



Resolución Ministerial

N° 430-2018-VIVIENDA

Lima, 27 DIC. 2018

VISTOS: Los Informes N° 1365 y N° 1908-2018-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS-DC de la Dirección de Construcción; los Memorandos N° 819 y N° 1181-2018-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS de la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento; el Informe N° 007-2018-CPARNE de la Comisión Permanente de Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones - CPARNE; y,

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 6 de la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS, establece que el Ministerio es el órgano rector de las políticas nacionales y sectoriales dentro de su ámbito de competencia, que son de obligatorio cumplimiento por los tres niveles de gobierno en el marco del proceso de descentralización, y en todo el territorio nacional; teniendo como competencia exclusiva, entre otras, el dictar normas y lineamientos técnicos para la adecuada ejecución de las políticas nacionales y sectoriales;

Que, el literal d) del artículo 82 del Reglamento de Organización y Funciones del MVCS, aprobado por el Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por el Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA, señala que la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento, tiene como función proponer actualizaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones en coordinación con los sectores que se vinculen, en el marco de los Comités Técnicos de Normalización, según la normatividad vigente;

Que, el Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, aprueba el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como instrumento técnico normativo que rige a nivel nacional, el cual contempla sesenta y nueve (69) Normas Técnicas; asimismo, en los artículos 1 y 3 señalan que corresponde al MVCS aprobar mediante Resolución Ministerial, las normas técnicas de acuerdo al citado Índice, así como sus variaciones según los avances tecnológicos;

Que, el numeral 1 del artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de proyectos normativos y difusión de normas legales de carácter general, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, señala que las entidades públicas dispondrán la publicación de los proyectos de normas de carácter



general que sean de su competencia en el Diario Oficial El Peruano, en sus portales electrónicos o mediante cualquier otro medio, en un plazo no menor de treinta (30) días antes de la fecha prevista para su entrada en vigencia, salvo casos excepcionales, permitiendo que las personas interesadas formulen comentarios sobre las medidas propuestas;

Que, mediante los documentos de vistos, la Dirección de Construcción de la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento propone la modificación del numeral III.2 Estructuras del Índice del Reglamento Nacional Edificaciones, aprobado por el Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, incorporando la Norma Técnica E.031 "Aislamiento Sísmico", a fin que se constituya en el instrumento técnico que subsane el vacío existente en la materia, así como uniformice la práctica usual y contribuya a garantizar la continuidad operativa de los servicios calificados como esenciales, por lo que resulta necesario disponer su publicación, a efectos de recibir las sugerencias y comentarios de las entidades públicas y privadas, y de la ciudadanía en general, dentro del plazo de diez (10) días hábiles, contado a partir del día hábil siguiente de publicada la presente Resolución Ministerial en el Diario Oficial El Peruano;

De conformidad con lo dispuesto por la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA; y, el Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de proyectos normativos y difusión de normas legales de carácter general, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Publicación del Proyecto

Dispóngase la publicación del proyecto de Decreto Supremo que incorpora la Norma Técnica E.031 "Aislamiento Sísmico" al Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE, su Anexo y su Exposición de Motivos, en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), a efectos de recibir las sugerencias y comentarios de las entidades públicas y privadas, y de la ciudadanía en general, dentro del plazo de diez (10) días hábiles, contado a partir del día hábil siguiente de publicada la presente Resolución Ministerial en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo 2.- Consolidación de Información

Encárguese a la Dirección de Construcción de la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento, la consolidación y evaluación de las





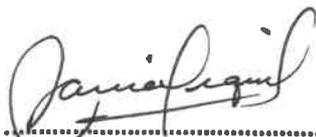
Resolución Ministerial

sugerencias y comentarios al proyecto citado en el artículo precedente, presentados a través del portal institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe/ministerio/enlaces_de_interes) en el link "Proyecto de Decreto Supremo que aprueba la Norma Técnica E.031 Aislamiento Sísmico".

Artículo 3.- Encargo de publicación

Encárguese a la Oficina General de Estadística e Informática la publicación de la presente Resolución y del proyecto de Decreto Supremo a que se refiere el artículo 1, en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Regístrese, comuníquese y publíquese.


.....
JAVIER PIQUÉ DEL POZO
Ministro de Vivienda,
Construcción y Saneamiento



DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA LA NORMA TÉCNICA E.031 AISLAMIENTO SÍSMICO EN EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

DECRETO SUPREMO N° -2018-VIVIENDA

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, es competencia del Ministerio formular, normar, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar las políticas nacionales y sectoriales en materia de vivienda, construcción, saneamiento, urbanismo y desarrollo urbano, bienes estatales y propiedad urbana, para lo cual dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento;

Que, el numeral 1 del artículo 9 de la citada Ley establece entre las funciones exclusivas del MVCS, desarrollar y aprobar tecnologías, metodologías o mecanismos que sean necesarios para el cumplimiento de las políticas nacionales y sectoriales, en el ámbito de su competencia;

Que, el Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, aprueba el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, en adelante RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como instrumento técnico normativo que rige a nivel nacional, el cual contempla sesenta y nueve (69) Normas Técnicas;

Que, mediante Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA se aprueba sesenta y seis (66) Normas Técnicas del RNE, comprendidas en el referido Índice, y se constituye la Comisión Permanente de Actualización del RNE, encargada de analizar y formular las propuestas para la actualización de las Normas Técnicas;

Que, mediante Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA, se aprueba la modificación de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente", incorporándose en él la exigencia de que en determinadas zonas sísmicas del país se dote a la categoría de Edificaciones Esenciales A1, establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel según lo normado por el Ministerio de Salud, de sistemas de aislamiento sísmico en todas las edificaciones nuevas;

Que, con Informe N° 007-2018-CPARNE de fecha 12 de noviembre de 2018, el Presidente de la Comisión Permanente de Actualización del RNE, los Memoranda N° 819 y N° -2018-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS, de la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento, sustentados en los Informes N° 1365 y N° -2018-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS-DC de la Dirección de Construcción, respectivamente, se propone la aprobación de la Norma Técnica E.031 "Aislamiento Sísmico", la misma que ha sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión conforme al Acta de aprobación de la Septuagésima Primera Sesión de fecha 29 de octubre de 2018, que forma parte del expediente correspondiente;

Que, conforme a los documentos indicados, resulta pertinente disponer la incorporación de la Norma Técnica E.031 "Aislamiento Sísmico" en el Reglamento Nacional de Edificaciones; y,



De conformidad con lo dispuesto en numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; el numeral 3) del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y su Reglamento de Organización y Funciones, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA;

DECRETA:

Artículo 1.- Modificación del Reglamento Nacional de Edificaciones

Modificar el numeral III.2 del Índice del Reglamento Nacional de Edificaciones aprobado por el artículo 2 del Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, incorporando la Norma Técnica E.031 Aislamiento Sísmico.

Artículo 2.- Aprobación de la Norma Técnica E.031 “Aislamiento Sísmico” del Reglamento Nacional de Edificaciones

Aprobar la Norma Técnica E.031 “Aislamiento Sísmico” del Reglamento Nacional de Edificaciones, la misma que como Anexo forma parte integrante de la presente norma.

Artículo 3.- Publicación y Difusión

Publíquese el presente Decreto Supremo y la Norma Técnica aprobada en el artículo 2, en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), el mismo día de la publicación del presente Decreto Supremo en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo 4.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Aplicabilidad de la norma en los proyectos de inversión pública y privada en ejecución

La Norma Técnica E.031 “Aislamiento Sísmico” es aplicable a los proyectos de inversión pública o privada que, a la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, no cuenten con expediente técnico aprobado en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones - Invierte.pe o en los que no se haya tramitado la licencia de edificación ante las Municipalidades, respectivamente.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima a los



DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA LA NORMA TÉCNICA E.031 AISLAMIENTO SÍSMICO EN EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

De acuerdo a la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, es competencia del citado Ministerio formular, normar, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar las políticas nacionales y sectoriales en materia de vivienda, construcción, saneamiento, urbanismo y desarrollo urbano, bienes estatales y propiedad urbana, para lo cual dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento.

La Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento – DGPRCS del Viceministerio de Construcción y Saneamiento del MVCS, tiene, entre otras funciones, proponer la actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE, en coordinación con los sectores que se vinculen, en el marco de los Comité Técnicos de Normalización, de acuerdo a lo dispuesto en el literal d) del artículo 82 del Reglamento de Organización y Funciones -ROF del MVCS, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA.

En ese sentido, la Dirección de Construcción de la DGPRCS, en cumplimiento de su función de elaborar y difundir normas en materia de construcción, de alcance nacional, propone la incorporación y aprobación de la Norma Técnica E.031 “Aislamiento Sísmico” en el Reglamento Nacional de Edificaciones- RNE, proyecto normativo que ha sido elaborado con la participación del Comité Técnico de Normalización, en el marco de la normatividad vigente.

Problemática y necesidad

El Perú, requiere de ingentes inversiones en infraestructura de transporte y comunicaciones, hospitales, centros educativos, vivienda social, conjuntamente con el esfuerzo del sector privado con inversiones en sectores como agricultura, vivienda, industria, minería y otros, con la finalidad de mejorar la prestación de servicios públicos y en beneficio del ciudadano.

Nuestro país se encuentra ubicado en una zona de alta sismicidad y por tanto, está sometido a eventos de magnitud destructiva con relativa frecuencia, los cuales ya han cobrado gran número de víctimas y han producido enormes pérdidas económicas al país, no obstante, la ingeniería sísmica ha progresado enormemente en las últimas décadas con el estudio del efecto de los sismos sobre las obras civiles y la actualización continua de las normas de diseño sismorresistente, logrando una paulatina mejora en el nivel de protección contra eventos sísmicos.

Alrededor del mundo se vienen desarrollando sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía que tienen por objeto disminuir el efecto de los sismos sobre las edificaciones reduciendo la demanda sísmica de esfuerzos y deformaciones sobre las estructuras.

Aunado a ello, si bien con las diferentes modificaciones a la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente, aprobadas por Decretos Supremos N° 002-2014-VIVIENDA y N° 003-2016-VIVIENDA, se ha optimizado el diseño de las estructuras haciéndolas más resistentes y rígidas y menos vulnerables, así como con la incorporación de disposiciones para la aplicación de “Sistemas de Protección Sísmica, específica para el caso de Establecimientos de



Salud”, categorizados como Edificaciones Esenciales A1; no obstante, no se cuenta con una norma técnica nacional que desarrolle los lineamientos técnicos mínimos y demás especificaciones a ser considerados en el diseño y ejecución del sistema de aislamiento sísmico, por lo que el proyecto normativo tiene como finalidad cerrar este vacío incorporando una nueva norma técnica al Reglamento Nacional de Edificaciones.

Proceso de formulación de la propuesta normativa

En el año 2013, el Ministerio de Salud solicitó al MVCS facilitar el uso de tecnología de Aislación y Disipación Sísmica en las edificaciones más importantes del sector salud mediante la modificación del Reglamento Nacional de Edificaciones y gestionar la conformación de un Comité Técnico de Normalización para la elaboración de normativa sobre aislamiento y disipación sísmica.

A raíz de ello, la Dirección de Construcción dispuso la conformación del Comité Técnico de Normalización de la Norma sobre Aisladores y Disipadores Sísmicos, con participación de los principales actores públicos y privados en la materia y profesionales de reconocida experiencia, como son la Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO, la Universidad Ricardo Palma, GCAQ Gallegos Casabonne Arango Quesada, Ministerio de Salud - Dirección General de Operaciones en Salud, CDV Representaciones, Universidad Nacional de Ingeniería - UNI, Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP, Colegio de Ingenieros del Perú - CIP, Prisma Ingenieros S.A.C., Postensa, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED y el Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres – CISMID, entre otros, a fin que elaboren y presenten una propuesta normativa sobre aislamiento y disipación sísmica.

Durante el proceso de formulación del proyecto normativo, y a pesar de las modificaciones a la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, anteriormente mencionadas, el Comité Técnico de Normalización, recomendó que la norma técnica de Aislamiento Sísmico sea tramitada como una nueva Norma Técnica denominada E.031 “Aislamiento Sísmico” y sea incorporada al RNE.

De conformidad con lo establecido en el artículo 7 del Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, el proyecto normativo cuenta con la aprobación de la Comisión Permanente de Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones – CPARNE, conforme al Acta de aprobación de la Septuagésima Primera Sesión de fecha 29 de octubre de 2018, que forma parte del expediente correspondiente.

Por último, mediante Resolución Ministerial N° ...-2018-VIVIENDA, el MVCS dispone la publicación del proyecto normativo en el diario oficial El Peruano, a fin que los interesados formulen aportes, comentarios y observaciones a la misma, habiendo cumplido la Dirección de Construcción con recoger estos aportes y adecuar el proyecto normativo en base a los mismos.

Contenido de la Norma Técnica E.031 Aislamiento Sísmico

La Norma Técnica E.031 Aislamiento Sísmico contiene un índice, ocho (08) capítulos, cuarenta y tres (43) artículos y tres (3) anexos.

Los aspectos principales desarrollados en la propuesta normativa son los siguientes:

- En el Capítulo II “Requisitos Generales de Diseño”, se establecen los lineamientos técnicos a cumplir referente al desarrollo y presentación del proyecto, características

técnicas a indicar en los planos, configuración del sistema estructural, sistema de aislamiento, elementos estructurales y componentes no estructurales.

- En el Capítulo III "Definición del movimiento del terreno", se establecen los lineamientos técnicos sobre el espectro de diseño y los registros de aceleración del suelo a emplear en los procedimientos de respuesta tiempo – historia.
- En el Capítulo IV "Selección del Procedimiento de análisis para estructuras aisladas", se establecen los aspectos técnicos a cumplir respecto al diseño de las estructuras sísmicamente aisladas, detallándose el procedimiento del análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes en el Capítulo V y, el procedimiento de análisis dinámico, en el Capítulo VI.
- En el Capítulo VII "Revisión del diseño", se desarrolla los criterios para la revisión del diseño.
- En el Capítulo VIII "Ensayos", se desarrolla los aspectos técnicos para la validación de propiedades de los aisladores, estableciéndose como exigencia la remisión de los ensayos de cualificación de los dispositivos de aislamiento por parte del fabricante al proyectista, los criterios técnicos sobre los ensayos de los aisladores prototipos, la verificación de la calidad de los ensayos, los ensayos de aisladores de obra y los criterios de aceptación para el sistema de aislamiento.

ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO

La aprobación de la Norma Técnica E.031 "Aislamiento Sísmico" tiene como objeto establecer, dentro de la normativa nacional, los lineamientos técnicos mínimos que se deben cumplir en el diseño del sistema de aislamiento, en la elaboración de especificaciones técnicas del sistema en la presentación del proyecto, ensayos a realizarse y control de calidad respectivo de los dispositivos para las edificaciones que contemplen el uso de Aisladores Sísmicos.

