Título VII "Exigencias de Diseño Civil" y también con lo señalado en el Título II "Requisitos Sísmicos" cuando corresponda.

TITULO VII: EXIGENCIAS DE DISEÑO CIVIL

Artículo 135. Estructuras

Las estructuras de las líneas pueden ser de acero galvanizado reticulado (Torres autoportadas) o bien postes de hormigón o fibra de vidrio moldeados o centrifugados, de preferencia pretensados para líneas pesadas. Ocasionalmente, por motivos estéticos y de acuerdo a las exigencias del estudio de impacto ambiental, se hace necesario el uso de postes metálicos tubulares o “monopostes”.

Las torres autoportadas deben incluir escalines en dos cantoneras diametralmente opuestas a partir de una altura mayor, pero alcanzable con una escala portátil. Los monopostes también deben incluir gradas y espaldera y riel para cuerda de vida. Además, deberán incorporar todos los accesorios necesarios para la construcción y el mantenimiento de las instalaciones.

La deformación horizontal máxima permisible de una torre autoportada, considerando cargas aplicadas sin factores de seguridad (cargas de trabajo) debe ser:

$$\Delta_{max} = \frac{H}{150}$$

Donde H corresponde a la altura de la estructura, medida hasta el marco superior del pilar (bajo la extensión para el cable de guardia).

En el diseño de las torres autoportadas se deben considerar los factores de sobrecarga de acuerdo a la norma NSEG 5 o el PLIEGO TÉCNICO NORMATIVO: RPTD N° 11.

En el caso de las estructuras para subestaciones, éstas serán del tipo enrejado de perfiles de acero galvanizado en caliente y apemadas. Las estructuras metálicas denominadas altas, corresponden a los marcos de línea, marcos de barra y pilar cable de guardia. Por otra parte, las estructuras bajas de subestaciones corresponden a las estructuras de soporte diseñadas para el montaje de los equipos primarios de patio, tales como los desconectores, paramayos, transformadores de corriente y de potencial y aisladores de pedestal, entre otros.

El diseño de la estructura de soporte debe considerar que el conjunto equipo-estructura, deberá tener un comportamiento rígido, por lo cual debe verificarse que el conjunto tenga una frecuencia mayor a 30 Hz o mayor a cuatro veces la frecuencia natural del equipo propiamente tal. La masa a considerar en el cálculo de la frecuencia debe ser la masa de la estructura más la masa del equipo.

En el caso de las estructuras altas de subestaciones, se seguirá el mismo criterio de deformación horizontal máxima permisible que las torres autoportadas.

Comentarios generales a Art.135:

1. Este Título debe ser general para que sea válido para todas las estructura y sus fundaciones. Entre otros, no debe repetir ni contradecir lo que se dice en otras secciones del anexo, en particular en el Título II (requisitos sísmicos)
2. No debe haber diferencias entre estructuras de líneas y estructuras de SS/EE (ver comentarios en página 6 de esta presentación)
3. ¿No se aceptan torres atirantadas? ¿Por qué se dice que los postes tubulares solo son si hay exigencias medioambientales, no pueden usarse si no lo exige el SEIA?
4. La deformación es para cualquier estructura, no solo para torres autoportadas, y no es por una condición de operación; es para definir cuando se debe considerar los efectos de 2° orden (P-delta) (ver comentario en página 31 de esta presentación). Estructuras que son altas y esbeltas no lo pueden cumplir, ¿no se pueden instalar? Si no se pueden instalar, ¿Cómo se hacen las estructuras de cruces de cuerpos de agua por ejemplo?
5. Los Factores de Sobrecarga se deben definir en este Anexo y no remitirlo a los Pliegos (además que ya están señalados en otras partes del anexo)
6. No se debe decir nada de a lo que corresponden las estructuras bajas, ya está dicho en el Artículo 83.b), ni nada sobre el tema de la rigidez, que debe estar solo en el Título II
7. Los criterios de deformación de las estructuras altas no son los de las líneas. Ver comentario en la página 32 de esta presentación

TITULO VII: EXIGENCIAS DE DISEÑO CIVIL

Artículo 135. Estructuras (continuación)

Las estructuras metálicas, tanto de líneas de transmisión como subestaciones deberán cumplir como mínimo con las siguientes normas y códigos de diseño:

- AISC:Manual of Steel Construction Allowable Stress Design.
- ASCE 10:Design of Steel Transmission Structures.
- ASTM A36:Structural steel.
- ASTM A572:High – strength low-alloy structural steel.
- ASTM A325:High – strength bolts for structural steel joints.
- ASTM A394:Steel transmission towers bolts zinc coated.
- ASTM A6:General requirements for rolled structural steel bars.
- NCh 203:Acero para uso estructural.
- NCh 432:Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.
- AWS:Structural welding Code-Steel D1.1.
- AISC 341-10:Seismic Provisions for Structural Steel Buildings.

