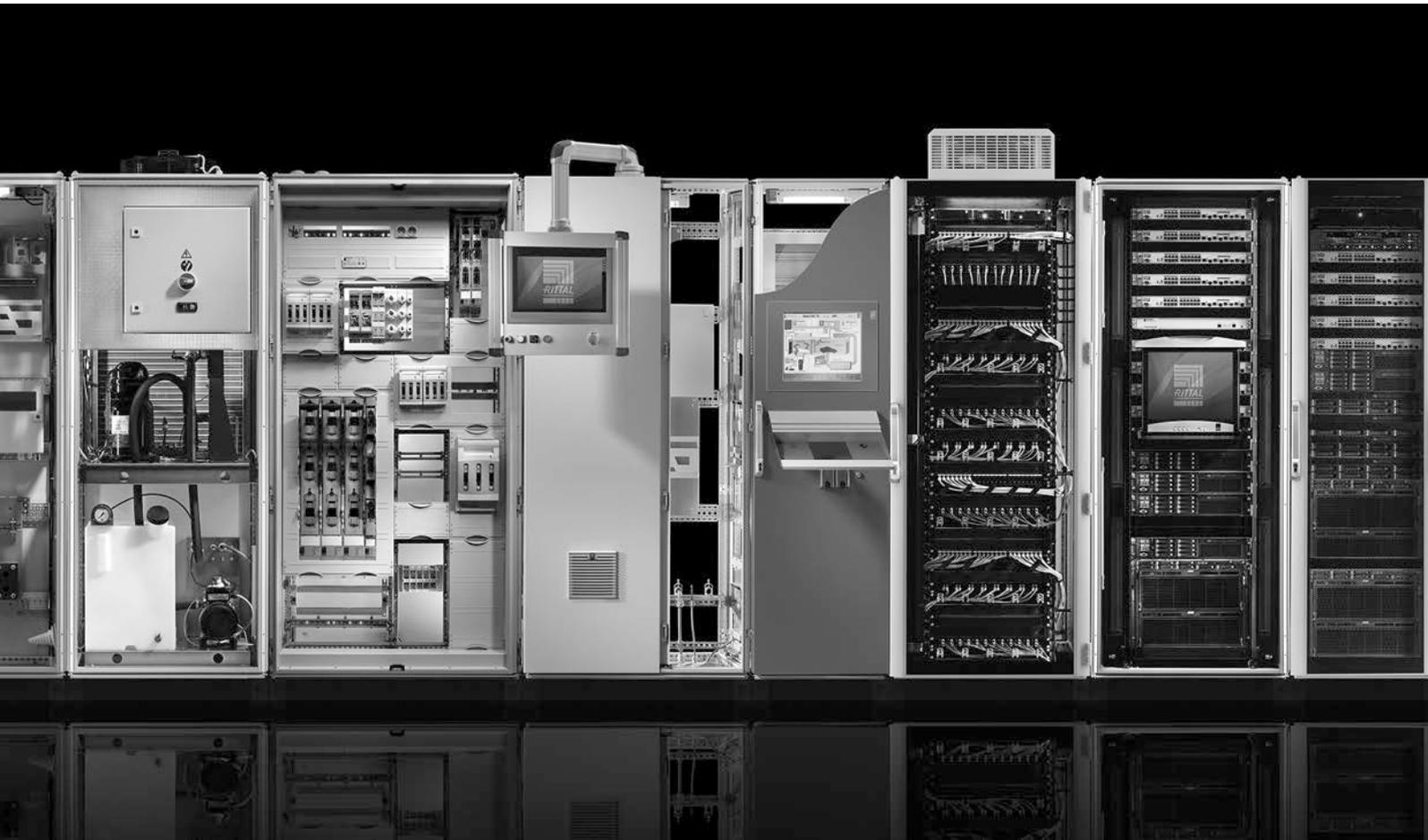


Rittal - The System.

Faster - better - everywhere.



Informe técnico: Seguridad sísmica de los cuadros eléctricos

SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

IT-INFRASTRUKTUR

SOFTWARE & SERVICE

FRIEDHELM LOH GROUP



Índice

Índice	2
Introducción.....	3
Un cuadro eléctrico ¿Es antisísmico?	5
Intensidades, magnitudes y zonas sísmicas	6
Daños sísmicos en la infraestructura eléctrica	9
Visión de la normativa actual	11
Métodos de ensayo típicos.....	13
Armario de distribución con ejecución antisísmica.....	17
Certificaciones	21
Operativa concreta	30
Resumen	31
Bibliografía	32

Introducción

Las fuerzas de la Naturaleza han sido desde siempre una amenaza para los seres humanos, se cobran una y otra vez numerosas víctimas mortales y causan daños materiales enormes. Aunque hoy en día los fenómenos meteorológicos extremos, como temporales, marejadas ciclónicas, inundaciones, y olas de calor se pueden predecir relativamente bien, los terremotos son todavía comparativamente difíciles de prever. Esta es una de las razones por la cual, de las once catástrofes naturales con el mayor número de víctimas mortales (**Tabla 1**), se pueden contar siete terremotos en el periodo desde 1980 hasta 2013 [Mun14].

Tabla 1: Víctimas mortales en catástrofes naturales entre 1980 y 2013

Fecha	Suceso	Magnitud	Región	Víctimas mortales
12/1/2010	Terremoto	7,0	Haití	222.570
26/12/2004	Terremoto, tsunami	9,1	Sri Lanka, Indonesia, Tailandia, India, Bangladesh, Birmania, Maldivas, Malasia	220.000
2 - 5/5/2008	Ciclón Nargis, marejada ciclónica	-	Birmania	140.000
29 - 30/4/1991	Ciclón tropical, marejada ciclónica	-	Bangladesh	139.000
8/10/2005	Terremoto	7,8	Pakistán, India, Afganistán	88.000
12/5/2008	Terremoto	5,8	China	84.000
Julio/agosto 2003	Ola de calor	-	Europa	70.000
Julio/sept. 2010	Ola de calor	-	Rusia	56.000
20/6/1990	Terremoto	7,4	Irán	40.000
26/12/2003	Terremoto	6,6	Irán	26.200
11/03/2011	Maremoto, tsunami	9,0	Japón	18.537

Los terremotos surgen como resultado de procesos que se generan en el interior de la Tierra. La tectónica de placas es una teoría geológica que explica como la corteza sólida de la Tierra está formada por las llamadas placas tectónicas, y como éstas sufren desplazamientos, moviéndose sobre el manto terrestre fluido. Los bordes de las placas se acercan o se alejan entre sí o pasan los unos junto a los otros. En el transcurso de estos movimientos las placas pueden quedar fijadas entre sí, generando tensiones muy grandes. Cuando estas tensiones se liberan de forma brusca, es cuando se producen los terremotos, y dependiendo de la intensidad, pueden ocasionar daños incluso a grandes distancias.