Con la incorporación de la Norma Técnica E.031 "Aislamiento Sísmico" al ordenamiento jurídico vigente, se dota de seguridad jurídica a la actuación de potenciales inversionistas, que atiendan las necesidades de los establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel -según lo normado por el Ministerio de Salud-, con la finalidad de brindar servicios de alta necesidad a los ciudadanos, garantizando, a su vez, la continuidad operativa de los citados establecimientos.

En ese sentido, el proyecto normativo no irroga gastos adicionales al tesoro público, como tampoco a los inversionistas, debido a que su objeto está orientado a subsanar el vacío existente en la materia, uniformizando las prácticas usuales que consistían en recurrir a la aplicación de normativa comparada que no necesariamente reflejan nuestras características y necesidades.

Cabe indicar, que con el propósito de garantizar la continuidad de los proyectos de inversión pública y privada en ejecución que estén comprendidos dentro de los alcances de la Norma Técnica E.031 "Aislamiento Sísmico" del RNE, se incluye una disposición complementaria transitoria disponiendo la aplicación de la normativa siempre que los proyectos públicos no cuenten aún con expediente técnico aprobado en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones - Invierte.pe, o, que, en los proyectos privados, no se haya tramitado la licencia de edificación ante las Municipalidades, respectivamente.





ANÁLISIS DE IMPACTO DE LA VIGENCIA DE LA NORMA EN LA LEGISLACIÓN NACIONAL

Con la aprobación del proyecto normativo se modifica el Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA que aprueba el Índice del Reglamento Nacional de Edificaciones, a fin de incorporar en el precitado Índice la Norma Técnica E.031 Aislamiento Sísmico.





CAPITULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objeto

Esta norma establece los requisitos mínimos para el diseño y la construcción de edificios con aislamiento sísmico y los ensayos necesarios para validar el comportamiento de los dispositivos del sistema de aislamiento. La norma es aplicable para todo tipo de aislador.

Las edificaciones que obligatoriamente requieran ser aisladas de acuerdo a lo exigido por la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, deben ser diseñadas de acuerdo a las disposiciones establecidas en la presente norma.

Artículo 2.- Definiciones

- 2.1 **Aislador:** Elemento estructural del sistema de aislamiento que es verticalmente rígido y horizontalmente flexible, y que permite grandes deformaciones laterales bajo solicitaciones sísmicas.
- 2.2 **Amortiguamiento efectivo:** El valor del amortiguamiento viscoso equivalente correspondiente a la energía disipada en la respuesta cíclica del sistema de aislamiento.
- 2.3 **Desplazamiento traslacional:** Desplazamiento lateral máximo en el centro de rigidez del sistema de aislamiento, en la dirección de análisis, excluyendo el desplazamiento adicional generado por la torsión natural y accidental. El desplazamiento traslacional debe ser calculado separadamente con los límites inferior y superior de las propiedades del sistema de aislamiento.
- 2.4 **Desplazamiento total:** Desplazamiento lateral máximo, incluyendo el desplazamiento adicional generado por el efecto de la torsión natural y accidental, que se requiere para verificar la estabilidad de los aisladores y del sistema de aislamiento, para determinar las separaciones entre estructuras, y para los ensayos de los aisladores prototipo. El desplazamiento total debe ser calculado separadamente con los límites inferior y superior de las propiedades del sistema de aislamiento.
- 2.5 **Interfaz de aislamiento:** Zona o espacio generado por el sistema de aislamiento que está limitado en su parte superior por la superestructura, que está aislada, y en su parte inferior por la subestructura o cimentación, que se mueve rígidamente con el terreno.
- 2.6 **Nivel de base:** El primer nivel de la estructura aislada por encima de la interfaz de aislamiento, el cual incluye vigas, losas, capiteles y todos los elementos de conexión.
- 2.7 **Rigidez efectiva o secante:** El valor de la fuerza lateral en el sistema de aislamiento, o en parte de él, dividido entre el correspondiente desplazamiento lateral.
- 2.8 **Scragging:** Degradación temporal de las propiedades mecánicas de los aisladores elastoméricos, como resultado de acciones cíclicas.



CAPITULO VII. REVISIÓN DEL DISEÑO 33

 Artículo 28.- Criterios para la revisión del diseño 33

CAPITULO VIII. ENSAYOS..... 34

 Artículo 29.- Validación de propiedades de los aisladores..... 34

 Artículo 30.- Ensayos de cualificación 35

 Artículo 31.- Ensayos de los aisladores prototipo 35

 Artículo 32.- Secuencia y ciclo de los ensayos de los aisladores prototipo..... 35

 Artículo 33.- Ensayos dinámicos de los aisladores prototipo 36

 Artículo 34.- Aisladores prototipo cuyas propiedades dependen de cargas bidireccionales 36

 Artículo 35.- Carga vertical máxima y mínima de los aisladores prototipo 37

 Artículo 36.- Ensayos de prototipos de unidades similares..... 37

 Artículo 37.- Determinación de las características fuerzas - deformación..... 37

 Artículo 38.- Verificación de la calidad de los ensayos 39

 Artículo 39.- Ensayos de aisladores de obra 40

 Artículo 40.-Criterios de aceptación para cada aislador de obra ensayado 40

 Artículo 41.- Ensayo de deslizadores de obra 40

 Artículo 42.- Criterios de aceptación para cada deslizador de obra ensayado..... 41

 Artículo 43.- Criterio de aceptación para el sistema de aislamiento..... 41



ANEXO I. FACTORES EXTREMOS MODIFICATORIOS DE LAS PROPIEDADES
ANEXO II. VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS AISLADORES ELASTOMÉRICOS
ANEXO III. SECUENCIA Y CICLOS PARA ENSAYOS DE PROTOTIPOS





PERÚ

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Viceministerio de Construcción y Saneamiento

Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento

Dirección de Construcción



PROYECTO DE NORMA TÉCNICA

E.031 AISLAMIENTO SÍSMICO



INDICE

CAPITULO I. DISPOSICIONES GENERALES 3

 Artículo 1.- Objeto 3

 Artículo 2.- Definiciones 3

 Artículo 3.- Ámbito de aplicación 4

 Artículo 4.- Nomenclatura..... 5

CAPÍTULO II. REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO 8

 Artículo 5.- Desarrollo y presentación del proyecto 8

 Artículo 6.- Características técnicas a indicar en los planos 8

 Artículo 7.- Configuración del sistema estructural 9

 Artículo 8.- Sistema de aislamiento 9

 Artículo 9.- Sistema Estructural 13

 Artículo 10.- Elementos estructurales y componentes no estructurales 13

 Artículo 11.- Efectos de las cargas sísmicas y combinaciones de cargas 14

 Artículo 12.- Propiedades del sistema de aislamiento 14

CAPITULO III. DEFINICION DEL MOVIMIENTO DEL TERRENO 20

 Artículo 13.- Espectro del diseño 20

 Artículo 14.- Registros de aceleración del suelo 21

CAPITULO IV. SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ANALISIS PARA ESTRUCTURAS AISLADAS 22

 Artículo 15.- Diseño de las estructuras sísmicamente aisladas 22

 Artículo 16.-Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes 22

 Artículo 17.- Análisis dinámico 22

CAPITULO V. PROCEDIMIENTO DE FUERZAS ESTATICAS EQUIVALENTES 23

 Artículo 18.- Aplicación del procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes 23

 Artículo 19.- Características de deformación del sistema de aislamiento 23

 Artículo 20.- Desplazamientos laterales considerados para el diseño 23

 Artículo 21.- Fuerzas laterales mínimas requeridas para el diseño 26

 Artículo 22.- Distribución vertical de la fuerza 28

 Artículo 23.- Límites de la deriva 29

CAPITULO VI. PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DINÁMICO 30

 Artículo 24.- Aplicación de procedimientos de análisis dinámico 30

 Artículo 25.- Modelo estructural 30

 Artículo 26.- Descripción de procedimientos 31

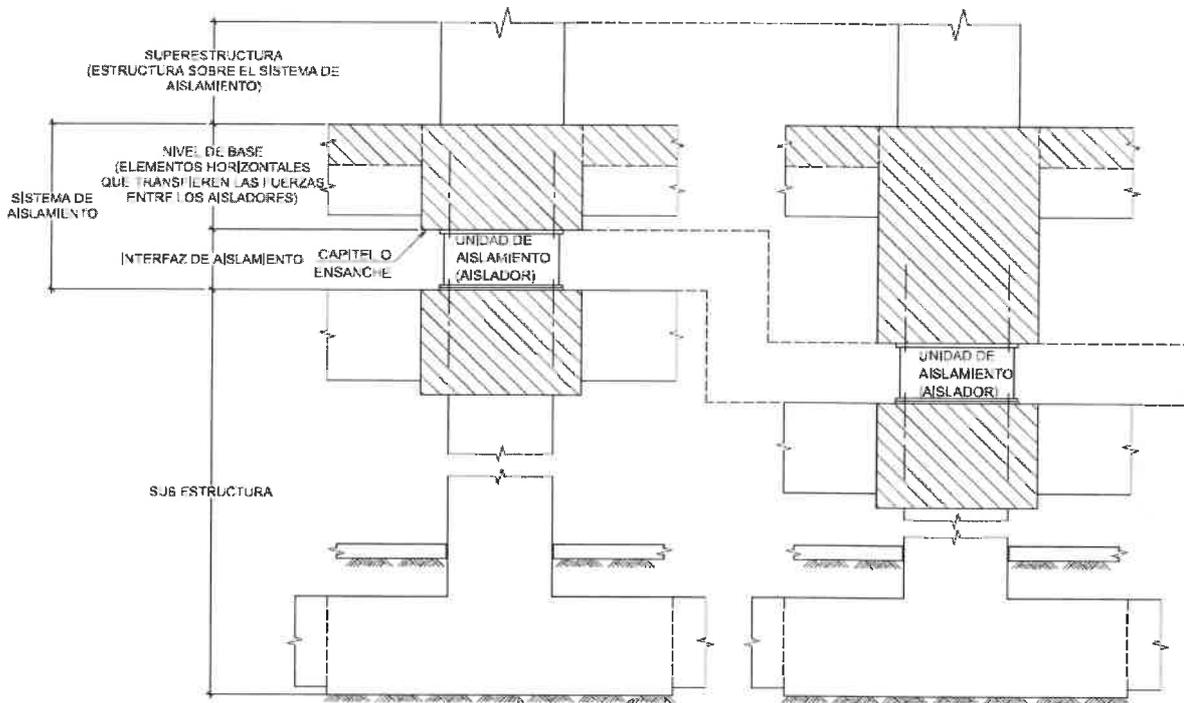
 Artículo 27.- Fuerzas y desplazamientos laterales mínimos 32





2.9 **Sismo máximo considerado (SMC):** Sismo cuyo efecto sísmico se define como 1.5 veces el del sismo de diseño especificado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

2.10 **Sistema de aislamiento:** Conjunto de elementos estructurales que incluye los aisladores, todos los elementos que transfieren fuerzas entre elementos del sistema de aislamiento, como vigas, losas, capiteles y sus conexiones. Así mismo, incluye los sistemas de restricción contra viento, los dispositivos de disipación de energía y los sistemas de restricción de desplazamiento, si tales elementos son usados para satisfacer los requisitos de diseño de esta norma.



2.11 **Sistema de restricción de desplazamiento:** Conjunto de elementos estructurales que controlan progresivamente el desplazamiento lateral de las estructuras sísmicamente aisladas.

2.12 **Sistema de restricción contra viento:** Conjunto de elementos estructurales que restringen los desplazamientos de la estructura aislada cuando está sometida a cargas de viento. Puede estar incorporado en los aisladores o estar constituido por dispositivos independientes.

Artículo 3.- Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación de la presente norma comprende todo el territorio nacional. La Norma E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones es obligatorio, en todo aquello que no contradiga las disposiciones específicas de la presente norma.



**Artículo 4.- Nomenclatura**

N°	Nomenclatura	Significado
1	$B_M =$..	Factor de amortiguamiento, correspondiente a la razón entre la ordenada espectral para 5% de amortiguamiento y la ordenada espectral para el amortiguamiento efectivo β_M correspondiente al desplazamiento traslacional D_M , que se indica en la tabla N° 5.
2	$b =$	Dimensión menor de la proyección en planta de la estructura, medida perpendicularmente a la dimensión mayor, d , en mm.
3	$C =$	Factor de amplificación sísmica definido en la norma técnica de edificación E.030.
4	$D_M =$	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento, en la dirección de análisis, determinado con la ecuación 6, en mm.
5	$D'_M =$	Desplazamiento en el centro de rigidez del sistema de aislamiento, en la dirección de análisis, determinado con la ecuación 16, en mm.
6	$D_{TM} =$	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento, en la dirección de análisis, que incluye la traslación en el centro de rigidez y la componente torsional, determinado con la ecuación 8, en mm.
7	$d =$	Dimensión mayor de la proyección en planta de la estructura, en mm.
8	$E_{ciclo} =$	Energía disipada en un aislador durante un ciclo completo de ensayo con carga reversible, para un rango de desplazamiento desde Δ^+ hasta Δ^- , medida por el área encerrada en la curva fuerza – desplazamiento, en kN-mm.
9	$e =$	Excentricidad obtenida como la suma de la distancia en planta entre el centro de masa de la estructura sobre la interfaz de aislamiento y el centro de rigidez del sistema de aislamiento, más la excentricidad accidental, tomada como 5% de la mayor dimensión en planta del edificio en dirección perpendicular a la de la fuerza sísmica considerada, en mm.
10	$F^- =$	Mínima fuerza negativa en un aislador durante un ciclo de ensayo de un prototipo, correspondiente a la amplitud de desplazamiento Δ^- , en kN.
11	$F^+ =$	Máxima fuerza positiva en un aislador durante un ciclo de ensayo de un prototipo, correspondiente a la amplitud de desplazamiento Δ^+ , en kN.
12	$F_1 =$	Fuerza sísmica lateral en el nivel de base, determinada con la ecuación 13, en kN
13	$F_i =$	Fuerza lateral en el nivel i determinada con la ecuación 14, en kN.
14	$g =$	Aceleración de la gravedad ($9\ 810\ \text{mm/s}^2$).
15	$h_i =$	Altura del nivel i respecto al nivel de base, en mm.
16	$k_M =$	Rigidez efectiva (secante) del sistema de aislamiento en el desplazamiento traslacional en la dirección de análisis, determinada con la ecuación 3, en kN/mm.