Todas las estructuras metálicas se deben diseñar con perfiles ángulos laminados y compactos. Las uniones deben ser empalmadas. No se deberá usar soldaduras con el fin de evitar daños en el galvanizado de los perfiles. En las estructuras bajas de subestaciones, es posible ejecutar soldaduras en la unión entre cantonera y placa base y en la unión del marco superior de las estructuras. Las soldaduras deben provenir de maestranza bajo procesos controlados y realizadas por personal calificado. Las soldaduras deberán cumplir con lo estipulado en las normativas AWS D1.1 y AISC 360.

Comentarios generales a Art.135 (continuación):

8. Si se va a dejar las ASCE 10-15, deben citarse las normas para postes tubulares, torres atirantadas, estructuras de hormigón, etc. Se propone eliminarla
9. Si se va a dejar la NCh 203 debe señalarse que es solo para planchas de conexión
10. Se debe eliminar la NCh 432. No aplica para instalaciones de transmisión (Tutorial Cigré Abril 2017)
11. Se debe eliminar la AISC 341-10, es una norma sísmica que se usa en Chile para los diseños que no cubre la NCh 2369 y que no aplica a los sistemas de transmisión
12. Se debe eliminar el último párrafo completo, hay soldaduras en los postes tubulares, en la fijación del marco superior de las estructuras de soporte, en las placas base de las estructuras altas, etc.

En la lámina siguiente se señala nuestra propuesta de modificación al Art. 135

TITULO VII: EXIGENCIAS DE DISEÑO CIVIL

Artículo 135. Estructuras. Contrapropuesta

a. Materiales

Los materiales de las estructuras deberán ser los adecuados para:

- Las condiciones meteorológicas y ambientales del lugar de emplazamiento de la subestación
- El propósito funcional requerido
- Soportar adecuadamente todos los esfuerzos a los que se verán sometidos
- Cumplir con las exigencias sísmicas del Título II cuando corresponda

De ser necesario, para cumplir con el requisito señalado en la letra a), se deberán considerar sistemas de protección complementarios para el material elegido, tales como: galvanizado, pintura, sistemas dúplex, imprimantes, otros.

Todos los materiales deberán contar con los respectivos certificados de calidad.

Para las estructuras que requieran soldaduras, dichas soldaduras deberán ser ejecutadas en fábrica por soldadores calificados y deberán contar con los respectivos certificados de calidad.

Para las estructuras metálicas se deben considerar las siguientes normas:

- ASTM A36: Structural steel.
- ASTM A572: High – strength low-alloy structural steel.
- ASTM A325: High – strength bolts for structural steel joints.
- ASTM A394: Steel transmission towers bolts zinc coated.
- ASTM A6: General requirements for rolled structural steel bars.
- AWS: Structural welding Code-Steel D1.1.
- Norma EN 10025, calidades S275 y S355

Otras normas serán aceptables en la medida que el Coordinado demuestre mediante informes de homologación que son equivalentes a las normas aquí señaladas.

b. Tipos de estructuras

Las estructuras podrán ser reticuladas de acero, monopostes de acero, postes de hormigón, autosoportadas, atirantadas y en general cualquier configuración y material que sea la adecuada para el propósito funcional requerido y que cumpla con lo señalado en la letra a) precedente.

La elección del material y tipo de estructura deberá tomar en cuenta todos los accesorios necesarios para la correcta construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones

c. Diseño de las estructuras

El diseño de las estructuras deberá realizarse de acuerdo con los Factores señalados en el Artículo 137 y de acuerdo con las respectivas normas internacionales correspondientes al tipo de estructura elegido.

Para el caso particular de estructuras de líneas de transmisión atirantadas, el diseño de éstas deberá ser explícito en señalar cuál es su condición de estabilidad y resistencia con 1 tirante cortado y deberá ser concordante con el procedimiento estructural que debe definirse en la etapa de diseño para el reemplazo de tirantes durante la serviciabilidad de la línea.

El diseño de las estructuras altas de subestaciones y el diseño de las estructuras de líneas deberá considerar los efectos de 2º orden, o efecto P-Delta, cuando los desplazamientos máximos, considerando las cargas aplicadas sin Factor de Mayoración, son mayores a

$$\Delta = \frac{H}{150}$$

Donde H corresponde a la altura de la estructura medida sin considerar el canastillo para cable de guardia.