Los daños materiales causados por los terremotos son básicamente estructurales en edificios e infraestructuras de transporte, y en parte se producen también como daños causados por eventos consecutivos, como deslizamientos de tierras y tsunamis. Las instalaciones de los edificios sufren también daños materiales muy importantes. En función de la gravedad del terremoto y de la densidad de población de la zona afectada, pueden equipararse a la magnitud de los daños en edificios e infraestructuras de transporte mencionados en la Tabla 1. Además, los daños en las infraestructuras pueden ser responsables de que, durante la fase posterior al terremoto, se produzcan muchos casos de deficiencias en el abastecimiento de electricidad, agua potable, gas, etc. Precisamente tras un terremoto, es cuando es más importante una rápida asistencia a los afectados, y los daños en las infraestructuras técnicas y de transporte impiden la prestación de esta ayuda.

Para prevenir los daños descritos en caso de terremoto en los edificios, infraestructuras técnicas y de transporte en zonas con riesgo sísmico, éstos deberían presentar una ejecución “antisísmica” a ser posible. Las medidas a adoptar no sólo dependen del ámbito, es decir, del edificio o infraestructura técnica, sino que también varían según el riesgo sísmico existente en cada caso, así, las exigencias requeridas en una zona especialmente expuesta a los terremotos deberán ser mayores. En el presente informe técnico se pretende esbozar lo que significa el término “antisísmico”, especialmente en el ámbito de la infraestructura eléctrica.

Un cuadro eléctrico ¿Es antisísmico?

En relación con la seguridad sísmica a menudo se prioriza la seguridad de los edificios. Esto es perfectamente comprensible, porque los daños en los edificios son los que hacen prever por regla general la mayor parte de las víctimas mortales. Ahora bien, dentro de éste ámbito también se encuentran los daños materiales y es por eso que también hay que proteger frente a los terremotos las infraestructuras técnicas de instalaciones, tales como cuadros eléctricos y centros de proceso de datos. Esto no es necesario únicamente en instalaciones críticas, como las centrales eléctricas o los centros de producción de la industria química, sino que desempeña un papel importante en el abastecimiento en general.

¿Qué hay que hacer?

Los fabricantes de armarios para cuadros eléctricos que se ven enfrentados a exigencias de seguridad sísmica han de tratar temas que habitualmente no forman parte de sus actividades profesionales cotidianas. ¿Qué hacer entonces cuando un cliente exige que el cuadro eléctrico sea, por ejemplo, antisísmico? Esta guía le permitirá al fabricante de armarios para cuadros eléctricos hacerse una visión básica del conjunto, y pretende prestar ayuda precisamente para estos casos y otros similares.

¿Qué hay que tener en cuenta?

¿Qué hay que tener en cuenta al realizar cuadros eléctricos en zonas con un riesgo potencial de terremoto? Esta es la pregunta central de la que nos ocuparemos. Para estudiar la problemática de una forma clara, en primer lugar, se explicarán algunos fundamentos sobre los terremotos y su medición, así como acerca de las diferentes escalas sísmicas. El apartado siguiente se ocupa de los efectos que puede tener un terremoto sobre los cuadros eléctricos, así como los daños potenciales que se derivan de los mismos.

¿Qué normas son aplicables?

Existen una serie de normas y prescripciones que se ocupan del tema de la seguridad sísmica. Como ya se ha mencionado antes, a menudo se prioriza la seguridad de los edificios. Dependiendo del área especializada (ingeniería civil, electrotecnia o tecnología de la información) se parte de planteamientos, que en algunos casos son muy distintos. En el presente informe técnico se ofrece una panorámica sobre las diferentes normas relacionadas con la infraestructura técnica.

Intensidades, magnitudes y zonas sísmicas

Desde el punto de vista físico, un terremoto es una onda de choque que parte del epicentro del seísmo. Provoca una oscilación con un espectro de frecuencias complejo y componentes en dirección tanto horizontal como vertical de la corteza terrestre. Se describe mediante las correspondientes amplitudes de la superficie de la Tierra. Dado que la energía liberada por un terremoto no se puede medir directamente, se utilizan diversas escalas para describir la intensidad de un terremoto. Aquí se distingue entre escalas de intensidad y escalas de magnitud.

Escalas subjetivas de intensidad

Las escalas de intensidad se basan en los efectos macroscópicos de un terremoto (por ejemplo, la gravedad de los daños causados a los edificios) así como en las percepciones subjetivas de las personas que sienten u oyen el terremoto. Una escala de intensidad utilizada a menudo es la escala Mercalli, creada ya en 1902, y que sigue en uso hoy en día (**Tabla 2**). En zonas con baja densidad de población las escalas de intensidad sólo son utilizables hasta cierto punto, porque apenas hay edificios que puedan sufrir daños y sólo hay pocas personas que puedan relatar sus percepciones.

Tabla 2: La escala Mercalli en comparación con la escala japonesa JMA

JMA		Mercalli			
Grado	Aceleración del suelo			Designación	Grado
	gal	gal	g (9,81 m/s ²)		
0	< 0.8				
1	0.8-2.5	< 1.0	< 0,001 g	muy débil	I
2	2.5-8.0	1.0-2.1	0,001-0,002 g	débil	II
3	8.0-25	2.1-5.0	0,002-0,005 g	leve	III
4	25-80	5.0-10	0,005-0,01 g	moderado	IV
5	80-250	10-21	0,01-0,02 g	poco fuerte	V
6	250-400	21-44	0,02-0,05 g	fuerte	VI
7	> 400	44-94	0,05-0,1 g	muy fuerte	VII
		94-202	0,1-0,2 g	destrutivo	VIII
		202-432	0,2-0,5 g	muy destructivo	IX
		más de 432	0,5-1 g	desastroso	X
			1-2 g	muy desastroso	XI
			> 2 g	catastrófico	XII

Nota: La intensidad sísmica no se regula basándose exclusivamente en la intensidad. Esta tabla no es más que una referencia.

Tecnología de medición empleada en los terremotos

Las escalas de magnitud se basan en las mediciones realizadas por sismómetros, que miden las oscilaciones locales de la superficie terrestre en forma de velocidades, aceleraciones y desviaciones. Por medio de cálculos se puede determinar la fuerza del terremoto a partir de estas mediciones. La escala de magnitud más conocida es la denominada escala de Richter, desarrollada en los años 1930, y hoy en día todavía se menciona a menudo en relación con los terremotos. La magnitud en la escala de Richter se obtiene mediante mediciones en el entorno cercano al epicentro del terremoto, por este motivo a menudo es denominada escala de magnitud local. La definición de la escala de Richter se basa en la medición con un tipo especial de sismómetro a una distancia de 100 km del epicentro. Debido al tipo de sismómetro utilizado por Charles F. Richter (el creador de esta escala) la escala de Richter acaba en un valor de 6,5, y para ser exactos, sólo es aplicable al estado de California, en EE.UU. Las magnitudes mayores, que los medios mencionan también a menudo como valores de la “escala de Richter ampliada”, una evolución moderna de la escala de Richter. El terremoto más fuerte registrado hasta la fecha es el de Valdivia, en Chile, con una magnitud de 9,5, en 1960. En comparación con éste, el terremoto ocurrido en Japón,

que provocó en 2011 la catástrofe del reactor atómico de Fukushima, tenía una magnitud de 9,0.