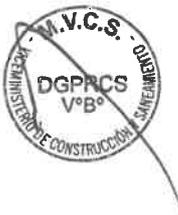


17	$k_{eff} =$	Rigidez efectiva (secante) de un aislador, determinada con la ecuación 17, en kN/mm.
18	$n =$	Número de pisos de la estructura sobre la interfaz de aislamiento.
19	$N =$	Número de aisladores.
20	$P =$	Peso de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, determinado en la norma técnica de edificación E.030, en kN.
21	$p_i =$	Parte del peso P que se ubica en o se asigna al nivel i , en kN.
22	$P_s =$	Peso sísmico efectivo de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, calculado en forma similar a P pero sin incluir el nivel de base, en kN.
23	$r_a =$	Radio de giro del sistema de aislamiento, en mm, el cual es igual a $\frac{1}{12}(b^2 + d^2)^{1/2}$ en sistemas de aislamiento con planta rectangular de dimensiones $b \times d$.
24	$R_0 =$	Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la superestructura considerándola como si fuera de base fija, según lo indicado en la norma técnica de edificación E.030.
25	$R_a =$	Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento, calculado como $3/8R_0$ pero no menor que 1 ni mayor que 2.
26	$S =$	Factor de amplificación del suelo definido en la norma técnica de edificación E.030.
27	$S_{aM} =$	Ordenada del espectro elástico de pseudo aceleraciones correspondiente al sismo máximo, en mm/s^2 , determinada con la ecuación 5.
28	$T =$	período fundamental de la estructura considerada con base fija, en la dirección de análisis, evaluado con cualquiera de los procedimientos indicados en la norma técnica de edificación E.030, en segundos.
29	$T_M =$	período efectivo de la estructura sísmicamente aislada, asociado al desplazamiento traslacional D_M en la dirección de análisis, determinada con la ecuación 7, en segundos.
30	$U =$	Factor de uso e importancia, igual a 1.
31	$V_b =$	Fuerza cortante total en el sistema de aislamiento o en los elementos bajo el nivel de aislamiento, determinada con la ecuación 10, en kN.
32	$V_s =$	Fuerza cortante en la base de la estructura sobre el sistema de aislamiento, determinada con la ecuación 11 y con los límites indicados en el numeral 21.3, en kN.
33	$V_{st} =$	Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base, determinada con la ecuación 12, en kN.
34	$x_i, y_i =$	Distancias horizontales entre el centro de masas del sistema de aislamiento y el aislador i -ésimo, medidas en las direcciones de los ejes del sistema de aislamiento, en mm.
35	$y =$	Distancia entre el centro de rigidez del sistema de aislamiento y el elemento de interés, medida





		perpendicularmente a la dirección de la sollicitación sísmica considerada, en mm.
36	$Z =$	Factor de zona definido en la norma técnica de edificación E.030.
37	$\beta_M =$	Amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento para el desplazamiento traslacional D_M , determinado con la ecuación 4 (expresado como fracción del amortiguamiento crítico).
38	$\beta_{eff} =$	Amortiguamiento efectivo de un dispositivo del sistema de aislamiento, determinado con la ecuación 18 (expresado como fracción del amortiguamiento crítico).
39	$\Delta^+ =$	Desplazamiento positivo máximo de un aislador durante cada ciclo de ensayo de un prototipo, en mm.
40	$\Delta^- =$	Desplazamiento negativo mínimo de un aislador durante cada ciclo de ensayo de un prototipo, en mm.
41	$\lambda_{m\acute{a}x} =$	Factor modificadorio para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, teniendo en cuenta todas las fuentes de variabilidad, como se indica en el numeral 12.3.
42	$\lambda_{m\acute{i}n} =$	Factor modificadorio para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, teniendo en cuenta todas las fuentes de variabilidad, como se indica en el numeral 12.3.
43	$\lambda_{(ae,m\acute{a}x)} =$	Factor modificadorio para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones ambientales y el envejecimiento, como se indica en el numeral 12.3.
44	$\lambda_{(ae,m\acute{i}n)} =$	Factor modificadorio para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones ambientales y el envejecimiento, como se indica en el numeral 12.3.
45	$\lambda_{(tvs,m\acute{a}x)} =$	Factor modificadorio para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones de temperatura, velocidad de carga y <i>scragging</i> , como se indica en el numeral 12.3.
46	$\lambda_{(tvs,m\acute{i}n)} =$	Factor modificadorio para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones de temperatura, velocidad de carga y <i>scragging</i> , como se indica en el numeral 12.3.
47	$\lambda_{(fab,m\acute{a}x)} =$	Factor modificadorio para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, considerando la variabilidad en la fabricación de aisladores de la misma dimensión, como se indica en el numeral 12.3.
48	$\lambda_{(fab,m\acute{i}n)} =$	Factor modificadorio para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, considerando la variabilidad en la fabricación de aisladores de la misma dimensión, como se indica en el numeral 12.3.
49	$P_T =$	Razón entre el período traslacional efectivo del sistema de aislamiento y el período rotacional efectivo del sistema de aislamiento, calculada mediante un análisis dinámico o como se indica en la ecuación 9, pero no requiere ser menor que 1.





50	$\sum E_M =$	Energía total disipada por el sistema de aislamiento durante un ciclo completo de respuesta al desplazamiento, D_M , en kN-mm.
51	$\sum F_M^+ =$	Sumatoria de los valores absolutos de las fuerzas en todos los aisladores del sistema de aislamiento para un desplazamiento positivo igual al desplazamiento D_M , en kN.
52	$\sum F_M^- =$	Sumatoria de los valores absolutos de las fuerzas en todos los aisladores del sistema de aislamiento para un desplazamiento negativo igual al desplazamiento D_M , en kN.

CAPÍTULO II

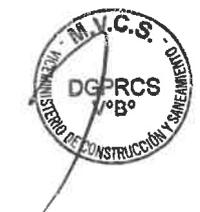
REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO

Artículo 5.- Desarrollo y presentación del proyecto

- 5.1 El desarrollo del proyecto de aislamiento debe ser elaborado por profesionales que actúen con total independencia de los proveedores o fabricantes de los dispositivos.
- 5.2 El proyecto de aislamiento debe especificar las características técnicas del sistema de aislamiento sin especificación del tipo de dispositivos, fabricante o proveedor.
- 5.3 El programa de monitoreo, inspección y mantenimiento se debe preparar y presentar como parte del proyecto.

Artículo 6.- Características técnicas a indicar en los planos

- 6.1 En los planos estructurales se debe indicar como mínimo lo siguiente:
 - 6.1.1 Para el sistema de aislamiento:
 - a) Desplazamientos traslacional y total correspondientes al SMC.
 - b) Rigidez y amortiguamiento efectivos al desplazamiento traslacional correspondiente al SMC.
 - 6.1.2 Para cada tipo de dispositivos:
 - a) Desplazamiento máximo
 - b) Rigidez y amortiguamiento efectivos nominales
 - c) Rango para rigidez y amortiguamiento efectivos
 - d) Carga axial última para el desplazamiento total
 - e) Factores de Seguridad requeridos
 - f) Factores extremos modificatorios de las propiedades según el Anexo I.
- 6.2 Las propiedades de las componentes y del sistema de aislamiento provisto para la obra, deben ser verificadas por el ingeniero responsable del diseño estructural y del sistema de aislamiento, en función de los resultados de los ensayos de unidades prototipos y de obra.





Artículo 7.- Configuración del sistema estructural

7.1 Calificación de la regularidad estructural

La estructura sobre el sistema de aislamiento debe ser calificada como regular o irregular. Para ello debe verificarse la existencia o no de los siguientes tipos de irregularidades indicadas en las tablas de Irregularidades estructurales en altura y en planta de la norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente vigente.

- a) Irregularidad de rigidez - Piso Blando
- b) Irregularidad de resistencia - Piso Débil
- c) Irregularidad de rigidez extrema - Piso Blando
- d) Irregularidad extrema de resistencia - Piso Débil
- e) Irregularidad por discontinuidad extrema en los sistemas resistentes
- f) Irregularidad torsional extrema en planta.

7.2 Restricciones a las irregularidades

De acuerdo a la categoría de una edificación, según la tabla de Categoría de las edificaciones de la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" vigente, y la zona donde se ubique, la edificación se debe diseñar respetando las restricciones a la irregularidad de la tabla N°1.

TABLA N°1 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE EDIFICACIONES AISLADAS		
CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN	ZONA	RESTRICCIONES
A y B	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2 y 1	Sin restricciones
C	4	No se permiten irregularidades extremas
	3, 2 y 1	Sin restricciones

Artículo 8.- Sistema de aislamiento

El diseño del sistema de aislamiento debe tomar en cuenta los aspectos siguientes:

8.1 Condiciones ambientales

Adicionalmente a los requerimientos por cargas verticales y cargas laterales inducidas por viento y sismo, el sistema de aislamiento debe ser diseñado teniendo en cuenta otras condiciones ambientales, incluyendo efectos de envejecimiento, flujo plástico (creep), fatiga, temperatura de operación y la posible exposición a la humedad o a sustancias nocivas según indica el numeral 12.3.



8.2 Fuerzas de viento

- 8.2.1 Las estructuras aisladas deben ser capaces de resistir cargas de viento en todos los niveles sobre la interfaz de aislamiento, de acuerdo a lo estipulado en la Norma E.020 Cargas vigente.
- 8.2.2 En la interfaz de aislamiento se debe incluir un sistema de restricción frente a cargas laterales de viento que, en condiciones habituales de operación, limite el desplazamiento del sistema de aislamiento a un valor igual al que se permite en los entrepisos de la superestructura.

8.3 Resistencia al fuego

- 8.3.1 No se permiten materiales inflamables en la zona del sistema de aislamiento. Las operaciones de mantenimiento deben incluir inspecciones adecuadas y periódicas, que garanticen el cumplimiento de la presente norma.
- 8.3.2 La protección al fuego debe incluir sistemas tales como: rociadores automáticos, agua pulverizada, espuma, cobertores contra fuego u otros; así como también contar un sistema de detección térmica.
- 8.3.3 En el caso de estacionamientos, el sistema contrafuego debe tomar en cuenta la ubicación de los dispositivos para darles una mayor protección.



8.4 Fuerza de restitución lateral

El sistema de aislamiento debe ser configurado para que sea capaz de producir una fuerza lateral de restitución en el desplazamiento máximo, considerando tanto sus propiedades límite superior como inferior, a fin que resulte mayor en por lo menos $0,025 P$ que la fuerza lateral correspondiente a 50% del desplazamiento máximo. P es el peso sísmico de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, calculado según la norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente vigente.

8.5 Restricción al desplazamiento sísmico

Cuando se provea un sistema de restricción que limite el desplazamiento lateral, éste no debe restringir los desplazamientos por debajo del desplazamiento total máximo, D_{TM} producido por el SMC, a menos que la estructura sísmicamente aislada sea diseñada cumpliendo con todos los siguientes criterios:

- 8.5.1 La respuesta al SMC debe ser calculada con los procedimientos de análisis dinámico del Capítulo VI de esta norma, considerando explícitamente las características no lineales del sistema de aislamiento, de la estructura sobre el sistema de aislamiento y del sistema de restricción.
- 8.5.2 Las capacidades últimas del sistema de aislamiento y de los elementos estructurales bajo el sistema de aislamiento deben exceder las demandas de resistencia y de desplazamiento del SMC.





8.5.3 El dispositivo de restricción de desplazamiento no debe activarse para un desplazamiento menor que 0,60 veces el desplazamiento total máximo, D_{TM} .

8.5.4 La estructura sobre el sistema de aislamiento debe ser revisada para las demandas de estabilidad y de ductilidad del SMC.

8.6 Estabilidad por carga vertical

8.6.1 Cada elemento del sistema de aislamiento debe ser diseñado para ser estable bajo la máxima y mínima carga vertical indicada en el numeral 11.2, en ambos casos estando sometido al desplazamiento total.

8.6.2 Los factores de seguridad y la metodología de cálculo para los aisladores elastoméricos se detallan en el Anexo II.

8.7 Volteo

8.7.1 El factor de seguridad contra el volteo de la estructura en la interfaz de aislamiento no será inferior a 1,0 para cada una de las combinaciones de carga requeridas.

8.7.2 Todas las condiciones de carga de gravedad y sísmicas deben ser investigadas.

8.7.3 Las fuerzas laterales para el cálculo del volteo deben ser calculadas con el SMC, y para la fuerza vertical equilibrante se usará el peso P, sin factorar, calculado según la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" vigente.

8.7.4 No se permite el levantamiento local (*uplift*) de los aisladores, a menos que se demuestre que las deformaciones resultantes no causan sobreesfuerzos o inestabilidad de las unidades de aislamiento o de otros elementos en la estructura.

8.8 Monitoreo, inspección y reemplazo

8.8.1 Las estructuras sísmicamente aisladas deben contar con un programa de monitoreo, inspección y mantenimiento del sistema de aislamiento, que es establecido por el ingeniero civil colegiado responsable del diseño del sistema y es considerado parte integrante del proyecto.

8.8.2 Los proyectos de instituciones públicas aislados sísmicamente deben contar con un sistema de monitoreo de la actividad sísmica que incluya instrumentación a nivel del terreno, en la base del edificio sobre el nivel de aislamiento y en su nivel superior, con el fin de medir desplazamientos, aceleraciones u otras variables que el proyectista considere conveniente registrar durante la vida útil del edificio.

8.8.3 Estos sistemas de instrumentación deben estar en concordancia con lo especificaciones técnicas, sistemas de conexión y transmisión de datos debidamente aprobados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP).



- 8.8.4 Se debe proveer acceso para la inspección y para el eventual replazo de los componentes del sistema de aislamiento.
- 8.8.5 La altura mínima efectiva del nivel de piso terminado a fondo de losa debe ser 1,5 m como mínimo.
- 8.8.6 El proyectista debe garantizar la factibilidad de reemplazo de las unidades de aislamiento.
- 8.8.7 El proyectista, o un ingeniero civil colegiado que lo represente, debe efectuar inspecciones u observaciones de las zonas de separación de la estructura sísmicamente aislada, de los componentes que cruzan la interfaz de aislamiento y del sistema de monitoreo, antes de la conformidad final de la obra.
- 8.8.8 Estas inspecciones y observaciones deben quedar asentadas en el cuaderno de obra, debiendo indicar que las condiciones son tales que permitirán el libre desplazamiento de la estructura sin trabas hasta los niveles máximos de diseño y que todos los componentes que cruzan la interfaz de aislamiento son capaces de acomodarse a los desplazamientos relativos indicados en los planos del proyecto.
- 8.8.9 Luego de la conformidad de obra, el propietario es responsable de mantener operativo el sistema de aislamiento, para lo cual debe ordenar la inspección del mismo, al menos una vez cada dos años, por un proyectista o ingeniero civil colegiado con experiencia en el diseño o construcción de edificios aislados.
- 8.8.10 En la inspección referida en el subnumeral 8.8.9 se debe revisar como mínimo lo siguiente:
- Las juntas de separación sísmicas según proyecto.
 - Las obstrucciones que impidan o limiten el desplazamiento del edificio a valores menores que el desplazamiento máximo (incluyendo torsión) indicado en los planos del proyecto.
 - Las interferencias de instalaciones de cualquier tipo en la zona de interfaz de aislamiento que restrinjan desplazamiento del edificio o que después de su rotura puedan causar inoperatividad en la edificación.
 - La implementación y funcionamiento del sistema de monitoreo instalado en la edificación.
 - La correcta operatividad del sistema de protección contra el fuego instalado en la interfaz de aislamiento.
 - En edificaciones sin sótanos, verificar que el ambiente por debajo de la interfaz de aislamiento destinado a inspección y reemplazo no sea usado como depósito de materiales u otro fin para el cual no fue proyectado.
 - La ausencia de material inflamable en la zona del sistema de aislamiento.
- 8.8.11 Terminada la inspección, el ingeniero debe emitir un informe detallado de los hallazgos, que debe entregar al propietario para el levantamiento de las observaciones.