TITULO VII: EXIGENCIAS DE DISEÑO CIVIL

Comentarios generales a Art.136: Fundaciones

1. Nada se dice, entre otros, sobre exigencias de cumplimiento de área comprimida, que es una exigencia de diseño relevante
2. Informe de Mecánica de Suelos debe ser más que lo que acá se dice (ver comentario en página 23 de esta presentación)
3. Lo que dice aplica solo a fundaciones independientes por “pata de torre”. Nada se dice para fundaciones que tienen solicitaciones de momento, como son las de estructuras de base angosta (pilares enrejados con sus 4 patas en 1 fundación, estructuras de soporte de equipos, líneas en monopostes tubulares, otros casos)

A continuación se señala nuestra propuesta de modificación al Art. 136

Artículo 136. Fundaciones. Contrapropuesta

Artículo 136. Fundaciones

a. Informe de Mecánica de Suelos

Para cada subestación o línea se deberá realizar un Informe de Mecánica de Suelos elaborado por un Ingeniero Geotécnico que señale a lo menos:

- Riesgos geológicos del lugar de emplazamiento tales como derrumbes, deslizamientos de laderas, fallas geológicas, avalanchas, rodados, avenidas de agua, otros, y recomendaciones de obras de mitigación y/o medidas precautorias si corresponde
- Clasificación sísmica del suelo según NCh 2369
- Tipos de exploración y ensayos realizados para determinar las características geotécnicas, los que deben ser concordantes con los tipos de fundaciones que se van a diseñar
- Características geotécnicas del suelo existente
- Ubicación de la napa freática detectada en la exploración y la que se debe considerar en el diseño
- Parámetros geotécnicos para diseño de fundaciones, plataformas, rellenos estructurales, etc.
- Características y parámetros de los eventuales reemplazos de suelo según defina el Informe

TITULO VII: EXIGENCIAS DE DISEÑO CIVIL

Artículo 136. Fundaciones. Contrapropuesta (continuación)

b. Diseño de fundaciones

(Artículos 5.17.1 @ 5.17.5 del Pliego 10 que se publicó para consulta pública + otros)

- 5.17.1 Las fundaciones podrán ser dados y zapatas aisladas, dados y zapatas corridas, losas y plateas de fundación (radier), pilas, pilotes, ancladas en roca, otros.
- 5.17.2 El diseño de las fundaciones deberá hacerse de acuerdo con los parámetros de diseño y recomendaciones señalados en el Estudio de Mecánica de Suelos correspondiente.
- 5.17.3 El diseño de las fundaciones deberá considerar las siguientes solicitaciones y sus combinaciones, según corresponda:
 - a. Compresión, Corte, Volcamiento Uniaxial, Volcamiento biaxial.
 - b. Tracción, Corte, Volcamiento Uniaxial, Volcamiento biaxial.

- 5.17.4 El diseño de las fundaciones deberá cumplir con los siguientes criterios de estabilidad general:

a. Estabilidad a la compresión

La tensión de compresión máxima en el suelo no sobrepasará la tensión admisible, tanto para solicitaciones normales como para solicitaciones eventuales.

b. Estabilidad al volcamiento

Para fundaciones diseñadas sin colaboración lateral del suelo, se deberá cumplir que el área de apoyo comprimida de la fundación sea de:

- 100% para solicitaciones normales.
- 80% mínimo para solicitaciones eventuales.

Para fundaciones diseñadas con colaboración lateral del suelo (diseño conocido como Método de Sulzberger), se deberá cumplir que el ángulo de giro de la fundación "a" sea tal que $\text{tg}(a) < 0.01$.

c. Estabilidad al deslizamiento:

La resistencia total al deslizamiento, minorada por los factores de seguridad (FS) que se señalan en la Tabla N° 1, deberá ser mayor o igual a la solicitación deslizante de diseño.

TITULO VII: EXIGENCIAS DE DISEÑO CIVIL

Artículo 136. Fundaciones. Contrapropuesta (continuación)

TABLA N° 1

Fuerza Resistente	FS Caso Normal	FS Caso Eventual
Friccionante	1,5	1,3
Cohesiva	4,0	3,0
Empuje Pasivo	4,0	3,0

d. Estabilidad al arrancamiento

La fuerza resistente al arrancamiento deberá ser mayor o igual a 1,1 veces la solicitud de arrancamiento amplificada obtenida del análisis.

Reemplazar letra d) por

*"La fuerza resistente al arrancamiento deberá ser mayor o igual a 1,1 veces la solicitud de arrancamiento **amplificada por el Factor de Seguridad o por el Factor de Mayoración definido en el Artículo 137 según corresponda***

5.17.5 Fundaciones en cuyo diseño se considera que el suelo colabora en la estabilidad de ésta, deberán construirse respetando las consideraciones utilizadas en el diseño para asegurar que se desarrolla dicha colaboración del suelo. En los planos de construcción de estas fundaciones deberán indicarse las especificaciones técnicas para ejecutar las excavaciones, el hormigonado y los rellenos correspondientes.

