



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN

NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

11 de Junio de 2019

Marcela Aravena
Ingeniero Civil Estructural

marcela.aravena@ingtegral.cl

Socia Colegio de Ingenieros
Socia CIGRE

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

CONTENIDO DE LA PRESENTACIÓN

1. Requisitos sísmicos actuales
2. Equipos eléctricos: ¿Cuál es el sistema real bajo solicitud sísmica? ¿Cuál es la aceleración en la base del equipo?
3. Como especificar los requisitos sísmicos del equipo y como diseñar la estructura que lo soporta
4. Por qué es necesario actualizar el Espectro Sísmico de Diseño
5. Por qué es necesario definir los requisitos sísmicos para el diseño de las otras estructuras y obras civiles dentro de la instalación
6. Principales temas incluidos en la Propuesta de Norma Sísmica preparada por CIGRE Chile
7. Donde estamos hoy, 11 de Junio de 2019



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL



1. REQUISITOS SÍSMICOS ACTUALES

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

1. REQUISITOS SÍSMICOS ACTUALES. Contexto General

- ❖ Toda norma o reglamento técnico define los requisitos mínimos que se deben cumplir...pero su rango de validez disminuye con el tiempo.
- ❖ Objetivo básico de las normas sísmicas: la protección de la vida.
- ❖ Objetivo adicional de la NCh 2369-2003 “Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”:
Entre otros: Evitar o reducir a un tiempo mínimo la paralización de la operación de la industria.
Aplicabilidad: excluye explícitamente Centrales de Generación y Líneas y Subestaciones Eléctricas.
- ❖ Sistema eléctrico requiere pronta operatividad después de un sismo:
 - Impacto social: seguridad ciudadana, pronta disponibilidad de atención de los servicios de urgencia.
 - Impacto económico en muy corto plazo: como se repone el país después de un terremoto si no hay energía disponible.⇒ requisitos de exigencia sísmica deben ser mayores que para cualquier otra instalación a nivel país
- ❖ Para la Autoridad, el sismo no es causal de fuerza mayor.

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

1. REQUISITOS SÍSMICOS ACTUALES. Normas oficiales

❖ NTSyCS (Mayo 2018)

TÍTULO 3-2 EXIGENCIAS GENERALES

Artículo 3-3

Las instalaciones de unidades generadoras que operen interconectadas a un SI y 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 Télégraf 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). Para asegurar la calidad sísmica, 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).

Para las instalaciones existentes a la fecha de vigencia de la presente NT, también serán aplicables las normas sísmicas 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.

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:

- Solicita que las estructuras de soporte de equipos tengan "frecuencia de 30 Hz"
- Define requisitos para bushing de transformadores
- Menciona los equipos GIS y sus ductos GIL

- b) Las instalaciones tanto de generación como de transmisión deberán permitir que el SI opere cumpliendo las exigencias establecidas en la presente NT.

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

1. REQUISITOS SÍSMICOS ACTUALES. Normas oficiales

❖ Análisis NTSyCS (Mayo 2018):

- Normas Sísmicas Nacionales: excluyen explícitamente las instalaciones de generación y transmisión por lo tanto no son aplicables.
- ETG 1.020 de Ingendesa se señala como de 1998 pero su origen son los **requisitos para equipos eléctricos de subestaciones** (“a nivel de piso”) de la ETG 1.015 de Endesa que es de 1987: es de hace 30 años, equipos que han cambiado en 30 años tanto por materiales como por tecnología.
- IEEE 693-2005: **requisitos para equipos eléctricos de subestaciones** (“a nivel de piso”), desarrollada para la realidad de Estados Unidos, sismos cuyo origen tectónico y comportamiento es distinto a los sismos chilenos...entre otros nuestro sismos son de mucha mayor duración.
- Ninguna de las normas/especificaciones señaladas aplica a las unidades de generación.

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

1. REQUISITOS SÍSMICOS ACTUALES. Normas oficiales

Algunas Reflexiones

- ¿Cómo diseñamos las instalaciones nuevas?
- ¿Qué pasa con los equipos que no están considerados en los alcances de la ETG 1.020 o IEEE 693-2005?
- ¿Qué pasa cuando la “exigencia de los 30 Hz” no es el único requisito que debe cumplir hoy la estructura de soporte?
- ¿Cómo diseñamos las estructuras y fundaciones de los equipos?
- ¿Cuál es el rango de validez para Chile de la IEEE 693-2005? (¿espectro, cargas simultáneas con el sismo?)
- ¿Cuál es el rango de validez de la ETG 1.020 para las necesidades del STx del Chile de hoy?
- ¿Cómo diseñamos las Casas de Mando, Salas Eléctricas y las otras estructuras y obras civiles que están dentro de las instalaciones eléctricas?
- ¿Qué pasa con los equipos eléctricos que se están instalando en altura?
- ¿Cómo se diseñan las centrales de generación?