La probabilidad de un terremoto es importante para la estimación de los peligros

Aparte de la clasificación de los terremotos en función de su fuerza, es decir, de la intensidad o la magnitud, también tiene importancia otro aspecto: la probabilidad de que se produzca un terremoto de una determinada intensidad. Con el fin de realizar una estimación razonable del peligro, hay definidas unas denominadas zonas de peligro sísmico. En EE.UU., por ejemplo, existen cinco zonas de peligro sísmico. La zona 0 significa que prácticamente se pueden descartar los terremotos fuertes en la misma; en comparación con ésta, en la zona 4 los terremotos, incluso los de gran magnitud, son probables. Un ejemplo típico de la zona sísmica 4 son parte del estado de California, en EE.UU. Las exigencias de seguridad sísmica para las instalaciones de TI y telecomunicaciones, así como para las instalaciones de infraestructura eléctrica, vienen determinadas a menudo por estas zonas sísmicas.

Sin embargo, la subdivisión en zonas varía de un país a otro: en la mayoría de países europeos (incluida Alemania), la clasificación va desde la zona 0 a la zona 3, aunque son también posibles subdivisiones en hasta cinco zonas. Como factor agravante se le añade que las exigencias impuestas a las zonas no son iguales en todas las normas nacionales (**Tabla 3**). En consecuencia, las normas nacionales no son comparables entre sí. Aun así, la clasificación en zonas sísmicas tiene gran importancia para la implementación de instalaciones antisísmicas, porque sólo en las zonas con un gran potencial sísmico hay que adoptar las medidas correspondientes, lo cual conlleva por regla general costes adicionales.

Tabla 3: Aceleraciones del suelo en Europa y EE.UU.

País	AT	DE	CH	FR	IT	GR	USA
Norma	ÖN 1998-1	DIN EN 1998-1	SIA 261	NF EN 1998-1	OPCM 28	Gna 1998-1	1997 UBC
Zona 0	$a < 0,035g$	0,0g					0,0g
Zona 1	$0,035g < a < 0,05g$	0,04g	0,06g	$a < 0,07g$	$a < 0,05g$	$a < 0,16g$	0,075g
Zona 2	$0,05g < a < 0,075g$	0,06g	0,1g	$0,07g < a < 0,11g$	$0,05g < a < 0,15g$	$0,16g < a < 0,24g$	0,15g
Zona 3	$0,075g < a < 0,1g$	0,08g	0,13g	$0,11g < a < 0,16g$	$0,15g < a < 0,25g$	$0,24g < a < 0,36g$	0,3g
Zona 4	$0,1g < a$		0,16g	$0,16g < a < 0,3g$	$0,25g < a < 0,3g$		0,4g

Daños sísmicos en la infraestructura eléctrica

Para poder juzgar la importancia de la seguridad sísmica de las instalaciones eléctricas, primero hay que tener una visión general de los daños que pueden producirse en caso de terremoto. Aquí hay que tener en cuenta también los daños derivados del fallo de una instalación eléctrica. En la mayoría de los casos se pone el foco sobre los daños en los edificios. En función del tipo de edificio, los valores de las instalaciones ubicadas en el mismo, a menudo son mayores que el valor de los elementos estructurales del edificio en sí. Por consiguiente, al considerar los daños causados por un terremoto no resulta razonable conseguir solamente la seguridad sísmica del edificio, sino que las instalaciones también deberían satisfacer en un momento dado las exigencias frente a un terremoto.

Fallo de funcionamiento o daños estructurales

Es importante que aquellas infraestructuras de instalaciones críticas para la seguridad, sigan funcionando incluso después de terremotos de gran magnitud, p.ej. centrales nucleares. En estos casos es necesario adoptar una gama muy amplia de medidas que no se van a tratar en este informe técnico. Precisamente en los ámbitos de las telecomunicaciones y TI se exige también una elevada disponibilidad de los sistemas y, por consiguiente, una elevada seguridad sísmica. Al mismo tiempo, también es importante la integridad funcional temporal o la rápida reanudación del servicio tras un terremoto.

Las oscilaciones que se producen en caso de terremoto se sitúan habitualmente dentro del rango de frecuencias entre 0,3 y 50 Hz. Las cargas que son consecuencia del terremoto actúan sobre el cuadro eléctrico y pueden causar tanto fallos de funcionamiento como daños estructurales en la instalación completa. Los fallos de funcionamiento se pueden corregir fácilmente, con lo cual el cuadro eléctrico podrá estar nuevamente en servicio con relativa rapidez después de un terremoto. Un ejemplo típico de ello es un contacto que se suelta o un cortocircuito temporal, que es interceptado por los dispositivos de seguridad existentes.

Otros daños adicionales pueden ser, por ejemplo, el desprendimiento de componentes de un carril soporte o una placa de montaje en el armario de distribución. Los daños graves en el cuadro eléctrico provocan por regla general una interrupción prolongada del suministro eléctrico. Estos daños se producen cuando un armario de distribución se mueve, eventualmente se suelta del anclaje e, incluso vuelca a causa del seísmo.

Seguridad sísmica de cuadros eléctricos

Dentro de esta categoría se incluyen también los daños estructurales en el armario de distribución. En todos los casos, los armarios de distribución, tienen una importancia decisiva, porque cuando el armario de distribución no aguanta el terremoto, falla en cualquier caso la instalación completa. Por esta razón la seguridad sísmica del armario es un punto importante en todas las normas aplicables. Sin embargo, no se debe considerar nunca de manera aislada, sino que tanto el edificio que lo aloja como los componentes instalados en el mismo, han de satisfacer los requerimientos respectivos. En consecuencia, no basta sólo con utilizar un armario de distribución adecuado, cuando se exige la integridad funcional después de, o incluso, durante el terremoto. Con este fin, los componentes instalados han de cumplir los requisitos de la norma respectiva y se debe probar en un ensayo que el sistema completo funciona.

Visión de la normativa actual

La seguridad sísmica tiene importancia en diferentes ámbitos, y dependiendo de la especialidad técnica, se aplican diferentes normas. A grandes rasgos, las normas se pueden subdividir en los campos “Ingeniería civil”, “TI y telecomunicaciones” y “Electrotecnia”. Además, las normas aplicables se distinguen según el mercado objetivo geográfico de cada una de ellas. Las normas del campo de la construcción apenas tienen incidencia en la realización de cuadros eléctricos antisísmicos, por lo cual no se tratan en este documento, pero como las instalaciones eléctricas se realizan mayormente en edificios, estas normas son también determinantes en parte. Las normas del ámbito de la construcción se centran a menudo en la fijación del armario de distribución al suelo, pero para acreditar la fijación al suelo, es necesario tener conocimientos acerca de las características de la ubicación de montaje, de ahí que se confíe esta verificación a un perito especializado en construcción. Algunas normas de los ámbitos de la electrotecnia, así como de la TI y las telecomunicaciones, tienen como punto de partida una norma del campo de la construcción, pero la trasladan a requisitos concretos que ha de cumplir el equipo correspondiente. Sin duda, los edificios pueden amplificar los efectos de un terremoto, de modo que las amplitudes y aceleraciones que actúan sobre una instalación eléctrica a causa de un terremoto eventualmente podrían ser mayores de lo habitual.