8.8.12 Cualquier modificación o reparación en la interfaz del sistema de aislamiento, incluyendo los componentes que la cruzan, debe llevarse a cabo bajo la dirección de un ingeniero civil colegiado con experiencia en el diseño o construcción de edificios sísmicamente aislados.

8.8.13 Después de la ocurrencia de un evento sísmico con intensidades de Mercalli mayores o iguales a 6, se debe realizar una inspección y elaborar un informe del estado del sistema de aislamiento sísmico.

Artículo 9.- Sistema Estructural

9.1 Distribución de la fuerza horizontal

En la parte superior de la interfaz de aislamiento debe existir un diafragma rígido u otros elementos estructurales que provean continuidad y que posean resistencia y ductilidad adecuadas para transmitir fuerzas de una parte a otra de la estructura.

9.2 Separación entre edificios

La separación mínima entre la estructura aislada y los muros de contención u otros obstáculos fijos en los alrededores, así como la distancia al límite de propiedad, no deben ser menores que el desplazamiento total máximo, D_{TM} .

9.3 Estructuras que no son edificios

Las estructuras que no califican como edificios, pero que soportan cargas de gravedad y pueden estar sometidas a acciones de sismo, se pueden diseñar y construir como estructuras sísmicamente aisladas, empleando los desplazamientos y fuerzas calculados según los capítulos V y VI de esta norma.

Artículo 10.- Elementos estructurales y componentes no estructurales

10.1 Componentes sobre la interfaz de aislamiento

Los elementos de las estructuras aisladas sísmicamente y los componentes no estructurales, o parte de ellos situados sobre la interfaz de aislamiento, deben ser diseñados para resistir acciones conforme a lo especificado en los Capítulos V y VI de esta norma.

10.2 Componentes que cruzan la interfaz de aislamiento

Los elementos de las estructuras sísmicamente aisladas y los componentes no estructurales, o parte de los mismos, que cruzan la interfaz de aislamiento deben ser diseñados de manera que no sufran daños frente al desplazamiento total D_{TM} , incluyendo cualquier desplazamiento residual permanente.



10.3 Componentes por debajo de la interfaz de aislamiento

Todos los elementos que están por debajo de la interfaz de aislamiento deben ser diseñados considerando la fuerza V_b calculada según el procedimiento de análisis utilizado, sin reducir.

10.4 Componentes estructurales de grandes luces

En elementos horizontales de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los 2/3 del espectro elástico definido en el numeral 13.4. Para el caso de voladizos se debe considerar un factor de reducción $R_0=3$.

Artículo 11.- Efectos de las cargas sísmicas y combinaciones de cargas

11.1 Todos los elementos de la estructura aislada, incluidos los que no forman parte del sistema sismorresistente, deben ser diseñados utilizando las cargas sísmicas establecidas en esta norma y las combinaciones de cargas adicionales para el diseño del sistema de aislamiento y para las pruebas de prototipos de unidades de aislamiento indicadas en el numeral 11.2.

11.2 Los promedios mínimo y máximo de la carga vertical aplicada a cada unidad tipo de aislador, deben ser calculados aplicando cargas sísmicas horizontales, debidas al sismo máximo considerado SMC, y las siguientes combinaciones de cargas:

- a) Carga vertical promedio:
 $1,0 \text{ CM} + 0,5 \text{ CV}$
- b) Carga vertical máxima:
 $1,25 (\text{CM} + \text{CV}) + 1,0 (\text{CSH} + \text{CSV}) + 0,2 \text{ CN}$
- c) Carga vertical mínima:
 $0,9 \text{ CM} - 1,0 (\text{CSH} + \text{CSV})$

Donde:

- CM : Carga muerta.
- CV : Carga viva.
- CSH : Carga sísmica horizontal.
- CSV : Carga sísmica vertical = $0,5 (1,5 \text{ ZS}) \text{ CM}$.
- CN : Carga de nieve.

Artículo 12.- Propiedades del sistema de aislamiento

Todos los componentes del sistema de aislamiento se clasifican y agrupan según el tipo y tamaño del aislador y de acuerdo al tipo y tamaño de los dispositivos de amortiguamiento suplementario, cuando estos últimos componentes formen parte del sistema de aislamiento.

12.1 Propiedades nominales de un aislador

12.1.1 Las propiedades nominales de diseño de cada tipo de unidad de aislamiento están basadas en las propiedades promedio de tres ciclos del ensayo de los prototipos, definidos en el artículo 32.





12.1.2 La variación de las propiedades de la unidad de aislamiento con la carga vertical aplicada se establece en un solo ciclo de deformación representativo, promediando las propiedades determinadas al emplear las tres combinaciones de cargas verticales especificadas en el numeral 11.2 en cada nivel de desplazamiento, cuando deba considerarse según lo establece el artículo 32.

12.1.3 Si los valores medidos de rigidez efectiva y amortiguamiento efectivo de un aislador para la carga a) "Carga vertical promedio" indicada en el numeral 11.2 difieren en menos de 15%, de aquellos basados en el promedio de los valores medidos para las tres combinaciones de cargas verticales definidas en el numeral 11.2, las propiedades de diseño nominal deben ser calculadas sólo para la combinación de carga a): "Carga vertical promedio" del numeral 11.2.

12.2 Propiedades límites de los componentes del sistema de aislamiento

Las propiedades límites del sistema de aislamiento se calculan para cada tipo de componente y deben incluir las variaciones relacionadas con:

12.2.1 Las mediciones en el ensayo del prototipo, del artículo 32 (Secuencia y ciclos de los ensayos de los aisladores prototipo), considerando la variación en las propiedades de la unidad de aislamiento prototipo, debido a la variación requerida en el ensayo de carga vertical, velocidad de carga de prueba o efectos de velocidad, efectos de calentamiento durante el movimiento cíclico, historia de carga, degradación temporal de las propiedades mecánicas con ciclos repetidos (*scragging*) y otras posibles fuentes de variación medidas en el ensayo del prototipo.

12.2.2 Las permitidas por las tolerancias de especificación de fabricación empleadas para determinar la aceptabilidad de la producción de los aisladores, como es requerido en el artículo 39.

12.2.3 Las debidas al envejecimiento y efectos ambientales incluyendo flujo plástico (*creep*), fluencia, fatiga, contaminación, temperatura de funcionamiento, duración de exposición a ésta, y el desgaste durante la vida de la estructura.

12.3 Factores de modificación de las propiedades

12.3.1 El diseño de estructuras aisladas sísmicamente, incluyendo la cimentación, sistema de aislamiento y la superestructura, debe considerar la posible influencia de la velocidad de carga y las variaciones en las propiedades del aislador durante la vida útil esperada de la estructura, incluyendo cambios debidos al envejecimiento, contaminación, exposición al ambiente y temperatura.

12.3.2 Los factores de modificación máximo y mínimo (λ) se utilizan para tener en cuenta la variación de los parámetros de diseño nominal de cada tipo de unidad de aislamiento por los efectos del calentamiento debido al movimiento dinámico cíclico, velocidad de carga, *scragging*





y recuperación, variabilidad en las propiedades de producción, temperatura, envejecimiento, exposición ambiental y contaminación.

12.3.3 Cuando los datos de ensayo de cualificación de un fabricante específico, en concordancia con lo especificado en el artículo 30 (Ensayos de Cualificación), hayan sido aprobados por el ingeniero responsable del diseño estructural, estos pueden ser empleados para calcular los factores de modificación de las propiedades y los límites máximos y mínimos de las ecuaciones 1 y 2, no requieren aplicarse.

12.3.4 Cuando los datos de los ensayos de cualificación en concordancia con el artículo 30 (Ensayos de Cualificación) no hayan sido aprobados por el ingeniero responsable del diseño estructural, deben aplicarse los límites máximos y mínimos de las ecuaciones 1 y 2.

12.3.5 Los factores de modificación de propiedad (λ) se calculan para cada tipo de unidad de aislamiento y cuando es aplicada a los parámetros de diseño nominal deben envolver la respuesta histerética para el rango de demandas de $\pm 0,5 D_M$ hasta e incluyendo el desplazamiento máximo, $\pm D_M$. Se permite que los factores de modificación de propiedades para condiciones ambientales sean desarrollados a partir de datos que no necesitan satisfacer los requisitos de similitud del artículo 36 "Ensayos de prototipos de unidades similares".

12.3.6 Para cada tipo de aislador, el factor máximo de modificación de propiedad, λ_{max} y el factor mínimo de modificación de propiedad, λ_{min} se establecerán a partir de la contribución de los factores de modificación de propiedad de acuerdo con la Ecuación 1 y 2, respectivamente:

$\lambda_{max} = (1 + (0,75 * (\lambda_{(ae, max)} - 1))) * \lambda_{(tvs, max)} * \lambda_{(fab, max)}$ (1)

$\lambda_{min} = (1 - (0,75 * (1 - \lambda_{(ae, min)}))) * \lambda_{(tvs, min)} * \lambda_{(fab, min)}$ (2)

Donde:

$\lambda_{(ae, máx)}$ = Factor modificadorio para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones ambientales y el envejecimiento.

$\lambda_{(ae, mín)}$ = Factor modificadorio para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones ambientales y el envejecimiento.

$\lambda_{(tvs, máx)}$ = Factor modificadorio para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones de temperatura, velocidad de carga y **scragging**.

$\lambda_{(tvs, mín)}$ = Factor modificadorio para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones de temperatura, velocidad de carga y **scragging**.





$\lambda_{(fab,máx)}$ = Factor modificadorio para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, considerando la variabilidad en la fabricación de aisladores de la misma dimensión.

$\lambda_{(fab,min)}$ = Factor modificadorio para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, considerando la variabilidad en la fabricación de aisladores de la misma dimensión.

12.3.7 Los valores de λ deben estar contenidos entre los valores extremos precisados en las tablas N° 2 y N°3 indicadas a continuación:

	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de Caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
Variable	u o Qd	u o Qd	K	Kd	Qd	Kd	Qd
Mínimo Factor de Modificación λ_{max}	2.1	3.2	1.8	1.8	1.8	2.2	1.8
Máximo Factor de Modificación λ_{min}	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de Caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
Variable	u o Qd	u o Qd	K	Kd	Qd	Kd	Qd
Mínimo Factor de Modificación λ_{max}	1.6	2.25	1.3	1.3	1.5	2	1.7
Máximo Factor de Modificación λ_{min}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

12.4 Límite superior y límite inferior del comportamiento fuerza-desplazamiento de los componentes del sistema de aislamiento

12.4.1 Se debe desarrollar un modelo matemático correspondiente al límite superior del comportamiento histerético (fuerza-desplazamiento) de cada tipo de componente del sistema de aislamiento.



- 12.4.2 El límite superior del comportamiento histerético de los componentes del sistema de aislamiento que son esencialmente dispositivos histeréticos (por ejemplo, los aisladores), se debe modelar utilizando los valores máximos de las propiedades del aislador calculados utilizando los factores de modificación de las propiedades según el numeral 12.3.
- 12.4.3 El límite superior del comportamiento histerético de los componentes del sistema de aislamiento que son esencialmente dispositivos viscosos (por ejemplo, amortiguadores viscosos suplementarios), se debe modelar de acuerdo con los requisitos del Capítulo 18 del Estandar ASCE 7-16 "Minimum Design Loads for Building and Other Structures" para este tipo de dispositivos.
- 12.4.4 Se debe desarrollar un modelo matemático del límite inferior del comportamiento histerético (fuerza-desplazamiento) de cada tipo de componente del sistema de aislamiento.
- 12.4.5 El límite inferior del comportamiento histerético de los componentes del sistema de aislamiento que son esencialmente dispositivos histeréticos (por ejemplo, los aisladores) se debe modelar utilizando los valores mínimos de las propiedades del aislador calculados utilizando los factores de modificación de las propiedades según el numeral 12.3
- 12.4.6 El límite inferior del comportamiento histerético de los componentes del sistema de aislamiento que son esencialmente dispositivos viscosos (por ejemplo, amortiguadores viscosos suplementarios), se debe modelar de acuerdo con los requisitos del Capítulo 18 del Estandar ASCE 7-16 "Minimum Design Loads for Building and Other Structures" para este tipo de dispositivos.

12.5 Propiedades del sistema de aislamiento en el desplazamiento máximo

12.5.1 La rigidez efectiva, k_M , del sistema de aislamiento para el desplazamiento traslacional, D_M , se debe calcular utilizando tanto el límite superior como el límite inferior del comportamiento histerético fuerza-desplazamiento de una unidad de cada tipo de aislador, de acuerdo con la ecuación 3:

$$k_M = \frac{\sum |F_M^+| + \sum |F_M^-|}{2D_M} \dots\dots\dots (3)$$

12.5.2 El amortiguamiento efectivo, β_M , del sistema de aislamiento para el desplazamiento traslacional, D_M , se debe calcular utilizando tanto el límite superior como el límite inferior del comportamiento histerético fuerza-desplazamiento de una unidad de cada tipo de aislador, de acuerdo con la ecuación 4:

$$\beta_M = \frac{\sum E_M}{2\pi k_M D_M^2} \dots\dots\dots (4)$$





Donde

$\sum E_M =$ Energía total disipada por el sistema de aislamiento durante un ciclo completo de respuesta al desplazamiento, D_M , en kN-mm.

$\sum |F_M^+| =$ Sumatoria de los valores absolutos de las fuerzas en todos los aisladores del sistema de aislamiento para un desplazamiento positivo igual al desplazamiento D_M , en kN.

$\sum |F_M^-| =$ Sumatoria de los valores absolutos de las fuerzas en todos los aisladores del sistema de aislamiento para un desplazamiento negativo igual al desplazamiento D_M , en kN.

12.6 Límite superior y límite inferior de las propiedades del sistema de aislamiento en el desplazamiento máximo

El análisis del sistema de aislamiento y la estructura se realiza por separado para las propiedades del límite superior y del límite inferior, y se utiliza para el diseño el caso que gobierne para cada parámetro de respuesta de interés. Además, el análisis deberá cumplir con lo siguiente:

12.6.1 Para el procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes, y para los propósitos de establecer fuerzas mínimas y desplazamientos mínimos para el análisis dinámico, las siguientes variables se calcularán de forma independiente para el límite superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento:

k_M y β_M del numeral 12.5 (Ec. 3 y la Ec. 4), D_M del numeral 20.1 (Ec. 6), T_M del numeral 20.2 (Ec.7), D_{TM} del numeral 20.3 (Ec. 8), V_b del numeral 21.1 (Ec.10), y V_s y V_{st} del numeral 21.2 (Ec. 11 y la Ec. 12)

12.6.2 Los límites de V_s establecidos en el numeral 21.3 deben ser evaluados independientemente para el límite superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento y gobierna el requisito más desfavorable.