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL



1. REQUISITOS SÍSMICOS ACTUALES. Normas oficiales

Si los requisitos sísmicos oficiales no dan respuesta a las reflexiones señaladas, entonces, a la fecha, Chile no tiene la Norma Sísmica que necesita para el diseño de las Instalaciones del sector de energía eléctrica

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

1. REQUISITOS SÍSMICOS ACTUALES. Normas oficiales

¿Cuál es el problema de no tener una Norma Sísmica para las Instalaciones Eléctricas?

Los actores del sistema (proveedores, ingeniería, dueños de las instalaciones, revisores y autoridades) tienen distintas interpretaciones para las especificaciones técnicas de equipos y para los criterios de diseño que se requiere cumplir, lo que lleva a desigualdades competitivas entre los distintos licitantes de las obras de expansión del Sistema de Transmisión, en particular cuando estas interpretaciones y discrepancias van en beneficio económico y no de la seguridad de la instalación, **entendiendo como seguridad la minimización de los daños y la pronta reposición del servicio.**

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

1. REQUISITOS SÍSMICOS ACTUALES. Publicación CIGRE Chile 2012

Origen de Requisitos estructura y fundaciones para equipos de S/E en Publicación CIGRE Chile 2012

ETG A.021 – 2005 Transelec (V1)
 (ETG A.010-2005 Transelec V1)

Explicita las solicitaciones sísmicas estáticas para estructuras y fundaciones de los equipos a los que refiere la ETG 1.020/A.020 (equipos tradicionales) en base a lo que dice la ETG 1.015. Se incorpora por primera vez que las fundaciones de equipos pueden ser diseñadas para la aceleración propia del lugar de la instalación (Zonificación NCh)



2001/2002: ETG A.20 Transelec: equipos eléctricos de S/E (V1)

1998: ETG 1.020 de Ingendesa: equipos eléctricos de S/E según ETG 1.015

1987: ETG 1.015 de Endesa: todo tipo de instalaciones de Endesa.

03 Marzo 1985:
Ms 7.8 + zona de ruptura 120 km + duración 120 seg

2010-2012: CIGRE Chile

- 2010: Convoca a un Comité de Estudio Temporal para analizar el comportamiento de las instalaciones.
- **Octubre 2010:** Seminario “Comportamiento del Sector Eléctrico Chileno durante el Sismo del 27F” ⇒ entre otros, se señala la necesidad de tener una norma sísmica nacional.

Publicación CIGRE Chile 2012: Lecciones y Recomendaciones del 27F-2010



- **Documento público**, al alcance de cualquiera; **pero no es norma** por lo que no es obligatorio (salvo que se cite como documento del Contrato).
- **Alcance general: Equipos eléctricos, sus estructuras y sus fundaciones.**
- **Estructuras y fundaciones:** Explicita lo que estaba en la ETG A.0.21 del 2005.

Concepto tema sísmico en Pliegos SEC Junio 2015

Equipos según NTSyCS + estructuras y fundaciones según Publicación Cigre 2012. **A la espera de que se haga la norma sísmica nacional de Tx.**
 (texto elaborado por Grupo de Trabajo de EE para actualización NSEG 5 y 6 periodo 2012-2013)

Concepto tema sísmico en Sección 14.14 Prop. Actualización NCh 2369 Dic. 2018

Equipos según NTSyCS + estructuras y fundaciones según Publicación Cigre 2012. **A la espera de que se haga la norma sísmica nacional de Tx.**

27 Febrero 2010:
Mw 8.8 + zona de ruptura 400 km + duración 2 minutos 50 segundos + maremoto + licuefacción de suelos

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

1. REQUISITOS SÍSMICOS ACTUALES. Propuesta Norma Sísmica SGx (no para STx)

Nuevo Capítulo 14 en la propuesta de actualización NCh 2369: “Sistemas de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica”