Normas relevantes para los equipos eléctricos

Para los cuadros eléctricos y otras infraestructuras de la tecnología eléctrica y de la información son de interés tres normas: **la DIN EN/IEC 60068-3-3, la IEEE 693 y la Telcordia GR-63-CORE**. Otras normas, por ejemplo, las del campo de la construcción, generalmente no son de interés para la realización de cuadros eléctricos. Se puede partir de la base que los calculistas de estructuras se encargan del cumplimiento de dichas normas, y únicamente allí donde confluyen la construcción y la electrotecnia – es decir, en la unión entre los muros del edificio y la caja o el armario de distribución – desempeña un cierto papel. Esto conduce a que en las diferentes normas se puedan encontrar también referencias a las normas de construcción correspondientes.

DIN EN/IEC 60068-3-3

La IEC 60068-3-3, que es aplicable tanto en Alemania como en el resto de Europa en su versión idéntica DIN EN 60068-3-3 [Beu93], es fundamentalmente una guía para la verificación sísmica de equipos eléctricos. La norma distingue entre una clase sísmica general

y una especial. La clase sísmica especial se debe aplicar cuando se dispone de conocimientos acerca del movimiento sísmico a partir de la ubicación geográfica o del edificio en el que se va a instalar el equipo.

IEEE 693

La norma 693 [IEE05] del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) fija unas especificaciones relativas a la seguridad sísmica de los cuadros eléctricos. Para ello se definen métodos de ensayo para los cuadros eléctricos completos, así como para los componentes individuales, como p. ej. los disyuntores. A parte de métodos de ensayo, la norma contiene también directrices para el diseño de cuadros eléctricos antisísmicos. Esto atañe, por ejemplo, también a los edificios, las cimentaciones y el anclaje de los armarios de distribución al suelo. Por consiguiente, contienen también referencias a normas del ámbito de la construcción.

Telcordia GR-63-CORE

Si se requiere el cumplimiento de la certificación UBC (Uniform Building Code) – Zone, los requisitos a cumplir están indicados en la GR-63-CORE. Aunque Generic Requirements GR-63-CORE [Tel02], inicialmente elaborada por Bellcore – actualmente Telcordia – para el ámbito de las telecomunicaciones no es un estándar formal, es un requisito muy difundido y estipulado en las licitaciones, sobretodo en EE.UU. La premisa básica es que los sistemas (por ejemplo, un centro de proceso de datos) deben ofrecer un alto nivel de resiliencia estructural a diversos factores adversos como la humedad, el fuego, los contaminantes y los terremotos. El documento contempla las zonas designadas en los EE.UU, zonas 0 a 4, donde la zona 0 presenta un riesgo sísmico muy bajo y la zona 4 un riesgo elevado (**ver la Tabla 3**). Con el fin de garantizar la elevada disponibilidad del sistema, los requisitos de la zona 4 son más elevados que los de la zona 0. Estos requisitos son muy elevados y pueden encontrarse en otras normas (p. ej. IEC 60068-3-3, DIN EN 61587-5 (RRS para aceleración en un eje), ETSI EN 300019-1-3).

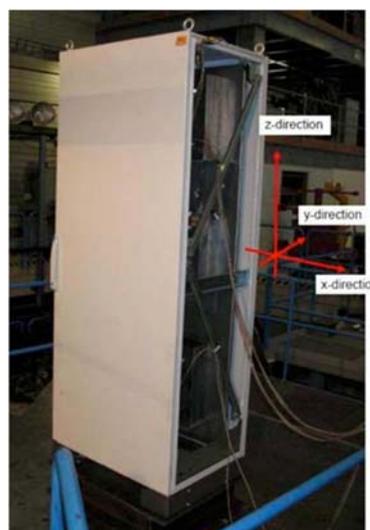
Métodos de ensayo típicos

Básicamente hay dos formas de dimensionar las instalaciones en los ámbitos expuestos a un peligro sísmico. La primera sería hacer ensayar la instalación completa con la configuración deseada, es decir, incluyendo todos los componentes instalados en el armario en un laboratorio apropiado. Esta opción ocasiona costes muy elevados y toma mucho tiempo. Por experiencia, Rittal es consciente que la requieren solamente una parte muy pequeña de los usuarios. Como segunda opción, el fabricante de armarios para cuadros eléctricos emplea componentes (incluyendo el armario) los cuales se ha demostrado su idoneidad para ámbitos sujetos a peligros sísmicos. Para esta verificación, Rittal ha hecho ensayar sus armarios TS 8 en laboratorios reconocidos, aplicando un método de ensayo definido, para comprobar que en principio son idóneos para su uso en ámbitos sujetos a peligros sísmicos. En los apartados siguientes se describe detalladamente un método de ensayo típico para la idoneidad sísmica de un armario de distribución. La gran mayoría de usuarios elige esta segunda opción, ya que es considerablemente menos costosa y laboriosa.

Para verificar la seguridad sísmica de un armario de distribución todas las normas relevantes describen ensayos con una mesa vibratoria (**Fig. 1**). El objetivo es simular en un laboratorio los efectos de un terremoto, es decir, vibraciones o carga por ondas de choque. Para ello, se monta la probeta sobre la mesa vibratoria, y debe cumplirse un programa de ensayos predeterminados. Estos ensayos no deben ocasionar daños estructurales en la probeta, esto significa que no se deben tener

piezas dañadas, curvadas, rotas, etc. una vez finalizado el ensayo. Además, no se deben haber soltado conexiones importantes. Lo mismo es aplicable también a las puertas del armario de distribución, las bisagras y los cierres. Adicionalmente se realizan también ensayos de funcionamiento, esto significa que, tras someterlo bajo carga, se verifica si la instalación cumple todavía con su función.