12.6.3 Para el procedimiento de fuerza lateral equivalente, y para los propósitos de establecer fuerzas de corte mínimas de entrepiso para el análisis espectral de respuesta, la distribución de fuerza vertical indicada en el artículo 22 se determina separadamente para el límite superior y para el límite inferior de las propiedades del sistema de aislamiento. Esto requiere del cálculo independiente de F_1 , F_i , y k , empleando las ecuaciones 13, 14 y 15.





CAPITULO III DEFINICION DEL MOVIMIENTO DEL TERRENO

Artículo 13.- Espectro del diseño

- 13.1 El espectro de diseño se debe obtener mediante un estudio de sitio o empleando las indicaciones de la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" vigente.
- 13.2 Cuando el espectro de diseño se obtenga aplicando los perfiles del suelo de la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" vigente, se debe verificar que el periodo fundamental del estrato T_s , obtenido mediante ensayos de micro trepidación corresponda con lo indicado en la tabla N°4.

TABLA N° 4		
SUELO TIPO		Ts (s)
S0	Roca dura	< 0,15
S1	Roca o suelos muy rígidos	< 0,30
S2	Suelos intermedios	< 0,40
S3	Suelos blandos	< 0,60

- 13.3 Para periodos T_s mayores que 0,6 segundos es obligatorio efectuar un estudio de sitio.
- 13.4 Sólo cuando los estudios de micro trepidación confirmen el periodo del estrato, el espectro elástico de pseudo aceleraciones correspondiente al sismo máximo considerado (SMC) se determina como:

$$S_{aM} = 1,5 ZCS g \quad \dots \quad (5)$$

Donde Z y S son los parámetros definidos en la norma técnica E.030 "Diseño Sismo resistente" vigente.

El parámetro C es definido por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 T < 0,2 T_P &\rightarrow C = 1 + 7,5 \cdot \left(\frac{T}{T_P}\right) \\
 0,2 T_P < T < T_P &\rightarrow C = 2,5 \\
 T_P < T < T_L &\rightarrow C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \\
 T > T_L &\rightarrow C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)
 \end{aligned}$$

- 13.5 Cuando se desarrollen espectros para un sitio específico, no se pueden considerar ordenadas espectrales menores que las antes indicadas.
- 13.6 Para estructuras aisladas, el factor U al que se refiere la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" será en todos los casos igual a 1.





Artículo 14.- Registros de aceleración del suelo

14.1 Cuando se empleen procedimientos de respuesta tiempo-historia, el movimiento del terreno se define con un conjunto mínimo de siete registros, cada uno con dos componentes horizontales de aceleración, elegidos de eventos individuales y escalados como se indica en los numerales 14.5 al 14.7.

14.2 Los registros de aceleración deben ser obtenidos de eventos cuyas magnitudes, distancia a las fallas, mecanismos de fuente y condiciones locales de suelo sean consistentes con el sismo máximo considerado para el sitio.

14.3 Se permite escalar registros mediante el escalamiento de amplitudes o del ajuste de frecuencias hacia espectros definidos.

14.4 En el caso que no se cuente con la cantidad requerida de pares de componentes horizontales de movimientos de suelo, se permite el uso de registros simulados para completar el total requerido.

14.5 Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construye un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados separadamente para cada componente escalada, con 5% de amortiguamiento. Cuando se usa escalamiento de amplitudes, se debe usar el mismo factor para cada componente.

14.6 Cada par se debe escalar de modo que en el rango de periodos entre $0,75 T_M$, calculado usando el límite superior para las propiedades del sistema de aislamiento, y $1,25 T_M$, calculado con el límite inferior, el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos pares de registros empleados no sea menor que la ordenada dada por la ecuación 5.

14.7 Para registros espectro-compatibles, cada par de componentes horizontales se deben escalar de modo que en el rango de periodos entre $0,2 T_M$, calculado usando el límite superior para las propiedades del sistema de aislamiento, y $1,25 T_M$, calculado con el límite inferior, el espectro de respuesta de la componente en la dirección de análisis no sea menor que el 90% de la correspondiente ordenada dada por la ecuación 5.



**CAPITULO IV****SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ANALISIS PARA ESTRUCTURAS AISLADAS****Artículo 15.- Diseño de las estructuras sísmicamente aisladas**

- 15.1 Las estructuras sísmicamente aisladas, excepto las definidas en el artículo 16, deben ser diseñadas usando los procedimientos dinámicos del capítulo VI.
- 15.2 Cuando adicionalmente se utilicen amortiguadores de fluido viscoso en el sistema de aislamiento, debe usarse el procedimiento de análisis dinámico tiempo-historia, como se indica en el numeral 17.2.

Artículo 16.-Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes

El procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes del capítulo V se puede utilizar para el diseño de una estructura sísmicamente aislada siempre que se cumplan todas las siguientes condiciones, considerando los límites superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento gobernando la de mayor exigencia:

- 16.1 La estructura debe estar ubicada en las zonas sísmicas 1 o 2, o en la zona 3 sobre suelos del tipo S1 o S2, o en la zona 4 sobre suelos tipo S1.
- 16.2 El periodo efectivo de la estructura aislada correspondiente al desplazamiento traslacional, T_M , será menor o igual a 5,0 s.
- 16.3 La estructura sobre la interfaz de aislamiento no debe tener más de 4 pisos ni más de 20 metros de altura. Esta altura debe ser medida desde el nivel de base de la estructura.
- 16.4 El amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento correspondiente al desplazamiento traslacional, β_M , debe ser menor o igual a 30%.
- 16.5 El periodo efectivo de la estructura aislada correspondiente al desplazamiento traslacional, T_M , debe ser mayor que tres veces el periodo elástico de la estructura por encima del sistema de aislamiento, considerada con base fija.
- 16.6 La estructura por encima del nivel de aislamiento no debe tener ninguna de las irregularidades listadas en el numeral 7.1.
- 16.7 El sistema de aislamiento debe satisfacer los siguientes criterios:
- 16.7.1 La rigidez efectiva del sistema de aislamiento correspondiente al desplazamiento traslacional debe ser mayor que 1/3 de la rigidez efectiva a un 20 % del desplazamiento máximo.
- 16.7.2 El sistema de aislamiento debe ser capaz de producir una fuerza de restitución lateral como está especificado en el numeral 8.4.
- 16.7.3 El desplazamiento máximo del sistema de aislamiento debe ser como mínimo el desplazamiento total máximo, D_{TM} .

Artículo 17.- Análisis dinámico

A continuación, se establecen cuándo se puede usar los procedimientos dinámicos del Capítulo VI.

17.1 Análisis Modal Espectral

El análisis dinámico modal espectral puede ser usado en el diseño de estructuras sísmicamente aisladas, si se cumplen los criterios de los numerales 16.1, 16.2, 16.3, 16.4 y 16.6 del artículo 16.





17.2 Análisis Tiempo – Historia

17.2.1 Este análisis es permitido en el diseño de cualquier estructura aislada sísmicamente y debe ser necesariamente desarrollado para el diseño de todas las estructuras aisladas que no cumplan los criterios del numeral 17.1.

17.2.2 En todos los casos los resultados usados para el diseño de los elementos de la estructura no serán menores que los obtenidos por el análisis dinámico modal espectral.

CAPITULO V

PROCEDIMIENTO DE FUERZAS ESTATICAS EQUIVALENTES

Artículo 18.- Aplicación del procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes

Cuando se utilice el procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes se deben aplicar los artículos del presente capítulo.

Artículo 19.- Características de deformación del sistema de aislamiento

19.1 Los desplazamientos laterales de diseño mínimos y las fuerzas sobre las estructuras sísmicamente aisladas deben basarse en las características de deformación del sistema de aislamiento, los cuales deben incluir los efectos del sistema de restricción al viento si es que ese sistema se usa para satisfacer los requisitos de diseño de esta norma.

19.2 Las características de deformación del sistema de aislamiento se basan en ensayos de prototipos realizados conforme al capítulo VIII de esta norma técnica e incorporan los factores de modificación de las propiedades según se especifica en el artículo 12.

19.3 El análisis del sistema de aislamiento y de la estructura se realiza por separado para las propiedades límite superior e inferior y se debe emplear para el diseño el resultado más desfavorable para cada parámetro de respuesta de interés.

Artículo 20.- Desplazamientos laterales considerados para el diseño

20.1 Desplazamiento Traslacional

El sistema de aislamiento debe ser diseñado y construido para soportar, como mínimo, el desplazamiento máximo, D_M , determinado utilizando los límites superiores e inferiores de las propiedades, en la dirección más crítica para la respuesta horizontal, calculado con la ecuación 6:

$$D_M = \frac{S_{aM} T_M^2}{4\pi^2 B_M} \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

S_{aM} = Ordenada del espectro elástico de pseudo aceleraciones correspondiente al sismo máximo, en mm/s², determinada como se indica en la ecuación 5.





T_M = Período efectivo de la estructura sísmicamente aislada, asociado al desplazamiento traslacional D_M en la dirección de análisis, tal como se indica en la ecuación 7, en segundos.

B_M = Factor de amortiguamiento, correspondiente a la razón entre ordenada espectral para 5% de amortiguamiento y la ordenada espectral para el amortiguamiento efectivo β_M correspondiente al desplazamiento traslacional D_M , que se indica en la Tabla N° 5.

Tabla N° 5 Factor de amortiguamiento B_M	
Amortiguamiento Efectivo, β_M (En porcentaje del amortiguamiento crítico) a,b	Factor B_M
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
≥ 40	1,9

Donde:

- a: β_M se basará en el amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento determinado en concordancia con los requisitos del numeral 12.5.
- b: Para valores de β_M diferentes de los indicados en la tabla, el factor B_M se obtendrá por interpolación lineal.

20.2 Período Efectivo Correspondiente al Desplazamiento Traslacional

El periodo efectivo de la estructura aislada, T_M , correspondiente al desplazamiento traslacional, D_M , debe determinarse usando los límites superior e inferior de las características de deformación del sistema de aislamiento, con la ecuación 7:

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{k_M g}} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

- P = Peso de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, determinado según la norma técnica de edificación E.030, en kN.
- k_M = Rigidez efectiva (secante) del sistema de aislamiento en la dirección de análisis, calculada con la ecuación 3, en kN/mm.
- g = Aceleración de la gravedad (9 810 mm/s²).





20.3 Desplazamiento total

20.3.1 El desplazamiento total, D_{TM} , de los elementos del sistema de aislamiento debe incluir el desplazamiento adicional debido a la torsión real y accidental, calculado con la distribución espacial de la rigidez lateral del sistema de aislamiento y la ubicación más desfavorable de la masa excéntrica.

20.3.2 El desplazamiento total, D_{TM} , de los elementos de un sistema de aislamiento no debe ser menor que lo prescrito en las siguientes ecuaciones:

$$D_{TM} = D_M \left[1 + \left(\frac{y}{P_T^2} \right) \left(\frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \right] \quad (8)$$

Nota: El desplazamiento total, D_{TM} , no será menor que $1.15D_M$

Donde:

D_M = Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento, en la dirección de análisis, como se indica en la ecuación 6, en mm.

y = Distancia entre el centro de rigidez del sistema de aislamiento y el elemento de interés, medida perpendicularmente a la dirección de la sollicitación sísmica considerada, en mm.

e = Excentricidad obtenida como la suma de la distancia en planta entre el centro de masa de la estructura sobre la interfaz de aislamiento y el centro de rigidez del sistema de aislamiento, más la excentricidad accidental, tomada como 5% de la mayor dimensión en planta del edificio en dirección perpendicular a la de la fuerza sísmica considerada, en mm.

b = Dimensión menor de la proyección en planta de la estructura, medida perpendicularmente a la dimensión mayor, d , en mm.

d = Dimensión mayor de la proyección en planta de la estructura, en mm.

P_T = Razón entre el período traslacional efectivo del sistema de aislamiento y el período rotacional efectivo del sistema de aislamiento; calculada mediante un análisis dinámico o como se indica en la ecuación 9, pero no requiere ser menor que 1:

$$P_T = \frac{1}{r_a} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i^2 + y_i^2)}{N}} \quad \dots \dots \dots (9)$$





Donde:

- $r_a =$ Radio de giro del sistema de aislamiento, en mm, el cual es igual a $\frac{1}{12}(b^2 + d^2)^{1/2}$ en sistemas de aislamiento con planta rectangular de dimensiones $b \times d$.
- $N =$ Número de aisladores.
- $x_i, y_i =$ Distancias horizontales entre el centro de masas del sistema de aislamiento y el aislador i -ésimo, medidas en las direcciones de los ejes del sistema de aislamiento, en mm.

Artículo 21.- Fuerzas laterales mínimas requeridas para el diseño

21.1 Sistema de aislamiento y elementos estructurales bajo el nivel de base

21.1.1 El sistema de aislamiento, la cimentación, y todos los elementos estructurales bajo el nivel de base deberán ser diseñados y construidos para resistir una fuerza sísmica lateral mínima, V_b , usando todos los requisitos aplicables para estructuras no aisladas y como se indica en la ecuación 10, considerando los límites superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento:

$V_b = k_M D_M$ (10)

Donde:

- $k_M =$ Rigidez efectiva (secante) del sistema de aislamiento en la dirección horizontal de análisis, calculada con la ecuación 3, en kN/mm.
- $D_M =$ Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento, en la dirección de análisis, como se indica en la ecuación 6, en mm.

21.1.2 V_b no podrá ser menor que la máxima fuerza que pueda desarrollarse en el sistema de aislamiento en cualquier desplazamiento, incluyendo el desplazamiento traslacional D_M como se define en el artículo 20.

21.1.3 Las cargas sobre los elementos del sistema de aislamiento, la cimentación, y los elementos estructurales por debajo del nivel de base debidas al momento de volteo originado por la fuerza sísmica lateral V_b se calculan con la distribución vertical de las fuerzas del artículo 22, excepto que debe usarse la fuerza lateral sísmica de diseño no reducida, V_{st} , en lugar de V_s en la ecuación 14.

21.2 Elementos estructurales sobre el nivel de base

21.2.1 La estructura por encima del nivel de base debe ser diseñada y construida utilizando todos los requisitos aplicables para una estructura no aislada, para una fuerza de corte mínima, V_s , determinada considerando los límites superior e inferior de las





propiedades del sistema de aislamiento, como se indica en la ecuación 11:

$$V_s = \frac{V_{st}}{R_a} \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

R_a = Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento, calculado como $\frac{3}{8}R_0$, pero no menor que 1 ni mayor que 2.

R_0 = Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre base fija, dependiente de las características de la estructura, definido en la norma técnica de edificación E.030.

V_{st} = Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base, como se indica en la ecuación 12, en kN.