- ❖ Grupo de Trabajo iniciado en 2015 para la actualización NCh 2369 “Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales” por encargo del Ministerio de la Vivienda al Instituto de la Construcción. Estuvo en Consulta Pública a fines del 2018.
- ❖ Versión vigente es del 2003 y excluye explícitamente Centrales de Generación y Líneas y Subestaciones Eléctricas. Grupo de Trabajo decide incluirlo junto con requisitos sísmicos para otros sectores ⇒ Da origen al Capítulo 14 “Sistemas de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica”.
- ❖ **Objetivo para STx: a la espera de que se haga la norma sísmica nacional, Nueva Oportunidad de incorporar en un documento que será obligatorio, los requisitos sísmicos tradicionales para estructuras y fundaciones de equipos tradicionales** (ETG 1.020) (oportunidad anterior fue lo que en el Grupo de Trabajo a cargo de EE desarrollamos el 2012 – 2013 para la actualización NSEG 5 y 6 y que dio origen a los Pliegos que SEC tuvo en consulta pública el 1^{er} Semestre 2015).
- ❖ **Capítulo 14: Deben cumplir con la NTSyCS; Espectro ETG 1.015 (más exigente que NCh 2369); criterios de diseño asociados a la necesidad de serviciabilidad después del sismo, por lo que son aplicables a cualquier sistema de generación y son concordantes con el STx:**
 - Centrales de Generación en Capítulo 14: Criterios particulares principalmente para aerogeneradores y centrales termoeléctricas.
 - STx en Capítulo 14 (Sección 14.14)
 - Cumplir con la NTSyCS e [incorpora los mismos requisitos sísmicos para estructuras y fundaciones de equipos de la Publicación CIGRE Chile 2012](#) (principalmente dice lo mismo que escribimos para los Pliegos SEC).
 - Señala en varias cláusulas que los requisitos sísmicos están definidos en los documentos emitidos por “los Organismos Técnicos correspondientes al Ministerio de Energía”, dejando el tema abierto a la espera de la definición de estos requerimientos normativos por parte de la CNE de acuerdo con lo señalado en el Artículo N°72-19 de la Ley 20.936 (Julio 2016).

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

1. REQUISITOS SÍSMICOS ACTUALES. Propuesta Norma Sísmica STx

2016 – 2018 CIGRE Chile: Propuesta de Norma Sísmica para Instalaciones Eléctricas A.T

- ❖ Octubre 2016 CIGRE Chile: Inicio Grupo de Trabajo para elaborar los Requisitos Sísmicos para Inst. Eléctricas A.T para la CNE.
 - **Objetivo: Desarrollar para la CNE una normativa sísmica unificada para las Instalaciones Eléctricas A.T**
 - Profesionales del sector eléctrico, pertenecientes a empresas del área eléctrica, universidades y empresas consultoras de ingeniería.
 - Reunión de inicio cuenta con la participación de un representante de la CNE.
- ❖ Septiembre 2018: entrega de CIGRE Chile a la Comisión Nacional de Energía del documento **“Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión”** como **Propuesta de Norma Sísmica** para ser considerada en el Plan Normativo del año 2019 si así la CNE lo estimaba conveniente.
- ❖ 05 de Octubre de 2018: entrega de CIGRE Chile a la Ministra de Energía de los Informes Técnicos **“Informe Propuesta de Norma Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión”** e **“Informe de Recomendaciones de Cambios Regulatorios en la Distribución de Electricidad en Chile”**.
- ❖ Diciembre 2018:
 - 03/dic: Tutorial de CIGRE Chile **“Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas A.T: en camino hacia una Norma Sísmica Nacional”**
 - Divulgación oficial del documento **“Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión”** como Recomendación CIGRE.
 - Habilitación de casilla de correo sismo@cigre.cl para canalizar consultas y contribuciones hasta el 30 de abril.

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

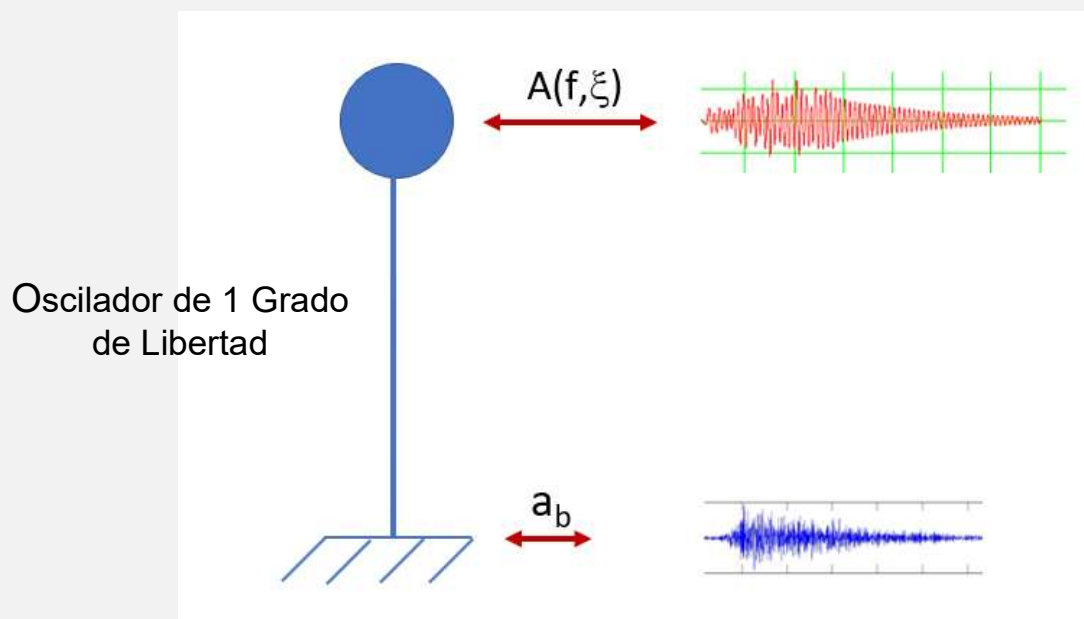
2. EQUIPOS ELÉCTRICOS:

¿CUÁL ES EL SISTEMA REAL BAJO SOLICITACIÓN SÍSMICA?