Figura 1: Ensayos realizados en una mesa vibratoria



Diferentes espectros de frecuencias de las normas

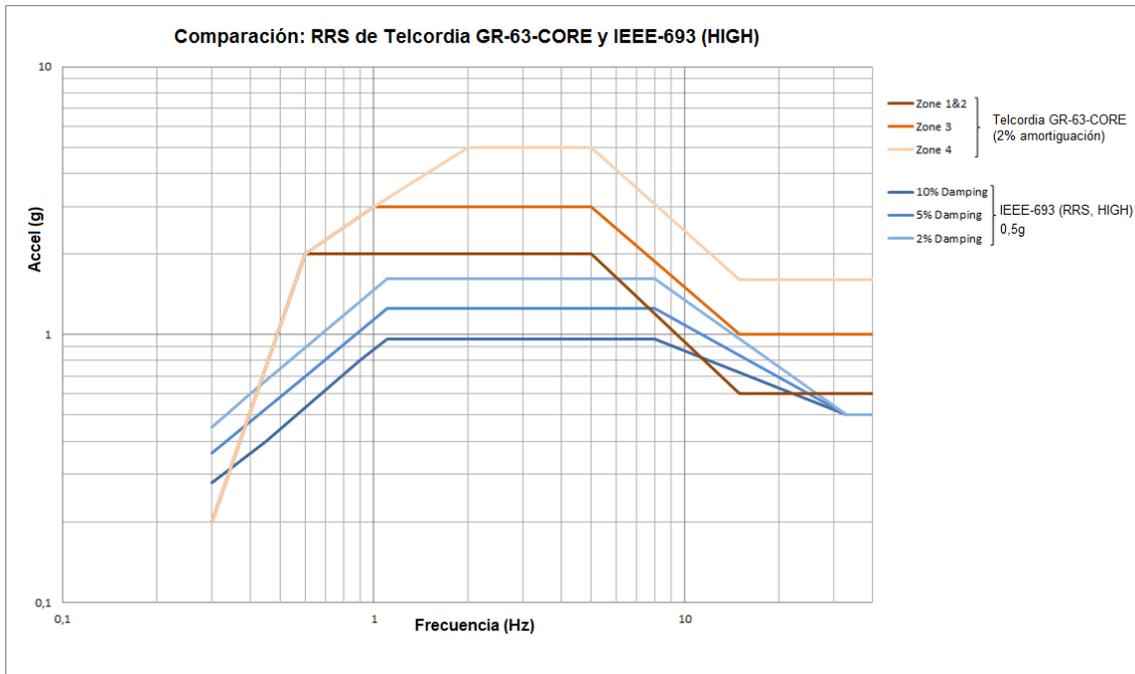
Las condiciones de ensayo varían de una norma a otra, especialmente en lo que se refiere al espectro de frecuencias y a las aceleraciones correspondientes. A modo de ejemplo se va a describir el método de ensayo según Telcordia GR-63-CORE. Se monta el armario de distribución sobre la mesa vibratoria y se aplican transductores de aceleración y desplazamiento en el centro y en el extremo superior del mismo. Durante el ensayo se debe someter el armario de distribución a la carga correspondiente, de forma que equivalga a la situación del armario instalado. A continuación, se realizan los ensayos recorriendo un determinado programa de movimientos, en el que deben alcanzarse valores de aceleración predeterminados, con frecuencias situadas dentro del rango de 1 hasta 50 Hz (el llamado Required Response Spectrum (RRS)). Lo decisivo aquí es el espectro que recibe la probeta (el llamado Test Response Spectrum (TRS)), que depende de la disposición del ensayo, así como de la masa y la geometría de la probeta. Las desviaciones de la probeta son medidas en el centro y en la parte superior de la misma. En el transcurso del ensayo la desviación no puede ser superior los 75 mm (3 pulgadas).

Los ensayos en la mesa vibratoria descritos se realizan en las tres direcciones del espacio. En el caso del GR-63-CORE el RRS predeterminado se traduce en una duración del ensayo de 31 segundos en cada una de las direcciones del espacio. Las cargas que actúan sobre el armario de distribución en el transcurso de estos ensayos se corresponden aproximadamente con las de un terremoto de intensidad 8,3 en la escala de magnitud ampliada de Richter.

Espectros de ensayo muy similares

A fin de poder comparar entre sí los requisitos de los ensayos en la mesa vibratoria, se pueden trazar los RRS requeridos en una gráfica de aceleración - frecuencia (**Fig. 2**). En la gráfica se aprecia como los espectros de las diferentes normas son muy parecidos, pero presentan valores de aceleración distintos. Además, se observa que con la certificación para la zona 3 según GR-63-CORE quedan cubiertos completamente los requisitos de la norma IEEE-693 (High).

Figura 2: Gráfica de aceleración-frecuencia



A fin de poder comparar entre sí los requisitos requeridos por las diferentes normas, en la siguiente **Tabla 4** se muestra una comparativa entre las diferentes normativas sísmicas:

Tabla 4: Comparativa normativas antisísmicas

Zone	IEC 60721-6 ¹⁾	Klasse	IEC 60068-3-3 ¹⁾	Zone	UBC ¹⁾	Skala	JMA ¹⁾	Zone	SIA ¹⁾	Skala	Richter ¹⁾	Skala	Mod. Mercalli ¹⁾	MSK ¹⁾
0	<0,2		----		----	I	0,055		0	0 bis 2	<0,01	I	0	0
1	0,2	AG1	1	1	0,75	II	0,12	1	0,6	1 bis 2	0,02	II	0,01	0,014
	----		2	2a	1,5	III	0,3	2	1	2 bis 3	0,05	III	0,02	0,045
2	1		2	2b	2	IV	0,6	3a	1,3	3 bis 4	0,1	IV	0,05	0,13
	----		----	3	3	V	2,5	3b	1,6	4 bis 5	0,2	V	0,1	0,3
3	2	AG3	3	3	3	VI	10		----	5 bis 6	0,5	VI	0,2	0,7
4 lower value	5		4	4	4	VII	>10		----	5 bis 7	1	VII	0,5	1,5
4 upper value	>10		4		----		----		----	6 bis 8	2	VIII	1	4
	----	AG5	5		----		----		----	7 bis 9	5	IX	2	7,5
	----		----		----		----		----	8 or more	>5 open end	X	5	13
	----		----		----		----		----		----	XI	10	22
	----		----		----		----		----		----	XII	20	>22

1) Valores de aceleración en m/s²

IEC 60721-6: Zonificación según el “Mapa Mundial de Riesgos Naturales” emitido por el Münchner Rückversicherungsgesellschaft (Munich Reinsurance Company)

IEC 60068-3-3: Clase de aceleración del suelo en g según la Tabla 4

UBC: Zonificación acorde la Uniform Building Code (UBC) > Requerimientos: Telcordia GR-63-CORE. (Bellcore es la predecesora a Telcordia.)

JMA: JMA 1951 Japan Meteorological Agency

SIA: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (Swiss Engineers' and Architects' Association, European pre-standard)