21.2.2 La fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base, V_{st} , se determina utilizando tanto los límites superior como inferior de las propiedades del sistema de aislamiento y como se indica en la ecuación 12:

$$V_{st} = V_b \left(\frac{P_s}{P} \right)^{(1-2,5\beta_M)} \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

P = Peso sísmico de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, determinado según la norma técnica de edificación E.030, en kN.

P_s = Peso sísmico efectivo de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, calculado en forma similar a P pero sin incluir el nivel de base, en kN.

β_M = Amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento para el desplazamiento traslacional D_M según la ecuación 4 (expresado como fracción del amortiguamiento crítico).

21.2.3 Cuando la distancia promedio desde la parte superior del aislador a la parte inferior de la estructura del diafragma del nivel de base de aislamiento exceda de 900 mm, el peso sísmico efectivo P_s se toma igual a P .

21.2.4 Excepcionalmente, para los sistemas de aislamiento cuyo comportamiento histerético se caracteriza por una transición abrupta desde el comportamiento pre-fluencia (o pre-deslizamiento) al





comportamiento post-fluencia (o post-deslizamiento), el exponente (1-2,5 β_M) en la ecuación 12 es reemplazado por (1-3,5 β_M).

21.3 Límites de V_s

El valor de la fuerza cortante en la base sobre el sistema de aislamiento, V_s , debe ser mayor o igual que el máximo valor de los numerales siguientes:

21.3.1 La fuerza sísmica lateral requerida por la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" vigente para una estructura con base fija, con un peso igual al peso sísmico efectivo P_s y un período igual al período del sistema de aislamiento T_M calculado con las propiedades correspondientes al límite superior.

21.3.2 La fuerza cortante en la base correspondiente a la carga de viento de diseño factorada.

21.3.3 La fuerza lateral sísmica, V_{st} , calculada con la ecuación 12 y con V_b igual a la fuerza requerida para activar plenamente el sistema de aislamiento utilizando la mayor de:

- a) Las propiedades del sistema de aislamiento correspondientes al límite superior.
- b) 1,5 veces las propiedades nominales, requeridas para activar completamente el sistema de aislamiento.
- c) La capacidad máxima de un sistema "fusible" de restricción al viento.
- d) La fuerza de fricción de ruptura de un sistema de deslizamiento, o
- e) La fuerza para cero desplazamientos de un sistema de deslizamiento después de un ciclo dinámico completo de movimiento de amplitud D_M .

Artículo 22.- Distribución vertical de la fuerza

22.1 La fuerza sísmica lateral V_s debe distribuirse entre los distintos niveles de la estructura sobre el sistema de aislamiento usando las ecuaciones siguientes:

$$F_1 = (V_b - V_{st}) / R_a \quad \dots \quad (13)$$

$$F_i = \frac{p_i h_i^k}{\sum_{j=2}^n p_j h_j^k} V_s \quad (i > 1) \quad \dots \quad (14)$$

$$k = 14 \beta_M T \quad \dots \quad (15)$$





Donde:

F_1 = Fuerza sísmica lateral en el nivel de base, en kN

F_i = Fuerza sísmica lateral en el nivel i , en kN

h_i = Altura del nivel i respecto al nivel de base, en mm

n = Número de pisos de la estructura sobre la interfaz de aislamiento.

p_i = Parte del peso P que se ubica en o se asigna al nivel i , en kN.

R_a = Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas para la estructura sobre el sistema de aislamiento, calculado como $\frac{3}{8}R_0$, pero no menor que 1 ni mayor que 2.

T = período fundamental de la estructura considerada con base fija, en la dirección de análisis, evaluado con cualquiera de los procedimientos indicados en la norma técnica de edificación E.030, en s.

V_b = Fuerza cortante total en el sistema de aislamiento o en los elementos bajo el nivel de aislamiento, como se indica en la ecuación 10, en kN.

V_s = Fuerza cortante en la base de la estructura sobre el sistema de aislamiento, como se prescribe en la ecuación 11 y con los límites indicados en el numeral 21.3 en kN.

V_{st} = Fuerza cortante no reducida actuante sobre los elementos por encima del nivel de base, como se indica en la ecuación 12, en kN.

β_M = Amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento para el desplazamiento traslacional según la ecuación 4 (expresado como fracción del amortiguamiento crítico).

22.2 En lugar de las ecuaciones 11 y 14, se permite calcular la fuerza sísmica lateral F_i como el promedio de las fuerzas obtenidas para el nivel i en la dirección de análisis, utilizando un modelo simplificado de acoplamiento cercano con una representación concentrada del sistema de aislamiento, mediante análisis tiempo-historia escalados para V_b/R_a al nivel de base.

Artículo 23.- Límites de la deriva

23.1 La máxima deriva en la estructura por encima del nivel de base no debe exceder de 0,0035.

23.2 Esta deriva es calculada multiplicando los resultados de un análisis lineal elástico por R_a .



Artículo 26.- Descripción de procedimientos

Los procedimientos de análisis modal espectral y análisis tiempo-historia se deben realizar de acuerdo a la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" vigente y a los requerimientos de este artículo

26.1 Solicitación sísmica

El sismo máximo considerado se debe usar para calcular las fuerzas laterales, los desplazamientos de la superestructura, el desplazamiento total del sistema de aislamiento, las fuerzas en las unidades de aislamiento, las fuerzas en sus conexiones y las fuerzas en el sistema de vigas que se ubican sobre y por debajo del sistema de aislamiento para resistir el efecto P-Delta.

26.2 Procedimiento modal espectral

26.2.1 Para el análisis modal espectral se emplea un valor de amortiguamiento modal para el modo fundamental en la dirección de interés que no sea mayor que el amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento o 30% del amortiguamiento crítico, el que sea menor.

26.2.2 Los valores de amortiguamiento modal para los otros modos deben ser seleccionados consistentemente con aquellos valores correspondientes a la estructura con base fija.

26.2.3 El análisis modal espectral de cada dirección debe efectuarse empleando el espectro al 100% en la dirección de análisis más el 30% en la dirección perpendicular.

26.2.4 En cada dirección de análisis, el desplazamiento máximo del sistema de aislamiento debe calcularse como la suma vectorial de los dos desplazamientos ortogonales.

26.3 Análisis tiempo-historia

26.3.1 Este procedimiento se debe desarrollar con un conjunto de pares de registros del movimiento del terreno que deben ser seleccionados y escalados según el artículo 14 y lo señalado en la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" vigente.

26.3.2 Cada par de componentes del movimiento de terreno debe ser aplicado simultáneamente al modelo considerando la orientación y la ubicación de la excentricidad de la masa más desfavorable.

26.3.3 El desplazamiento máximo del sistema de aislamiento debe ser calculado mediante la suma vectorial de los dos desplazamientos ortogonales en cada instante de tiempo.

26.3.4 Los parámetros de interés deben ser calculados para cada movimiento del terreno usado para el análisis tiempo-historia y el valor promedio de los parámetros de respuesta de interés debe ser empleado para el diseño.



CAPITULO VI

PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS DINÁMICO

Artículo 24.- Aplicación de procedimientos de análisis dinámico

Cuando se utilicen procedimientos de análisis dinámico se debe aplicar los artículos del presente capítulo.

Artículo 25.- Modelo estructural

El modelo matemático de la estructura aislada incluyendo el sistema de aislamiento, el sistema resistente a fuerzas sísmicas y otros elementos estructurales, debe estar conforme con lo dispuesto por la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" vigente y los requerimientos de los numerales 25.1 y 25.2.

25.1 Sistema de Aislamiento

25.1.1 El sistema de aislamiento se modela usando las características de deformación desarrolladas de acuerdo con los requerimientos del artículo 12.

25.1.2 Los desplazamientos y fuerzas laterales deben ser calculados de forma separada para las propiedades límite superior e inferior del sistema de aislamiento tal como se define en el numeral 12.4.

25.1.3 El sistema de aislamiento se debe modelar con suficiente detalle para:

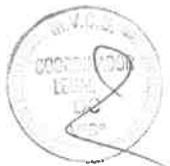
- Considerar la distribución espacial de las unidades de aislamiento.
- Estimar la traslación en ambas direcciones horizontales y la torsión de la superestructura considerando la ubicación más desfavorable de la excentricidad de la masa.
- Evaluar los efectos del momento de volteo y el posible levantamiento de las unidades de aislamiento.
- Considerar los efectos de la carga vertical, las acciones bidireccionales y la velocidad de carga en caso que las relaciones de fuerza - deformación sean dependientes de una o más de estas variables.

25.1.4 El desplazamiento total, D_{TM} en el sistema de aislamiento es calculado mediante un modelo matemático que incorpore el sistema resistente a fuerzas laterales y las características fuerza - deformación de los elementos no lineales del sistema de aislamiento.

25.2 Estructura Aislada

25.2.1 Se permite calcular el desplazamiento de cada nivel y las fuerzas de diseño en los elementos del sistema sismorresistente, mediante un modelo elástico lineal de la superestructura.

25.2.2 El análisis del sistema de aislamiento y de la estructura se realizará por separado para las propiedades límite superior e inferior y se usa para el diseño el resultado más crítico para cada parámetro de respuesta de interés.





26.3.5 Para zonas cercanas a una falla geológica, cada par de componentes horizontales se debe rotar y ubicar en la dirección paralela y perpendicular a la falla, y aplicarse al edificio en cada orientación. En otros casos no es necesario aplicar las componentes en múltiples orientaciones.

26.4 Excentricidad accidental de la masa

26.4.1 La respuesta torsional ocasionada por la falta de simetría de masa y rigidez debe ser considerada en el análisis.

26.4.2 Cada una de las dos direcciones ortogonales de análisis debe considerarse, por separado, la excentricidad accidental consistente en el desplazamiento del centro de masa de la posición calculada en una magnitud igual a 5% de la dimensión del diafragma.

Artículo 27.- Fuerzas y desplazamientos laterales mínimos

27.1 Sistema de aislamiento y elementos estructurales en la subestructura

27.1.1 El sistema de aislamiento, la cimentación y todos los elementos estructurales de la subestructura deben ser diseñados usando todos los requerimientos apropiados para una estructura no aislada y las fuerzas obtenidas del análisis dinámico sin reducción.

27.1.2 Esta fuerza lateral de diseño para el sistema de aislamiento, la subestructura y la cimentación, no debe ser menor a 90% de V_b determinada con la ecuación 10.

27.1.3 El desplazamiento total del sistema de aislamiento debido al sismo máximo considerado, no debe ser menor que el 80% de D_{TM} especificado en el numeral 20.3 pudiendo usar D'_M en lugar de D_M

$$D'_M = \frac{D_M}{\sqrt{1 + (\frac{T}{T_M})^2}} \dots\dots\dots (16)$$

Donde:

D_M = Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento, en la dirección de análisis, correspondiente al sismo máximo, como se indica en la ecuación 6, en mm.

T = Periodo fundamental de la estructura considerada con base fija, en la dirección de análisis, evaluado con cualquiera de los procedimientos indicados en la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" vigente, en segundos.

T_M = Período efectivo de la estructura sísmicamente aislada, asociado al desplazamiento traslacional D_M en la dirección de análisis, tal como se indica en la ecuación 7, en segundos.





27.2 Elementos estructurales sobre el sistema de aislamiento

- 27.2.1 Los elementos estructurales sobre el sistema de aislamiento deben ser diseñados usando los requerimientos para una estructura no aislada y las fuerzas obtenidas de un análisis dinámico reducidas por R_a .
- 27.2.2 Para el procedimiento modal espectral, la fuerza cortante de diseño en cualquier piso no debe ser menor a la fuerza de corte que resulta de la aplicación de fuerzas según el cálculo en la ecuación 14 y un valor de V_b igual a la cortante basal obtenida por el procedimiento modal espectral en la dirección de interés.
- 27.2.3 Para el análisis tiempo-historia en estructuras regulares, el valor de V_b no debe ser tomado menor que el 80% de lo especificado el numeral 21.1 y el valor de V_s no debe ser tomado menor que el 100% de lo especificado en el numeral 21.3.
- 27.2.4 Para el análisis tiempo-historia en estructuras irregulares, el valor de V_b no debe ser tomado menor que el 100% de lo especificado en la numeral 21.1 y el valor de V_s no debe ser tomado menor que el 100% de lo especificado en el numeral 21.3.



27.3 Escalamiento de resultados

Cuando la fuerza cortante lateral de los elementos estructurales, determinada usando el procedimiento modal espectral o el procedimiento de tiempo-historia, es menor que el valor mínimo indicado en los numerales 27.1 y 27.2, las fuerzas en los elementos de la estructura deben ser aumentadas proporcionalmente.

27.4 Límites de la deriva

La deriva máxima de entrepiso correspondiente al SMC y un factor de reducción $R_a=1$, incluyendo el desplazamiento ocasionado por la deformación vertical del sistema de aislamiento, debe cumplir con alguno de los siguientes límites:

- 27.4.1 La máxima deriva de entrepiso de la superestructura calculado por el análisis modal espectral no debe exceder 0,0035.
- 27.4.2 La máxima deriva de entrepiso de la superestructura calculado por el análisis tiempo-historia, considerando las características de fuerza-deformación no lineales de la interfaz de aislamiento, no debe exceder 0,005.



CAPITULO VII

REVISIÓN DEL DISEÑO

Artículo 28.- Criterios para la revisión del diseño

- 28.1 Se debe efectuar una revisión del diseño del sistema de aislamiento y de los programas de ensayos requeridos.
- 28.2 La revisión debe ser realizada por ingenieros civiles colegiados y habilitados independientes del diseñador y proveedor de dispositivos, con experiencia demostrada en proyectos que incluyan sistemas de aislamiento sísmico.





28.3 La revisión debe incluir, pero no limitarse a los siguientes temas:

- 28.3.1 Criterios de diseño del proyecto, que deben incluir los espectros de respuesta y registros de aceleración del terreno usados.
- 28.3.2 Diseño preliminar, incluyendo la selección de los dispositivos, determinación del desplazamiento traslacional y total, y la fuerza cortante en el sistema de aislamiento.
- 28.3.3 Revisión de la información técnica de los aisladores y de los factores de modificación de sus propiedades correspondientes al fabricante y a los tipos de dispositivos previstos
- 28.3.4 Programa de ensayos de los prototipos.
- 28.3.5 Diseño final del sistema estructural y todos los análisis que lo sustentan.
- 28.3.6 Compatibilidad del diseño final de las instalaciones correspondientes a las distintas especialidades con los desplazamientos previstos en la interfaz de aislamiento.
- 28.3.7 Programa de ensayos de los aisladores a instalarse en obra.