¿CUÁL ES LA ACELERACIÓN EN LA BASE DEL EQUIPO?

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

2. EQUIPOS ELÉCTRICOS: ¿Cuál es el sistema real bajo solicitud sísmica? ¿Cuál es la aceleración en la base del equipo?



$A(f, \xi)$ = aceleración de respuesta a la aceleración basal a_b , que depende de la frecuencia (f) y la amortiguación (ξ) del oscilador.

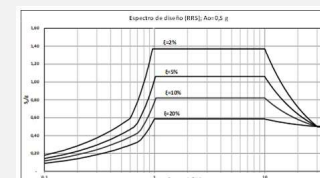
a_b = aceleración en la base del oscilador.

En general, Equipo es un Oscilador de 1 Grado de Libertad

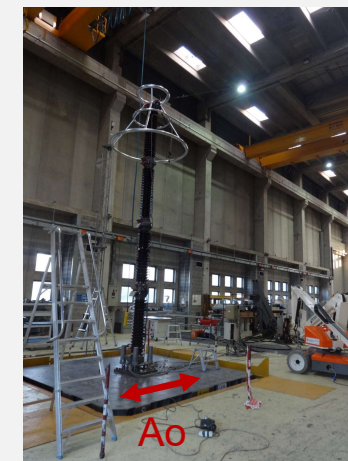
SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

2. EQUIPOS ELÉCTRICOS: ¿Cuál es el sistema real bajo sollicitación sísmica? ¿Cuál es la aceleración en la base del equipo?

- ❖ Análisis estático/dinámico del equipo considera que la aceleración $a_b = A_o = 0.5g$, en la base del equipo, y que en el centro de gravedad del equipo se tiene una aceleración de respuesta $A(f, \xi)$ de acuerdo con el Espectro de Respuesta.



- ❖ Ensayo en mesa vibratoria considera que la aceleración $a_b = A_o = 0.5g$, en la base del equipo o en la base de la estructura, según sea el ensayo, y que en el centro de gravedad del equipo se tiene una aceleración de respuesta $FA(f, \xi)$



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

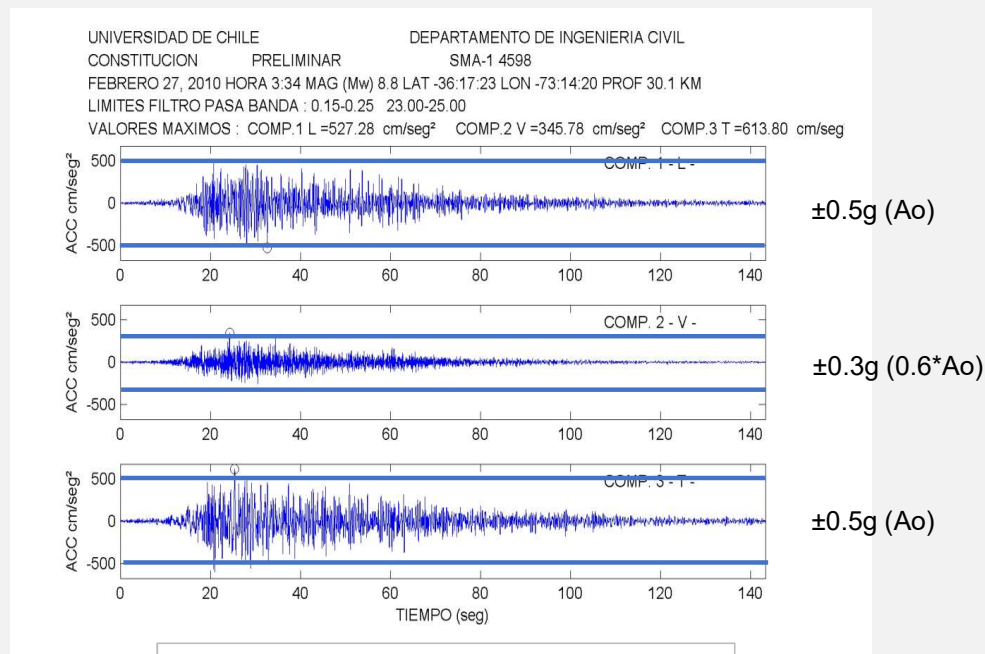
2. EQUIPOS ELÉCTRICOS: ¿Cuál es el sistema real bajo sollicitación sísmica? ¿Cuál es la aceleración en la base del equipo?