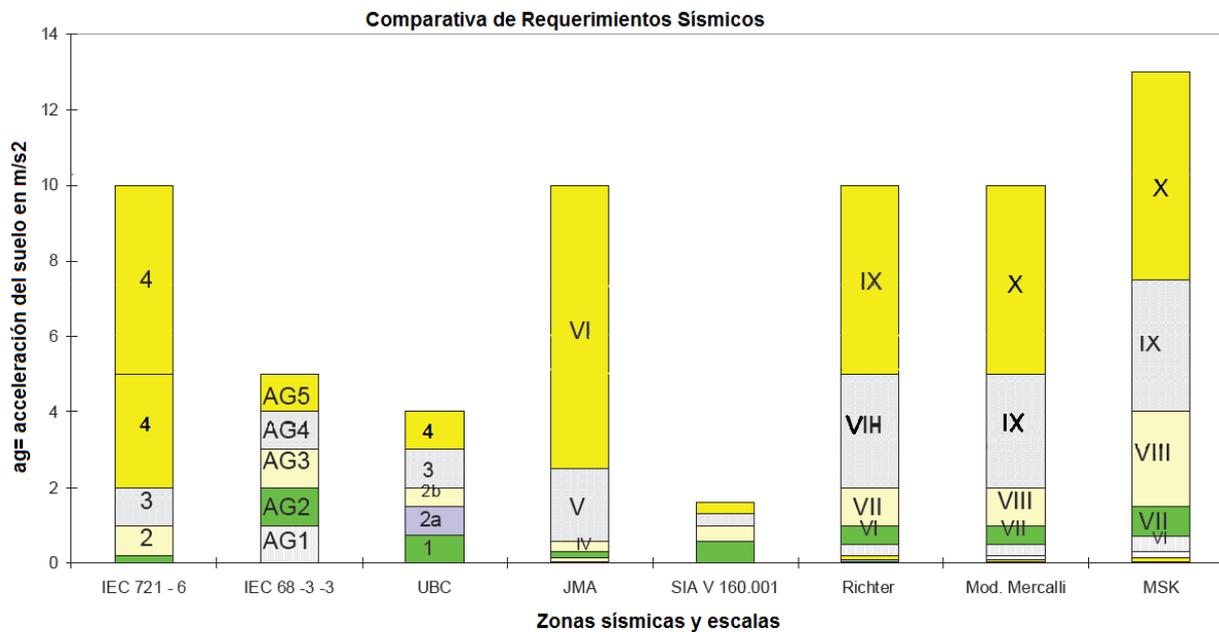
Richter: Escala de magnitud Richter

Mod.Mercalli: MM 1956 escala de Mercalli modificada

MSK: MSK 1964 escala Medvedev-Sponheur-Karnik

En la **Figura 3** se tiene la comparativa de los requerimientos sísmicos de cada una de las normas mencionadas en la tabla anterior:

Figura 3: Comparativa requerimientos sísmicos de diferentes normas



Armario de distribución con ejecución antisísmica

Hay un método acreditado ya desde la antigüedad para realizar construcciones mecánicas sólidas capaces de resistir las sacudidas provocadas por terremotos: la celosía. Esta construcción consiste en varillas unidas entre sí por los extremos formando triángulos. Gracias a ello, actúan sobre las varillas (casi exclusivamente) fuerzas de compresión y tracción, lo cual hace que la construcción sea en su conjunto muy resistente a las cargas y, al mismo tiempo, se reduzca el peso. Este principio de construcción se utiliza con éxito para realizar casas, puentes y otras estructuras portantes. Hoy en día se intenta alcanzar una rigidez lo más elevada posible en los edificios, por ejemplo, mediante estructuras macizas de hormigón. Otra alternativa utilizada sobre todo en los edificios altos, es la instalación de un péndulo como elemento activo. Los movimientos del terremoto provocan que el péndulo comience a oscilar y absorba casi completamente la energía, de forma que las estructuras del edificio no sufran daños. Una tercera posibilidad consiste en desacoplar del terremoto el elemento a proteger, para ello se puede hacer descansar, por ejemplo, un edificio o un objeto de equipamiento sobre amortiguadores de grandes dimensiones, que absorben y amortiguan las sacudidas del terremoto. Sin embargo, para ello es necesario conocer exactamente el peso a amortiguar y se debe disponer de un recorrido elástico de amortiguación suficiente.

Kit antisísmico para el armario de distribución

Rittal también utiliza el principio de la celosía para que su armario de distribución TS 8 (**Fig. 4**) sea seguro frente a los terremotos. Este armario de distribución estándar lanzado al mercado en 1999, del que se produjo el año pasado el ejemplar número 10 millones, se emplea en un gran número de sectores en todo el mundo. Este sólido armario de distribución se distingue, sobre todo, por su flexibilidad y eficiencia, así como por su alta calidad. Con un accesorio antisísmico disponible opcionalmente se puede reforzar la construcción del bastidor del armario de distribución hasta el punto que el TS 8 cumple también las grandes exigencias de la zona 4 según Telcordia GR-63-CORE.