Agregar 5.17.6

Quando la instalación contemple en su diseño fundaciones tipo pilas, pilotes, ancladas en roca y otro tipo de fundaciones donde lo señalado en las cláusulas 5.17.4.b) y/o 5.17.4.c) no pueda ser aplicado, el Informe de Mecánica de Suelos deberá definir los criterios de diseño que sean equivalentes a los señalados en dichas cláusulas para dicho tipo de fundación

TITULO VII: EXIGENCIAS DE DISEÑO CIVIL

Artículo 137. Factores de seguridad

En la siguiente tabla se establecen los factores de seguridad mínimos para las estructuras y fundaciones

Estado de carga	Factor de seguridad
Estados de carga normales en estructuras	1,7
Estados de carga de montaje en estructuras	1,5
Estados de carga eventuales en estructuras	1,3
Estados de carga normales en fundaciones a la tracción	2,3
Estados de carga normales en fundaciones a la compresión	1,9 sobre cargas no mayoradas
Estados de carga de montaje en fundaciones a la tracción	2,0 sobre cargas no mayoradas
Estados de carga de montaje en fundaciones a la compresión	1,7 sobre cargas no mayoradas
Estados de carga eventuales en fundaciones a la tracción	1,8 sobre cargas no mayoradas
Estados de carga eventuales en fundaciones a la compresión	1,5 sobre cargas no mayoradas

Comentarios a los Factores de Seguridad y a los Factores de Mayoración están señalados en páginas anteriores de esta presentación.

A continuación se señala nuestra propuesta de modificación al Art. 137

Artículo 137. Factores de Seguridad y Factores de Mayoración o Sobrecarga

a. Definiciones

- Se entenderá como Factor de Seguridad a aquellos factores que minoran la resistencia del diseño para tomar en cuenta las variaciones de la resistencia real con respecto a la resistencia nominal del material, con respecto al modo de falla (dúctil o frágil) y/o con respecto al diseño/fabricación/construcción propiamente tal
- Se entenderá como Factor de Mayoración o Factor de Sobrecarga a aquellos factores que mayoran las solicitaciones para tomar en cuenta la variación de la carga real con respecto a la carga nominal y para tomar en cuenta la probabilidad de cargas simultáneas cuando se combinan cargas diferentes en un mismo Estado de Carga de diseño

TITULO VII: EXIGENCIAS DE DISEÑO CIVIL

Artículo 137. Factores de seguridad. Contrapuesta (continuación)

b. Factores de Seguridad

- Estructuras o partes de estructuras cuyos elementos tengan modos de falla frágil, tales como son los postes de hormigón, deberán diseñarse considerando un Factor de Seguridad mínimo de 2,0 para solicitaciones de servicio, ya sean solicitaciones normales o eventuales.
- Los tirantes de las estructuras atirantadas deberán diseñarse considerando un Factor de Seguridad mínimo de 2,0 para solicitaciones de servicio, ya sean solicitaciones normales o eventuales. Los sistemas de anclaje de los tirantes a la fundación, tales como barras con ojo y otros elementos, deberán diseñarse considerando un Factor de Seguridad mínimo de 2,5 para solicitaciones de servicio, ya sean solicitaciones normales o eventuales
- Estructuras metálicas de acuerdo con las normas señaladas en el Artículo 134 deberán diseñarse con los Factores de Mayoración que se señalan en la letra c) del presente artículo y los requisitos de diseño señalados en sus respectivas normas de diseño.
- Las fundaciones deberán diseñarse de acuerdo con las exigencias y factores de seguridad señalados en el Artículo 136

c. Factores de Mayoración o Factores de Sobrecarga

- Las estructuras de soporte de equipos deberán diseñarse de acuerdo con los Factores señalados en el Artículo 7.
- Las estructuras altas de subestaciones y las estructuras de líneas de transmisión deberán diseñarse de acuerdo con los siguientes factores mínimos:

	Factor Mayoración o Sobrecarga
Condiciones Normales en zonas sin hielo Viento máximo, ángulo, remate, desequilibrio por tensiones mecánicas de conductor en torres de anclaje	1.5
Condiciones Normales en zonas con hielo Hielo máximo, viento con hielo, ángulo, desequilibrio por tensiones mecánicas de conductor para viento con hielo, remate para viento con hielo	1.4
Condiciones Eventuales Ejemplos: cortadura de conductores, mantenimiento, montaje, tendido, desequilibrio de hielo, torsión por hielo	1.2

- Las fundaciones deberán diseñarse de acuerdo con las exigencias y factores de mayoración señalados en el Artículo 136