➤ ¿Qué es A_0 y dónde está ubicada?

A_0 = Aceleración Basal que caracteriza la intensidad de la sollicitación sísmica de diseño.

(Cláusula 1.2.1 "Recomendación de Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión", Documento Técnico de CIGRE Chile Septiembre 2018)

$A_0 = 0.5g$ corresponde a Zona 3 según Zonificación Sísmica Nacional



FUENTE:
 Registros del Terremoto del Maule Mw= 8.8 27 de Febrero de 2010
 R. Boroscheck - P. Soto - R. León
 Universidad de Chile - Facultad de Cs. Físicas y Matemáticas - Depto. de Ingeniería Civil

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

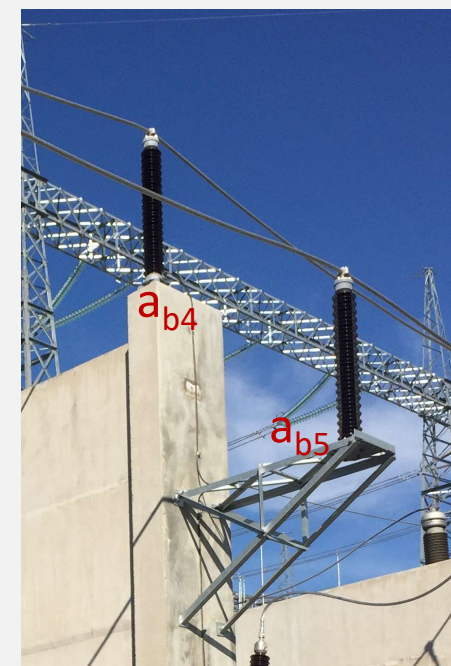
2. EQUIPOS ELÉCTRICOS: ¿Cuál es el sistema real bajo sollicitación sísmica? ¿Cuál es la aceleración en la base del equipo?

Si A_0 es la aceleración que produce el sismo:

- ¿Cuál es la aceleración a_b que está en la base del equipo?
- Para un mismo equipo, la aceleración a_b que está en su base, ¿es la misma independiente de donde se coloque el equipo?

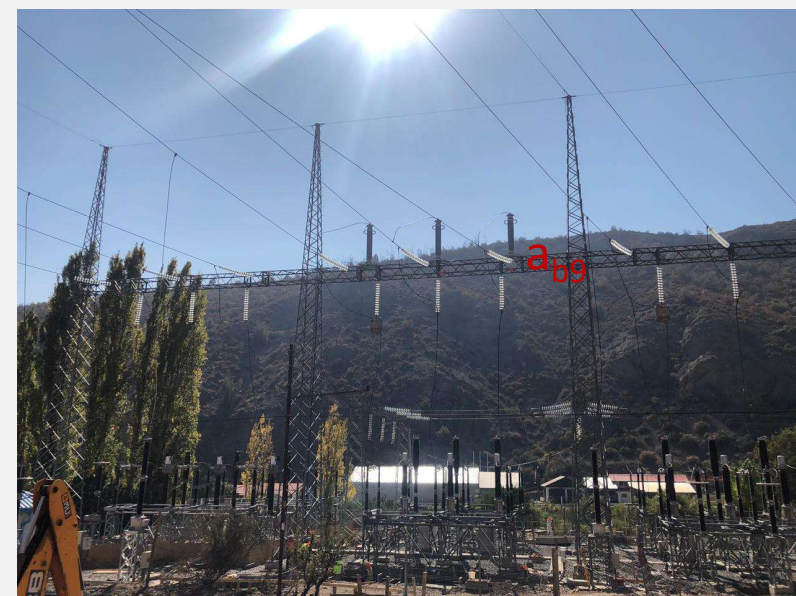
SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

2. EQUIPOS ELÉCTRICOS: ¿Cuál es el sistema real bajo sollicitación sísmica? ¿Cuál es la aceleración en la base del equipo?



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

2. EQUIPOS ELÉCTRICOS: ¿Cuál es el sistema real bajo solicitud sísmica? ¿Cuál es la aceleración en la base del equipo?



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

2. EQUIPOS ELÉCTRICOS: ¿Cuál es el sistema real bajo sollicitación sísmica? ¿Cuál es la aceleración en la base del equipo?

➤ ¿Cuál es la aceleración a_b que está en la base del equipo?

Depende de lo que hay entre donde está A_0 y la base del equipo, es decir, depende de:

- el tipo de suelo (más rígido o más flexible sísmicamente)
- la fundación (y lo que hay sobre ella)
- la estructura que lo soporta

➤ ¿Puedo hacer algo para que la aceleración a_b que está en la base sea conocida?