CAPITULO VIII ENSAYOS

Artículo 29.- Validación de propiedades de los aisladores

- 29.1 Las relaciones constitutivas fuerza-deformación y los valores de amortiguamiento del sistema de aislamiento utilizados en el análisis y diseño de estructuras con aislamiento sísmico, deben ser verificadas con anterioridad a su uso en la construcción de acuerdo a los ensayos indicados en este capítulo.
- 29.2 Todos los componentes del sistema de aislamiento deben ser ensayados, incluyendo el sistema de restricción de viento si tal sistema se ha considerado en el diseño.
- 29.3 Los ensayos especificados en este capítulo deben emplearse para validar las propiedades de las unidades y del sistema de aislamiento consideradas en el diseño final en concordancia con el artículo 12.
- 29.4 Estos ensayos podrán ser efectuados en los laboratorios de fabricante o en laboratorios independientes, en ambos casos el laboratorio deberá contar con certificación de acuerdo a la Norma ASTM E04 (Standard Practices for Force Verification of Testing Machines) o similar.
- 29.5 El fabricante debe acreditar mediante reportes o investigaciones, que ha efectuado ensayos de caracterización de propiedades y de alta performance de aisladores sísmicos en un laboratorio de cualquier universidad o instituto de investigación reconocido a nivel mundial, estableciendo claramente la normativa utilizada.
- 29.6 El fabricante de los dispositivos de aislamiento sísmico es responsable de la calidad y procesos de fabricación de todos los insumos, según estándares internacionales reconocidos.





29.7 Los ensayos de los aisladores serán divididos en dos tipos:

- 29.7.1 Ensayos de dos aisladores prototipo por tipo (aisladores adicionales a los necesarios en obra, del mismo tipo y características).
- 29.7.2 Ensayos de cada uno de los aisladores a instalarse en la obra.

Artículo 30.- Ensayos de cualificación

El fabricante de los dispositivos de aislamiento sísmico debe remitir al proyectista, para su aprobación, los análisis y resultados de los ensayos de cualificación y los estudios científicos que pueden ser usados para cuantificar los efectos de calentamiento debido a cargas cíclicas, velocidad de carga, *scragging*, variabilidad e incertidumbre en las propiedades de fabricación de los aisladores, exposición medioambiental y contaminación.

Artículo 31.- Ensayos de los aisladores prototipo

- 31.1 Se fabricarán dos aisladores prototipo a escala natural, idénticos a los aisladores de obra, por cada tipo y tamaño diferente de aislador que exista dentro del sistema de aislamiento.
- 31.2 Las pruebas de los prototipos deben incluir el efecto de los sistemas de restricción para las cargas de viento contemplados en el diseño. La capacidad máxima de dichos sistemas debe ser establecida mediante ensayos.
- 31.3 Los ensayos de los aisladores prototipo, especificados en los artículos 31 al 37, no deben ser considerados como pruebas que puedan reemplazar a las estipuladas en los artículos 39 al 43 para los aisladores que serán instalados en obra.
- 31.4 Los ensayos de los aisladores prototipo serán hechos preferentemente antes de la fabricación de aisladores de obra; sin embargo, a riesgo del fabricante será posible proceder a la fabricación de los dispositivos de obra antes de la fabricación y ensayo de los prototipos.
- 31.5 Los aisladores usados en el ensayo de prototipos no deben ser usados en la construcción.

Artículo 32.- Secuencia y ciclo de los ensayos de los aisladores prototipo

- 32.1 Cada una de las siguientes secuencias de ensayo deben realizarse para el número de ciclos prescritos, a una carga vertical igual al promedio del 100% de la carga muerta más el 50% de los efectos debidos a la carga viva en todas las unidades del aislamiento del mismo tipo y tamaño.
- 32.2 Las pruebas de los aisladores prototipo deben realizarse previamente a los ensayos de aisladores de obra especificados en los artículos 39 al 43.
- 32.3 Los ensayos de los prototipos deben incluir como mínimo lo siguiente:
 - 32.3.1 Veinte ciclos completos con inversión de carga, para una fuerza correspondiente a la fuerza lateral de diseño para viento.
 - 32.3.2 Cualquiera de las siguientes secuencias a) o b):





- a) Tres ciclos completos en cada uno de los siguientes incrementos de desplazamientos: $0,25D_M$, $0,5D_M$, $0,67D_M$ y $1,0D_M$, donde D_M está determinado de acuerdo al numeral 20.1.
- b) La secuencia subsiguiente realizada dinámicamente con un período efectivo T_M con un ciclo completo de carga y descarga para cada una de las siguientes amplitudes de desplazamiento: $1,0 D_M$, $0,67D_M$, $0,5 D_M$ y $0,25D_M$; aplicando luego una secuencia análoga y un ciclo completo para cada una de las amplitudes de desplazamiento: $0,25D_M$, $0,5D_M$, $0,67D_M$ y $1,0 D_M$. Se permite un intervalo de reposo entre estas dos secuencias.

32.3.3 Tres ciclos completos al desplazamiento traslacional, $1,0 D_M$

32.3.4 Cualquiera de las siguientes secuencias a) o b):

- a) Ciclos completos a 0,75 veces el desplazamiento traslacional, $0,75D_M$
- b) La prueba del anterior ítem (a), llevada a cabo de forma dinámica con un período efectivo T_M . Esta prueba puede incluir conjuntos separados de varios ciclos de carga, donde cada conjunto consiste en no menos de cinco ciclos continuos.

32.4 Adicionalmente, el sub numeral 32.3.2 de la secuencia de ensayos cíclicos especificada anteriormente se debe realizar para las combinaciones de carga verticales 2 y 3 indicadas en el numeral 11.2.

32.5 En estos ensayos las cargas verticales combinadas se deben considerar como la fuerza de compresión promedio en todos los aisladores del mismo tipo y tamaño.

32.6 Los valores de carga axial y desplazamiento para cada prueba serán los mayores de los determinados por análisis utilizando los límites superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento determinados de acuerdo con el numeral 12.4.

32.7 El período efectivo T_M es el más bajo de los determinados por análisis utilizando los valores de límite superior y límite inferior. Ver Anexo I.

Artículo 33.- Ensayos dinámicos de los aisladores prototipo

Si se opta por ensayos dinámicos establecidos en el literal b) del numeral 32.3.2 y en el literal b) del numeral 32.3.4., estos ensayos deben ser realizados con el menor de los periodos efectivos T_M determinado usando los límites superior e inferior de las propiedades de los aisladores.

Artículo 34.- Aisladores prototipo cuyas propiedades dependen de cargas bidireccionales

34.1 Se considera que las propiedades de un aislador dependen de cargas bidireccionales, si la rigidez efectiva cuando se somete a cargas bidireccionales es diferente de la rigidez efectiva del dispositivo sometido a una carga unidireccional en más de un 15 %.





34.2 En tal caso, cada conjunto de pruebas especificadas en los artículos 32 y 33 deben ser ampliadas para incluir el efecto de la carga bidireccional en las siguientes combinaciones del desplazamiento traslacional D_M : 0,25 y 1,0; 0,5 y 1,0; 0,67 y 1,0; y 1,0 y 1,0.

Artículo 35.- Carga vertical máxima y mínima de los aisladores prototipo

35.1 Los prototipos deben ser sometidos a un ciclo adicional de carga para desplazamiento total D_{TM} tanto para una carga vertical máxima como para una carga vertical mínima estipulada en el numeral 11.2

35.2 Los valores de carga axial y desplazamiento para cada prueba debe ser el mayor de los determinados por el análisis utilizando los valores de límite superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento determinados de acuerdo con el numeral 12.4.

35.3 En lugar de usar valores de una envolvente para un único ensayo, es aceptable efectuar dos ensayos, cada uno para la combinación de carga vertical y el desplazamiento horizontal obtenidos del análisis utilizando los valores límite superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento, respectivamente, determinadas de acuerdo con el numeral 12.4.

Artículo 36.- Ensayos de prototipos de unidades similares

36.1 Los ensayos en los prototipos no son requeridos para una unidad exactamente igual a una que haya sido previamente ensayada por el mismo fabricante usando la secuencia especificada para los ensayos indicados en los artículos 31 al 36.

36.2 Además, debe cumplir lo siguiente:

36.2.1 Haber sido elaborada por el mismo fabricante con iguales o más estrictos procedimientos de fabricación y control de calidad debidamente documentados.

36.2.2 Para los aisladores tipo elastoméricos, el diseño del aislador no debe tener un mayor desplazamiento lateral ni mayor esfuerzo vertical que el del prototipo previamente probado.

36.2.3 Para aisladores tipo deslizante, el diseño del aislador no debe tener un esfuerzo vertical o velocidad de deslizamiento mayor que el del prototipo probado anteriormente y usando el mismo material deslizante.

36.3 La anterior exención de pruebas de prototipo debe ser aprobada por el ingeniero diseñador del sistema de aislamiento y el profesional revisor de acuerdo a lo indicado en el artículo 28.

Artículo 37.- Determinación de las características fuerzas - deformación

37.1 Las características fuerza - deformación del sistema de aislamiento deben estar basadas en las pruebas de carga cíclica del aislador especificadas en los artículos del 31 al 36.



- 37.2 La rigidez efectiva de una unidad de aislador k_{eff} , debe ser calculada para cada ciclo de carga de acuerdo a:

$$k_{eff} = \frac{|F^+| + |F^-|}{|\Delta^+| + |\Delta^-|} \quad \dots\dots\dots (17)$$

Donde F^+ y F^- son las máximas fuerzas positivas y negativas, en Δ^+ y Δ^- respectivamente.

- 37.3 El amortiguamiento efectivo, β_{eff} , de una unidad de aislador debe ser calculado para cada ciclo de carga por la ecuación:

$$\beta_{eff} = \frac{2}{\pi} \frac{E_{ciclo}}{k_{eff}(|\Delta^+| + |\Delta^-|)^2} \quad \dots\dots\dots (18)$$

Nota: Donde la energía disipada por ciclo de carga E_{ciclo} , y la rigidez efectiva k_{eff} , debe estar basada en las pruebas de desplazamiento de Δ^+ y Δ^- .

- 37.4 La rigidez post-fluencia, k_d , de cada unidad de aislamiento se calcula para cada ciclo de carga utilizando los siguientes supuestos:

37.4.1 Se asume un ciclo de prueba para tener unas características histeréticas bilineales con valores de k_e , k_d , Q , F_y , k_{eff} y E_{ciclo} como se muestra en la Figura 2.

37.4.2 El ciclo calculado tiene los mismos valores de rigidez efectiva, k_{eff} , y la energía disipada por ciclo de carga, E_{ciclo} , que el ciclo de prueba.

37.4.3 El valor asumido de k_e , es mediante un ajuste visual a la rigidez elástica de la unidad de aislador durante la descarga inmediatamente después de D_M .

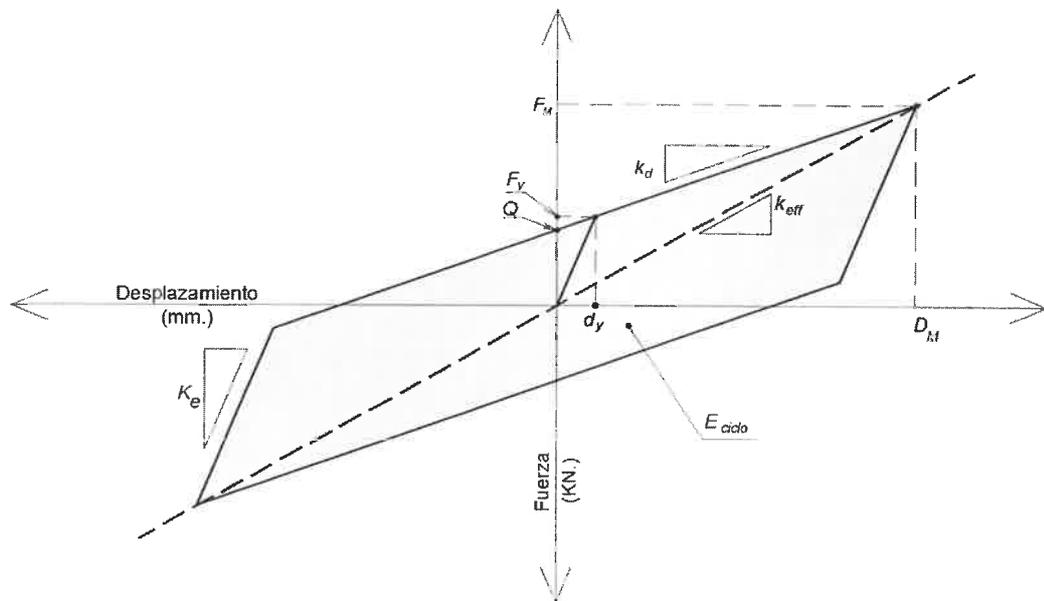


Figura 2: Propiedades Nominales del modelo bilinear Fuerza – Deformación del Aislador



- 37.5 Se permite utilizar diferentes métodos para ajustar los parámetros, tal como un ajuste de la recta de, k_d , directamente en la curva de histéresis y luego determinar k_e para que coincida con E_{ciclo} , o la definición de D_y y F_y por ajuste visual y luego determinar k_d para que coincida con E_{ciclo} .

Artículo 38.- Verificación de la calidad de los ensayos

Los ensayos de los prototipos se consideran adecuados si se cumplen las condiciones siguientes:

- 38.1 La curva fuerza-deformación para todos los ensayos especificados en los artículos 31 al 35 es ascendente.
- 38.2 La rigidez media post-fluencia, k_d , y la energía disipada por ciclo, E_{ciclo} , para los tres ciclos de prueba especificados en el numeral 32.3.3 para la carga vertical igual al promedio de la carga muerta más la mitad del promedio de la carga viva, incluyendo los efectos de temperatura y velocidad de carga de conformidad con el numeral 12.2 (propiedades límite de los componentes del sistema de aislamiento) debe estar dentro del rango de los valores de diseño nominales definidas por el rango aislador individual admisible que son típicamente $\pm 5\%$ mayor que el $\lambda_{(fab,mín)}$ y $\lambda_{(fab,máx)}$ rango para el promedio de todos los aisladores.

- 38.3 Para cada incremento de desplazamiento de los ensayos especificados en los subnumerales 32.3.2 y 32.3.3 y para cada caso de carga vertical especificado en el artículo 32.

38.3.1 Para cada muestra de ensayo el valor de la rigidez post-fluencia, k_d , en cada uno de los ciclos de prueba en un desplazamiento igual, cae dentro del intervalo definido por $\lambda_{(tvs,mín)}$ y $\lambda_{(tvs,máx)}$, multiplicado por el valor nominal de la rigidez post-fluencia.

38.3.2 Para cada ciclo de ensayo, la diferencia entre la rigidez efectiva de cada uno de los dos especímenes (del mismo tipo y tamaño de aislador) y la rigidez efectiva promedio de ambos no será mayor al 15 %.

- 38.4 Para los ensayos especificados en el sub numeral 32.3.4 no hay un cambio mayor al 20 % de la rigidez efectiva en cada ciclo de ensayo sobre la rigidez efectiva inicial.