Figura 4: Accesorio de ampliación antisísmico

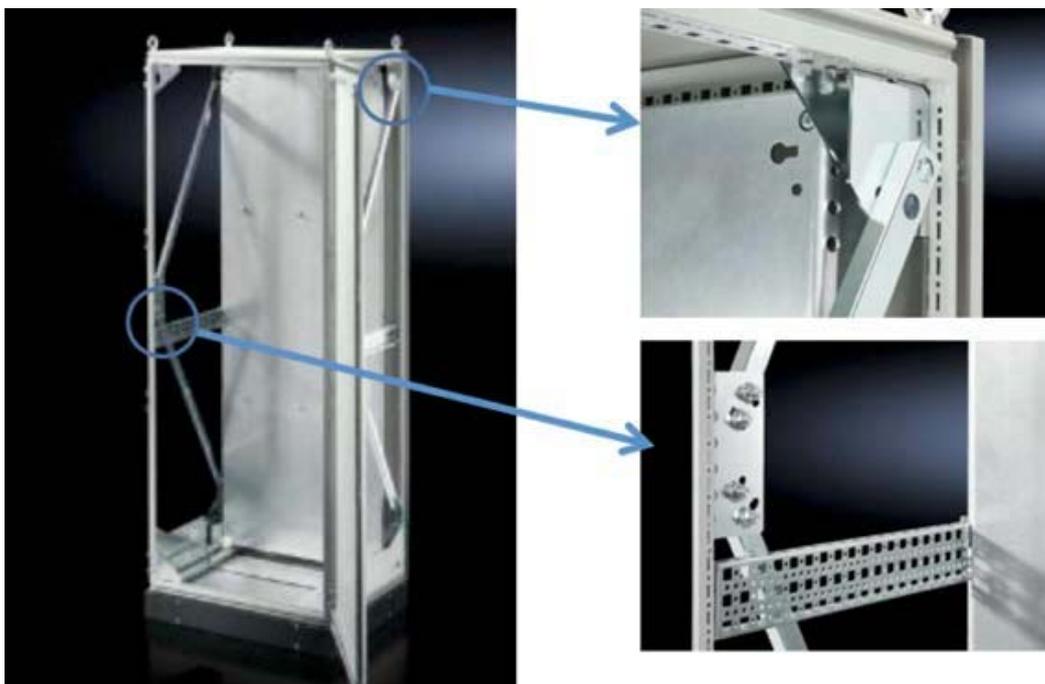


Figura 5: Armario Rittal con zócalo y kit antisísmico

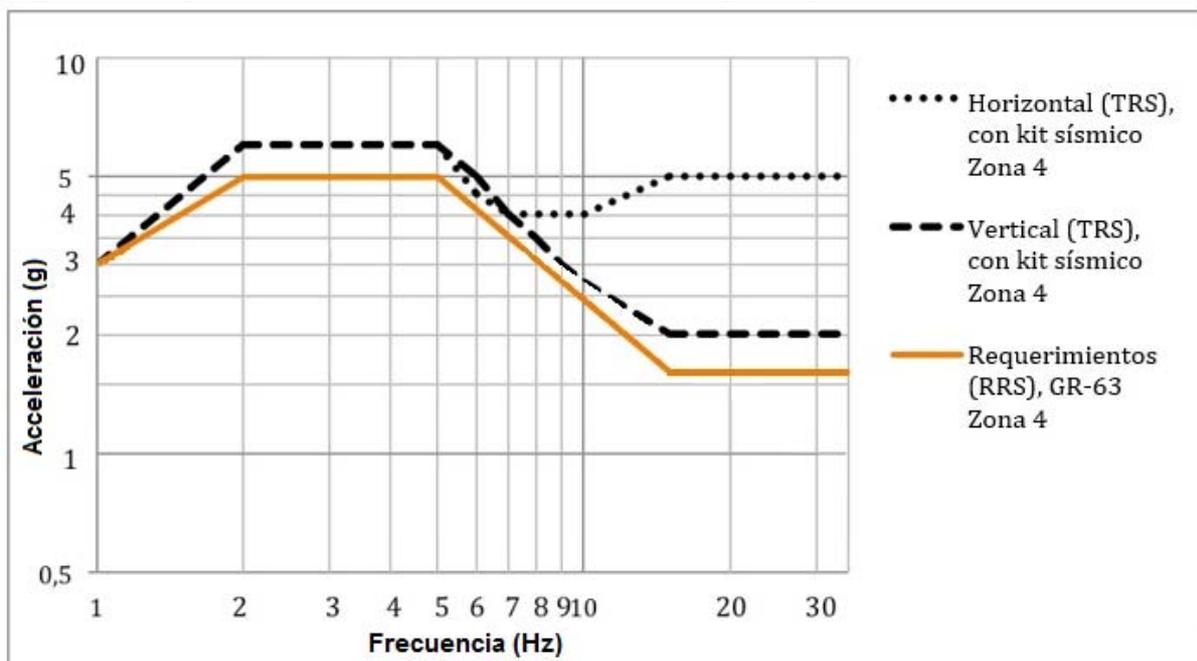


Este denominado kit antisísmico consiste en tirantes que se atornillan a los laterales del bastidor del armario de distribución, y de esta forma aumenta la rigidez del armario.

Las pletinas en los ángulos del bastidor hacen que la estructura sea más sólida. Asimismo, se refuerza la placa de montaje y ésta también se atornilla a los tirantes. Además, Rittal ofrece un zócalo más rígido de una única pieza, que permite fijar el armario de distribución al suelo a prueba de movimientos sísmicos.

Para verificar la conformidad con GR-63-CORE Zona 4 se ha hecho ensayar el armario de distribución estándar TS 8 en tres tamaños distintos en el laboratorio independiente EQE International Ltd., en el laboratorio de la University of Bristol y en IABG, de Ottobrunn (Alemania). Después de realizar los ensayos, se ha certificado que el TS 8 cumple los requerimientos de la Zona 3 según GR-63-CORE sin necesidad de accesorios especiales. El peso montado en este caso fue de 152 kg. La certificación para la Zona 4 se ha obtenido con un equipo que pesaba 500kg montado sobre la placa de montaje y los accesorios antisísmico, formado por el kit antisísmico y el zócalo para zonas con riesgo sísmico y, además, se le ha instalado una empuñadura confort. Para verificar la RRS de la zona 4 según Telcordia, es necesario la instalación del zócalo y el kit antisísmico en el armario. El la **Figura 6** se puede ver la TRS del eje vertical y horizontal del armario.

Figura 6: Diagrama de aceleración – frecuencia, RRS y TRS para Zona 4



Estos ensayos se realizaron con armarios de distribución TS 8 de dimensiones 600 mm x 2000 mm x 400 mm, 600 mm x 2000 mm x 600 mm y 800 mm x 2000 mm x 600 mm (ancho x alto x fondo) (**Tabla 5**). De hecho, la certificación del armario de distribución sólo es válida para estos tres tamaños de armario y con la carga ensayada. Sin embargo, a partir del ensayo de estas tres variantes de armario, se puede partir de una aptitud del comportamiento del armario, esto significa que los armarios TS 8 de dimensiones diferentes a las ensayadas, también son aptos para trabajar en Zona 4 según Telcordia – GR-63-CORE con las siguientes condiciones a tener en cuenta (con el kit y el zócalo antisísmico instalado):

- La norma y el espectro de frecuencias han de ser comparables (ver la **Fig. 2**)
- Distribución uniforme del peso
- La masa montada ha de ser igual o inferior a la de las variantes ensayadas
- La superficie de apoyo ha de ser igual o mayor que la de las variantes ensayadas (una superficie de apoyo mayor mejora la relación de palanca)
- Altura no superior a 2000 mm (o centro de gravedad a no más de 1000 mm)

Tabla 5: Variantes de TS8 ensayadas

Referencia	Dimensiones (B x H x F)	Componentes	Peso montado ensayado	Norma
8806.500	800 x 2000 x 600	Estándar	152kg	Telcordia GR-63-Core, Zona 3
8806.500	800 x 2000 x 600	Empuñadura confort, kit antisísmico, zócalo para zonas con riesgo sísmico	500kg	Telcordia GR-63-Core, Zona 4
8604.500	600 x 2000 x 400	Empuñadura confort, kit antisísmico, zócalo para zonas con riesgo sísmico	500kg	Telcordia GR-63-Core, Zona 4
8606.500	600 x 2000 x 600	Empuñadura confort, kit antisísmico, zócalo para zonas con riesgo sísmico	500kg	Telcordia GR-63-Core, Zona 4

Rittal asesora al cliente también en este caso y puede elaborar junto con el mismo una solución cualificada para condiciones límite.

Certificaciones

En las páginas siguientes se tienen los certificados correspondientes al TS8 para Zona 3 y para Zona 4 según los requerimientos de la Telcordia GR-63-CORE.



**FULL SCALE SEISMIC TESTING OF
STANDARD RITTAL TS RACK TO
BELLCORE ZONES 1, 2 AND 3**

**Prepared for
Rittal-Werk
by
EQE International Limited**

**Report N°. 230-04-R-01
Issue 1
8 January 1999**

EQE INTERNATIONAL

DOCUMENT SUMMARY

Rittal-Werk in Herborn, West Germany, have developed a new range of TS racks for inside uses for housing electrical/electronic equipment. The racks are fully fabricated from mild steel and have a durable paint finish.

A standard TS rack 2 m high, 800 mm wide and 600 mm deep, on a new standard 100mm deep plinth, underwent full scale uni-axial seismic testing on the BEELAB shaker table on the 5th and 6th October 1998, to meet the Bellcore Zones 1, 2 and 3 Specification GR-63-CORE (Reference 1) requirements. This report presents all the details of this test programme.

The rack was tested with a back plate payload of 152 kg.

All the seismic tests enveloped their respective Required Response Spectra (Zones 1 and 2 and Zone 3), over the required frequency range. The rack sustained no significant structural damage during the tests. The rack met the maximum displacement requirement of the Bellcore specification. It is therefore concluded that the new standard TS rack has achieved a test pass for Zones 1, 2 and 3.