Si, se deben especificar requisitos para el equipo según sea donde vaya a ser colocado + se deben especificar requisitos para la estructura y fundación que lo soporta.



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

2. EQUIPOS ELÉCTRICOS: ¿Cuál es el sistema real bajo sollicitación sísmica? ¿Cuál es la aceleración en la base del equipo?

⇒ Lo que está sometido a la sollicitación sísmica
no es solo el equipo

**ES EL SISTEMA
EQUIPO + ESTRUCTURA + FUNDACION + SUELO**



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

3. COMO ESPECIFICAR LOS REQUISITOS SÍSMICOS DE UN EQUIPO

+

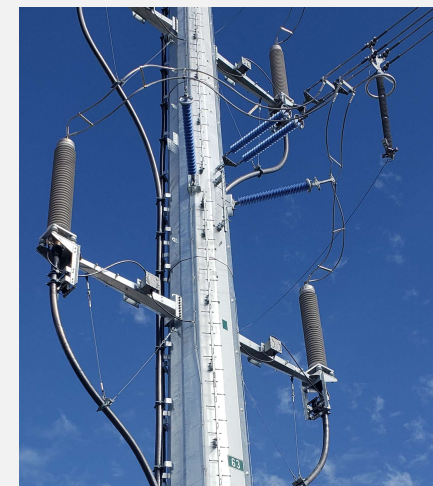
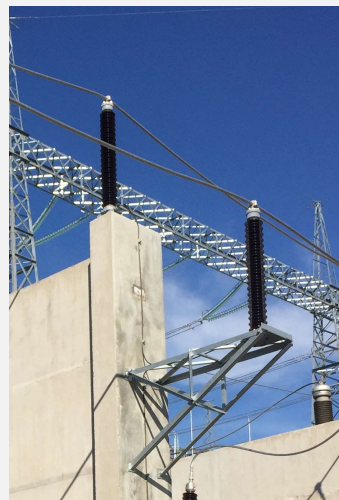
COMO DISEÑAR LA ESTRUCTURA QUE LO SOPORTA

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

3. COMO ESPECIFICAR LOS REQUISITOS SÍSMICOS DE UN EQUIPO + COMO DISEÑAR LA ESTRUCTURA QUE LO SOPORTA

Los requisitos sísmicos que debe cumplir un equipo dependen de donde se instala, por lo tanto, son dependientes de los requisitos sísmicos que se definan para la estructura que lo soporta (y para la fundación).

Esto está resuelto en el documento “Recomendación de Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión”, Documento Técnico de CIGRE Chile 2018.



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

3. COMO ESPECIFICAR LOS REQUISITOS SÍSMICOS DE UN EQUIPO + COMO DISEÑAR LA ESTRUCTURA QUE LO SOPORTA

- ✓ Si el equipo se instala en una estructura cuya función ES ser soporte de equipo (estructuras bajas), es decir “a nivel de piso”

El equipo se puede especificar considerando que su aceleración en la base a_b es $A_0 = 0.5g$ siempre y cuando el diseño de su estructura y fundación cumplan ciertos requisitos, los que dependerán de si se puede o no hacer un análisis simplificado (Método Estático = tradicional) del comportamiento real del sistema (dinámico).



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

3. COMO ESPECIFICAR LOS REQUISITOS SÍSMICOS DE UN EQUIPO + COMO DISEÑAR LA ESTRUCTURA QUE LO SOPORTA

- ✓ Como diseñar de estructuras de soporte de equipos “a nivel de piso” para que la aceleración en la base del equipo a_b sea lo más parecido a A_0 .
- ❖ Cuando el diseño puede ser mediante Análisis Estático Civil (diseño tradicional):
 - Con los requisitos para determinar las solicitaciones sísmicas para Análisis Estático según el documento “Recomendación de Requisitos Sísmicos...” de CIGRE Chile.
 - Con los requisitos **Globales** (se complementa lo que se estaba utilizando) y **Locales** (“nuevo”) que debe cumplir la estructura de soporte según el documento “Recomendación de Requisitos Sísmicos...” de CIGRE Chile.
- ❖ Cuando el análisis estático no es representativo del comportamiento del sistema ⇒ mediante análisis dinámico: (nuevo)
 - Con los requisitos para determinar las solicitaciones sísmicas para Análisis Dinámico según el documento “Recomendación de Requisitos Sísmicos...” de CIGRE Chile.
 - Con los requisitos **Locales** que debe cumplir la estructura de soporte según el documento “Recomendación de Requisitos Sísmicos...” de CIGRE Chile.