- 38.5 Para cada aislador ensayado el valor de la rigidez post-fluencia, k_d , y la energía disipada por ciclo, E_{ciclo} , para cualquier ciclo de cada conjunto de cinco ciclos de prueba establecida en el sub numeral 32.3.4 debe estar dentro del rango de los valores nominales de diseño definido por $\lambda_{(tvs,mín)}$ y $\lambda_{(tvs,máx)}$,

- 38.6 Para cada dispositivo no habrá una disminución mayor al 20% del amortiguamiento efectivo inicial, durante los ciclos de prueba especificados en el sub numeral 32.3.4

- 38.7 Todas las muestras de los aisladores deben mantenerse estables para carga vertical, ensayados según lo indicado en el artículo 35.



38.8 El profesional de diseño responsable puede ajustar los límites de los numerales 38.3, 38.4 y 38.6 para tener en cuenta los factores de variación de la propiedad del numeral 12.3 utilizados para el diseño del sistema de aislamiento.

Artículo 39.- Ensayos de aisladores de obra

39.1 El programa de ensayos para las unidades de aislamiento a ser utilizadas en la construcción, debe ser establecido por el ingeniero diseñador del sistema de aislamiento en base a los requisitos mínimos de este ítem.

39.2 El programa de ensayos debe evaluar la consistencia de los valores medidos para las propiedades ensayando el 100% de los aisladores bajo la acción combinada de compresión y corte a $0,67D_M$; determinado utilizando el límite inferior de las propiedades del dispositivo de aislamiento.

39.3 La rigidez y los amortiguamientos obtenidos de los últimos tres ciclos del ensayo de un dispositivo deben estar entre el 0,8 y el 1,2 del valor nominal establecido para el dispositivo.

TABLA N° 6 ENSAYOS DE OBRA

ORDEN DE ENSAYO	CARGA (tonf)	TIEMPO / N° DE CICLOS	DESPLAZAMIENTO (mm)
1°	Promedio $1,2D+L + E_{prom}$	5 minutos	0
2°	Promedio $D + 0,5L$	4 ciclos	$0,67D_M$

Artículo 40.-Criterios de aceptación para cada aislador de obra ensayado

40.1 El dispositivo no debe presentar fallas como falta de adherencia entre el caucho y acero, grietas superficiales en el caucho que son más anchas o más profundas que $2/3$ del espesor de la cobertura de caucho, ni deformaciones permanentes.

40.2 Para el cálculo de la rigidez y amortiguamiento se considera únicamente los valores de lecturas de los últimos 3 ciclos de las secuencias de deformación.

40.3 De estos 3 últimos ciclos se obtiene el promedio de las rigideces y amortiguamientos, los cuales deben estar dentro de un rango de variación de $\pm 15\%$ respecto a los valores nominales asociados a un desplazamiento a $0,67D_M$

Artículo 41.- Ensayo de deslizadores de obra

41.1 Los deslizadores sísmicos de superficie plana (que trabajan en combinación con los aisladores elastoméricos) deben ser sometidos a ensayos según las siguientes consideraciones:

41.1.1 Cuando existan menos de 5 deslizadores del mismo tipo en el proyecto, estos deben ser ensayados en su totalidad. En caso de mayor cantidad de deslizadores debe ensayarse el 15% de cada tipo de deslizadores y como mínimo 4 de ellos.





41.1.2 Se debe aplicar una carga axial equivalente al promedio de carga sobre los deslizadores del mismo tipo para la combinación

P = 1,2CM + 0,5CV + CS (19)

Donde, CS representa la carga de compresión producto del sismo de diseño.

Después de haber cargado al valor requerido total, se debe mantener la carga por 5 minutos. Antes de descargar, el deslizador debe ser inspeccionado por fallas.

41.1.3 Después del ensayo de compresión pura, someter al deslizador a 4 ciclos completos al promedio de la combinación CM +0,5CV, a un desplazamiento de 0,67DM.

41.2 Los valores de rigidez y amortiguamiento deben ser obtenidos de los ensayos, según el siguiente cuadro:

Table with 4 columns: ORDEN DE ENSAYO, CARGA, DURACIÓN, DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL. Row 1: 1°, 1,2CM+CV+ CS, 5 minutos, 0. Row 2: 2°, CM +0,5 CV, 4 ciclos, 0,67DM.

Artículo 42.- Criterios de aceptación para cada deslizador de obra ensayado

42.1 El dispositivo no debe presentar fallas como punzonamientos, desprendimiento de material, ni deformaciones permanentes.

42.2 Para el cálculo de la rigidez y amortiguamiento se considera únicamente los valores de lecturas de los últimos 3 ciclos de las secuencias de deformación.

42.3 De estos 3 últimos ciclos se obtiene el promedio de las rigideces y amortiguamientos, los cuales deben estar dentro de un rango de variación de ±15% respecto a los valores nominales asociados a un desplazamiento a 0,67DM.

42.4 El fabricante debe entregar reportes de ensayos de caracterización del material de contacto usado en los deslizadores, donde se aprecie la variación del coeficiente de fricción en función de la velocidad y bajo distintas presiones de contacto.

Artículo 43.- Criterio de aceptación para el sistema de aislamiento

43.1 La rigidez y amortiguamiento global del sistema de aislamiento es determinada en función al aporte de cada dispositivo ensayado; en el caso de deslizadores, el aporte de cada dispositivo es considerada como el promedio de valores de rigidez y amortiguamiento de los deslizadores ensayados.

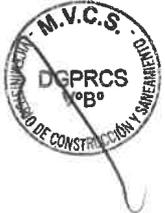
43.2 Las propiedades globales en cuanto a la rigidez y al amortiguamiento debe presentar una variación de ±10% respecto a los valores nominales asociados a un desplazamiento a 0,67DM.





ANEXO I

FACTORES EXTREMOS MODIFICATORIOS DE LAS PROPIEDADES





Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Viceministerio de Construcción y Saneamiento

Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento

Dirección de Construcción

VALORES MÍNIMOS DE LOS FACTORES DE MODIFICACIÓN MÁXIMO PARA FABRICANTES CALIFICADOS

VALOR MÍNIMO PARA:	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento
	u o Qd	u o Qd	K	Kd	Qd	Kd
Factor Máximo para Envejecimiento y Efectos Ambientales (λ_{ae}, \max)	1.21	1.65	1	1	1	1.2
Factor Máximo para variaciones por temperatura, velocidad de carga, scragging (λ_{tvs}, \max)	1.2	1.3	1.03	1.03	1.3	1.3
Factor Máximo para verificar los ensayos de aisladores de obra- variaciones de fabricación (λ_{fab}, \max)	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Factor de Modificación Máximo Límite Superior: $\lambda_{max} = [1 + 0.75(\lambda_{ae}, \max - 1)]$ * λ_{tvs}, \max * λ_{fab}, \max	1.6	2.25	1.3	1.3	1.5	2



PERÚ

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Viceministerio de Construcción y Saneamiento

Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento

Dirección de Construcción

VALORES MÁXIMOS DE LOS FACTORES DE MODIFICACIÓN MÍNIMO PARA FABRICANTES CALIFICADOS

VALOR MÁXIMO PARA:	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento
	$u \text{ o } Qd$	$u \text{ o } Qd$	K	Kd	Qd	Kd
Factor Mínimo para Envejecimiento y Efectos Ambientales (λ_{ae}, \min)	1	1	1	1	1	1
Factor Mínimo para variaciones por temperatura, velocidad de carga, scragging (λ_{tvs}, \min)	0.95	0.95	0.98	0.98	0.95	0.95
Factor Mínimo para verificar los ensayos de aisladores de obra- variaciones de fabricación (λ_{fab}, \min)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Factor de Modificación Mínimo Límite Inferior: $\lambda_{min} = [1 - 0.75(\lambda_{ae}, \min - 1)] * \lambda_{tvs}, \min * \lambda_{fab}, \min$	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8





PERÚ

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Viceministerio de Construcción y Saneamiento

Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento

Dirección de Construcción

FACTORES DE MODIFICACION INFERIOR PARA FABRICANTES DESCONOCIDOS

Variable	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
	u o Qd	u o Qd	K	Kd	Kd	Qd	Kd	Qd
Factor Mínimo para Envejecimiento y Efectos Ambientales ($\lambda_{ae,min}$)	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor Mínimo para variaciones por temperatura, velocidad de carga, scragging ($\lambda_{tvs,min}$)	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Factor Mínimo para verificar los ensayos de aisladores de obra- variaciones de fabricación ($\lambda_{fab,min}$)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Factor de Modificación Mínimo Límite Inferior: $\lambda_{min} = [1 + 0.75(\lambda_{ae,min} - 1)] * \lambda_{tvs,min} * \lambda_{fab,min}$	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8





ANEXO II

VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS AISLADORES ELASTOMÉRICOS

1. Capacidad axial:

- Módulo Elástico: $E_0 = f \cdot G$; el valor de f depende del proveedor.
Se recomienda utilizar el valor de $f=4,0$, salvo que el proveedor demuestre mediante el ensayo ASTM D945 u otro similar reconocido internacionalmente un valor diferente.

Donde:

G = Módulo de corte del caucho, en MPa.

- Factor de Forma (S): ratio entre el área efectiva de una capa de caucho dividida entre su área de la superficie de borde.

- Módulo de Compresión: $E_C = E_0 (1 + 2 k S^2)$, en MPa.

Donde:

k = constante empírica que está en función del módulo de corte.

- Área reducida (AR):

$$AR = A_A \cdot 2 \frac{\left[D_e^2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{\sqrt{D_e^2 - D_{TM}^2}}{D_e} \right) - D_{TM} \cdot \sqrt{D_e^2 - D_{TM}^2} \right]}{\pi \cdot D_e^2}$$

Donde:

A_A = Área del aislador, en mm^2 .

D_e = Diámetro del aislador sin contar la cobertura de caucho exterior, en mm.

D_{TM} = Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento, en la dirección de análisis, que incluye la traslación en el centro de rigidez y la componente torsional, determinado con la ecuación 5.3, en mm.

- Capacidad de Pandeo:

$$P_{crítico} = \frac{\pi}{\sqrt{8}} G \cdot S \frac{D_e}{N \cdot t_r} A_R$$

Donde:

N = número de capas de caucho

t_r = espesor de cada capa de caucho, en mm.

- Factores de seguridad (FS):

Solo para carga axial, $FS = 3,0$

Para carga axial última a D_{TM} , $FS > 1,0$





2. Deformaciones por corte:

- Deformación por corte debido a deformación:

$$\gamma_D = \frac{D_{TM}}{H_r} \leq 2,5$$

- Deformación por corte debido a compresión:

$$\gamma_C = \frac{6 \cdot P \cdot S}{E_C A_R}$$

- Deformación por corte debido a deformación angular:

$$\gamma_\theta = \frac{0,375 \cdot D_e^2 \cdot \theta}{t_r \cdot H_r}$$

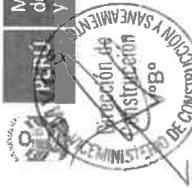
Donde:

$\theta \geq 0,003$ en radianes.

- Deformación total por corte:

$$\gamma_D + \gamma_C + 0,5\gamma_\theta \leq 6$$





Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Viceministerio de Construcción y Saneamiento

Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento

Dirección de Construcción

ANEXO III

SECUENCIA Y CICLOS PARA ENSAYOS DE PROTOTIPOS

Numeral	Orden de ensayo	Carga Axial por tipo de aislador (kN)	Tipo de Carga horizontal (kN)	Nº de ciclos	Desplazamiento inducido (mm)
1	1	1,0CM+0,5CV	QUASI ESTÁTICO	20	1,00 Wh (*)
	2				0,25D _M
	3				0,50 D _M
	4				0,67 D _M
	5				1,00 D _M
2a	6	1,0CM+0,5CV	QUASI ESTÁTICO	3	1,00 D _M
	7				0,75 D _M
	8				0,25D _M
	9				0,50 D _M
	10				0,67 D _M
3	11	1,0CM+0,5CV	QUASI ESTÁTICO	10	1,00 D _M
	12				0,25D _M
	13				0,50 D _M
	14				0,67 D _M
	15				1,00 D _M
4a	16	1,25(CM+CV)+1,0(SCH+CSV)+0,2N	QUASI ESTÁTICO	3	1,00 D _M
	17				0,25D _M
	18				0,50 D _M
	19				0,67 D _M
	20				1,00 D _M
2a (Adicionalmente)	21	0,9 CM-1,0(SCH+CSV)	QUASI ESTÁTICO	3	1,00 D _M
	22				0,25D _M
	23				0,50 D _M
	24				0,67 D _M
	25				1,00 D _M
8.2.5	16	1,25(CM+CV)+1,0(SCH+CSV)+0,2N	QUASI ESTÁTICO	1	1,00 D _{TM}
8.2.5	17	0,9 CM-1,0(SCH+CSV)	QUASI ESTÁTICO	1	1,00 D _{TM}



PERÚ

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Viceministerio de Construcción y Saneamiento

Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento

Dirección de Construcción

Alternativamente se podrá utilizar esta secuencia de ensayos:

Numeral	Orden de ensayo	Carga Axial por tipo de aislador (kN)	Tipo de Carga horizontal (kN)	Nº de ciclos	Desplazamiento inducido (mm)
1	1	1,0CM+0,5CV	QUASI ESTÁTICO	20	1,00 Wh(*)
	2				1,00 D _M
	3				0,67 D _M
	4				0,50 D _M
	5				0,25 D _M
2b	INTERVALO DE REPOSO				
	6	1,0CM+0,5CV	DINÁMICO A T _M	3	0,25 D _M
	7				0,50 D _M
	8				0,67 D _M
	9				1,00 D _M
10	1,00 D _M				
3	QUASI ESTÁTICO				
	11	1,0CM+0,5CV	DINAMICO A T _M	5	1,00 D _M
4b	INTERVALO DE REPOSO				
	12	1,25(CM+CV) + 1,0(SCH+CSV) + 0,2N	DINÁMICO A T _M	3	1,00 D _M
	13				0,67 D _M
	14				0,50 D _M
	15				0,25 D _M
16	INTERVALO DE REPOSO				
2b (Adicionalmente)	DINÁMICO A T _M				
	16			3	0,25 D _M



PERÚ

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Viceministerio de Construcción y Saneamiento

Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento

Dirección de Construcción

17	1,25(CM+CV) + 1,0(SCH+CSV) + 0,2N	3	0,50 D _M		
18				3	0,67 D _M
19				3	1,00 D _M
20	0,9 CM-1,0(SCH+CSV)	3	1,00 D _M		
21				DINÁMICO A T _M	0,67 D _M
22					0,50 D _M
23					0,25 D _M
INTERVALO DE REPOSO					
24	0,9 CM-1,0(SCH+CSV)	3	0,25 D _M		
25				DINÁMICO A T _M	0,50 D _M
26					0,67 D _M
27					1,00 D _M
28	1,25(CM+CV) + 1,0(SCH+CSV)+0,2N	1	1,00 D _{TM}		
29	0,9 CM-1,0(SCH+CSV)	1	1,00 D _{TM}		

(*) Wh: Carga de viento