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

3. COMO ESPECIFICAR LOS REQUISITOS SÍSMICOS DE UN EQUIPO + COMO DISEÑAR LA ESTRUCTURA QUE LO SOPORTA

Si el equipo se instala en una estructura cuya función **NO ES ser soporte de equipo**, los requisitos de diseño de esa estructura quedan definidos por su propia función y **NO** se pueden imponer los requisitos sísmicos globales que se imponen a las estructura bajas para considerar que a_b es similar a A_o , por lo que,

Es el equipo el que se debe especificar para que resista la aceleración a_b que tendrá en su base y que será bastante mayor que A_o

¿Se puede conocer a_b en este caso? Se puede acotar su valor.

En el documento “Recomendación de Requisitos Sísmicos ...” de CIGRE Chile se la define como $A'o$ y se acota su valor imponiendo requisitos sísmicos locales a la estructura donde se monta el equipo.



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

3. COMO ESPECIFICAR LOS REQUISITOS SÍSMICOS DE UN EQUIPO + COMO DISEÑAR LA ESTRUCTURA QUE LO SOPORTA

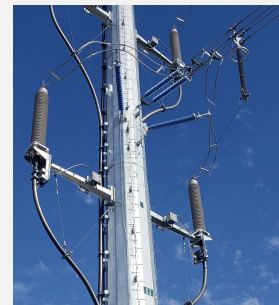
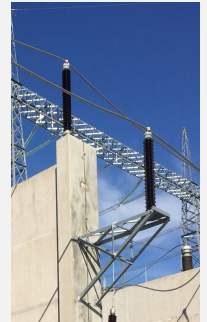
✓ Como especificar un equipo que no se instala “a nivel de piso” (nuevo)

Considerando los Factores de Amplificación K_h a la aceleración horizontal y K_v a la aceleración vertical señalados en el documento “Recomendación de Requisitos Sísmicos...” de CIGRE Chile, factores que dependen del tipo de estructura donde se instale el equipo: parrón, estructura alta (marco de líneas, marco de barras, estructura de línea), pisos superiores dentro de edificios o salas, muros cortafuegos, otros casos.



✓ Cuales son los requisitos sísmicos que debe cumplir la estructura para ese equipo (nuevo)

- ❖ Requisitos de Locales, Restricciones de Desplazamientos, otros requisitos señalados en el documento “Recomendación de Requisitos Sísmicos...” de CIGRE Chile.
- ❖ En el caso de las estructuras altas, además se debe considerar el Estado de Carga de Sismo como una solicitud adicional a las propias de su función de acuerdo con lo señalado en la Sección 3.10 del documento “Recomendación de Requisitos Sísmicos...” de CIGRE Chile.



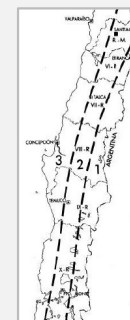
SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

4. POR QUÉ ES NECESARIO ACTUALIZAR EL ESPECTRO SÍSMICO DE DISEÑO

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

4. POR QUÉ ES NECESARIO ACTUALIZAR EL ESPECTRO SÍSMICO DE DISEÑO

- ❖ Todo Espectro de Diseño depende del tipo de suelo.
- ❖ Si en los parámetros que definen el Espectro no hay parámetros asociados al tipo de suelo, se debe explicitar el rango de validez de suelo para el cual dicho Espectro es válido.
- ❖ Grupo de Trabajo de CIGRE Chile revisa el Espectro ETG-1.020 de acuerdo con la tipología sísmica de suelos definida en el DS N°61-2011 (consecuencia del 27F-2010), encontrándose la necesidad de actualizarlo para ser válido con equipos actuales que son más flexibles junto con suelos sísmicos también más flexibles, estos últimos ya presentes en Instalaciones de Alta Tensión y bastante probables de seguir teniendo (Tipo D según DS N°61-2011).
- ❖ Documento de “Recomendación de Requisitos Sísmicos...” de CIGRE Chile 2018 incorpora el Espectro Actualizado



FUENTE:
 Tutorial de CIGRE Chile del 03/12/2018: Requisitos Sísmicos en Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión: en camino hacia una Norma Sísmica Nacional



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL



5. POR QUÉ ES NECESARIO DEFINIR LOS REQUISITOS SÍSMICOS PARA EL DISEÑO DE LAS OTRAS ESTRUCTURAS Y OBRAS CIVILES DENTRO DE LA INSTALACIÓN

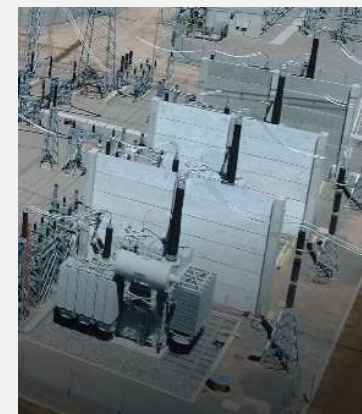
SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

5. POR QUÉ ES NECESARIO DEFINIR LOS REQUISITOS SÍMICOS PARA EL DISEÑO DE LAS OTRAS ESTRUCTURAS Y OBRAS CIVILES DENTRO DE LA INSTALACIÓN

- ❖ Considerando el **nivel de serviciabilidad requerido para las Instalaciones de Alta Tensión**, es necesario que los parámetros que definen la sollicitación sísmica para el diseño de este tipo de obras no queden a nivel de interpretación entre los distintos actores.

⇒ Se requiere definir explícitamente los Criterios de Diseño de las OO.CC

- ❖ Sección 3.11 del documento “Recomendación de Requisitos Sísmicos...” de CIGRE Chile los define, haciendo énfasis en la limitación que debe tener el **Factor de Modificación de la Respuesta R** que se utiliza en la determinación de la sollicitación sísmica para estos diseños con respecto a los valores definidos en otras normas sísmicas nacionales.





SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL



6. PRINCIPALES TEMAS QUE SE INCLUYEN EN LA PROPUESTA DE NORMA SÍSMICA ELABORADA POR CIGRE CHILE

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

6. PRINCIPALES TEMAS QUE SE INCLUYEN EN LA PROPUESTA DE NORMA SÍSMICA ELABORADA POR CIGRE CHILE

- ❖ Definición de su alcance: para líneas y subestaciones eléctricas que conforman la Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión, incluyendo las subestaciones elevadoras de las centrales de generación. Para las centrales de generación comenta la incorporación del nuevo capítulo en la propuesta de actualización de la NCh 2369.
- ❖ Definición de quienes deben considerar los requisitos sísmicos de la norma: Proveedores, Diseñadores, **Revisores**, Contratistas y Dueños o Responsables de las instalaciones.
- ❖ Definición de responsabilidad para los distintos actores.
- ❖ Entrega requisitos sísmicos concordantes para el sistema real que se mueve, independiente que el diseño de los componentes sea realizado por distintos profesionales, y para toda la Instalación.
- ❖ Actualización de requisitos para la necesidad del STx de hoy, incluyendo: actualización del Espectro Sísmico de Diseño, incorporación de requisitos para equipos no tradicionales (GIS, Bancos de Condensadores), incorporación de requisitos para equipos que no se pueden instalar “a nivel de piso”, incorporación de metodologías de diseño cuando el “diseño de tradicional” no es posible de utilizar.

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

APORTE DE LA PROPUESTA DE NORMA SÍSMICA ELABORADA POR CIGRE CHILE Y ENTREGADA A LA CNE

- ✓ Un solo documento sísmico para toda la instalación del STx: equipos, estructuras de soporte, fundaciones, otras estructuras y obras civiles de las instalaciones.
- ✓ Un documento que en ningún caso define requisitos de mayor exigencia a los equipos tradicionales ni a sus estructuras de soporte y fundaciones; solamente los aclara y define su rango de validez, incorporando nuevos métodos de análisis y nuevos requisitos cuando el equipo, su estructura o su fundación, quedan fuera del rango de validez del diseño tradicional.
- ✓ Un documento actualizado para las necesidades del STx de hoy.
- ✓ Un documento elaborado por un grupo de profesionales transversal y de gran experiencia.
- ✓ Un documento que responde los puntos de reflexión señalados en la lámina 7, excepto los requisitos sísmicos para las unidades de generación.

SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL

DONDE ESTAMOS HOY, 11 DE JUNIO 2019

Necesidad de una Norma Sísmica Nacional para Generación:

- ❖ Equipo conformado por el INN está en proceso de análisis de lo recibido durante la Consulta Pública de la NCh 2369, incluido el Capítulo 14, por lo que **los requisitos sísmicos que requiere el Sistema de Generación continúan su camino a ser norma nacional.**

Necesidad de una Norma Sísmica Nacional para Transmisión:

- ❖ CIGRE Chile está en proceso de análisis de lo recibido al 30 de abril, principalmente observaciones de forma y consultas, por lo que el documento de “Requisitos Sísmicos...” entregado a la CNE como Propuesta de Norma Sísmica en Septiembre 2018 no requiere de cambios de fondo.
- ❖ Varios diseñadores y revisores estamos utilizando el documento de “Requisitos Sísmicos...” de CIGRE Chile, pero no es norma, por lo que no es obligatorio salvo que se cite como documento del Contrato.
- ❖ Por razones de agenda, CNE no incorporó el documento de “Requisitos Sísmicos...” en su Plan Normativo 2019.
- ❖ **Los requisitos sísmicos que requiere el Sistema de Transmisión fueron elaborados por CIGRE Chile y entregados, pero aún no inician su proceso para ser norma nacional.**



SOLICITACIONES SÍSMICAS EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN: NECESIDAD DE UNA NORMA SÍSMICA NACIONAL



**MUCHAS
GRACIAS**