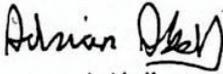
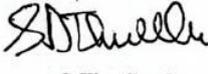
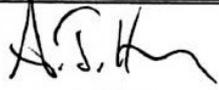


DOCUMENT APPROVAL SHEET

Project N°: 230-04
Report N°: 230-04-R-01
Title: Full Scale Seismic Testing of Standard Rittal TS Rack to Bellcore Zones 1, 2 and 3
Client: Rittal-Werk
Contact: Mr W Nicolai, Mr H Holighaus

© EQE International Limited

This document and any information or descriptive matter set out herein are subject to copyright and/or design right ownership. All rights reserved. No part of this document, nor any information or descriptive matter within it, may be disclosed, loaned, reproduced, copies, photocopies, translated or reduced to any electronic medium or machine readable form or used for any purpose whatsoever without the written permission of the Company, except in accordance with established contract conditions pertaining to the production of this document

ISSUE	DATE	PREPARED	REVIEWED	APPROVED
Issue 1	08/01/99	 A Abell (Project Manager)	 S Thurlbeck (Division Manager)	 A J Hoy (Managing Director)



**FULL SCALE SEISMIC TESTING OF ENHANCED
RITTAL TS RACK**

**Prepared for
Rittal-Werk
by
EQE International Limited**

**Report N°. 230-04-R-04
Issue 1
23 November 1998**

EQE INTERNATIONAL

DOCUMENT SUMMARY

Rittal-Werk in Herborn, West Germany, have developed a new range of TS racks for inside uses for housing electrical/electronic equipment. The racks are fully fabricated from mild steel and have a durable paint finish.

An enhanced Rittal TS rack 2 metre high, 800 mm wide and 600 mm deep, on a special 100 mm deep plinth, underwent a programme of full scale uni-axial seismic testing on the BEELAB shaker table on the 7th October 1998, to meet the Bellcore Zone 4 Specification GR-63-CORE (Reference 1) requirements. This report presents the main details of this test programme.

The rack was tested to the Bellcore Zone 4 requirements, with three different back plate payloads of 250 kg, 350 kg and 491 kg.

All the seismic tests enveloped the Required Response Spectrum over the required frequency range. The actual rack sustained no significant structural damage during the tests. The rack met the maximum displacement requirement of the Zone 4 Bellcore specification. It is therefore concluded that this enhanced TS rack has achieved a test pass.

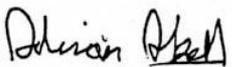
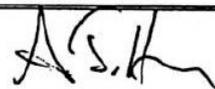


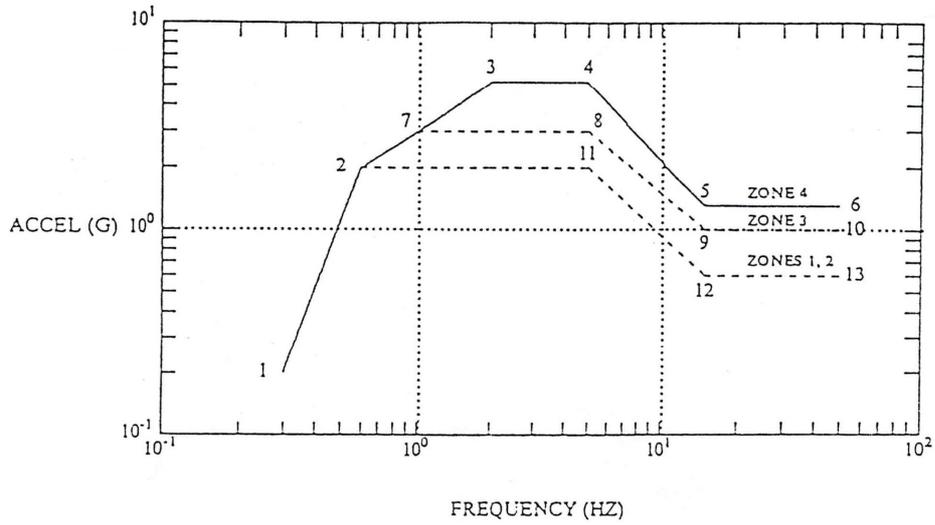
DOCUMENT APPROVAL SHEET

Project N^o: 230-04
Report N^o: 230-04-R-04
Title: Full Scale Seismic Testing of Enhanced Rittal TS Rack
Client: Rittal-Werk
Contact: Mr W Nicolai, Mr H Holighaus

© EQE International Limited

This document and any information or descriptive matter set out herein are subject to copyright and/or design right ownership. All rights reserved. No part of this document, nor any information or descriptive matter within it, may be disclosed, loaned, reproduced, copies, photocopies, translated or reduced to any electronic medium or machine readable form or used for any purpose whatsoever without the written permission of the Company, except in accordance with established contract conditions pertaining to the production of this document

ISSUE	DATE	PREPARED	REVIEWED	APPROVED
Issue 1	23/11/98	 A Abell (Principal Consultant)	 S D Thurlbeck (Director)	 A J Hoy (Managing Director)



Coordinate Point	Frequency (Hz)	Values for Upper Floor Acceleration (g's)
Zone 4		
1	0.3	0.2
2	0.6	2.0
3	2.0	5.0
4	5.0	5.0
5	15.0	1.6
6	50.0	1.6
Zone 3		
1	0.3	0.2
2	0.6	2.0
7	1.0	3.0
8	5.0	3.0
9	15.0	1.0
10	50.0	1.0
Zones 1 and 2		
1	0.3	0.2
2	0.6	2.0
11	5.0	2.0
12	15.0	0.6
13	50.0	0.6

Figure 5.5-2. Required Response Spectra



INDUSTRIEANLAGEN-BETRIEBSGESELLSCHAFT

mit beschränkter Haftung

Test- and Analysescenter

Certified to DIN EN ISO 9001:2000

Test certificate

No. TA34-2008/3318/2E

Type of tests: Sine sweep tests
Time history tests (Earthquake loadings)

Client: RITTAL GmbH & Co KG
35745 Herborn / Germany

Test specimens: **Cabinet TS 8606 500 (1177.170)** (600 x 600 x 2100 [mm])
mounted with: Earthquake-Kit 8613.660 and -Base 8601.660 and
Cabinet TS 8604 500 (1177.169) (600 x 400 x 2100 [mm])
mounted with: Earthquake-Kit 8613.640 and -Base 8601.640
Each cabinet being loaded with dummies, having a
total weight of 650 [kg.].

Manufacturer: RITTAL GmbH & Co KG
35745 Herborn / Germany

Test requirements: Network Equipment-Building System (NEBS)
Requirements: Physical Protection
– **GR-63-CORE– Zone 4.**
Telcordia Technologies Generic Requirements; 1995
IEC 68-2-6, German edition EN 60068, part 2-6 Environmental
testing;
Test Fc and guidance: Vibration sinusoidal; 1996.
IEC 68-3-3, German edition EN 60068, part 3-3
Environmental testing;
Seismic test methods for equipments; 1995.

IABG Offer: TA34 1616 01

Rittal Order Number: 450 3586 204

Remarks: The specimens withstood the loads and have passed the tests.
No damages could be detected apart from minor bending of the
earthquake base mounted to TS 8604 500. In all respects of its
functioning this was not held being essential.
The tests on the cabinets had been conducted between
27.02.2008 and 28.02.2008 and were witnessed by Mr. Stefan
Walther and Mr. Wolfgang Reuter RITTAL GmbH & Co KG.
They are documented in the acceptance certificate signed by
both parties at 28.02.2008.

85521 Ottobrunn; 2008-12-12

Responsible test engineer:



(Saad)

Operativa concreta

Aunque se disponga de algunas informaciones acerca de los terremotos, los posibles daños y la situación actual de la normativa, sigue sin quedar resuelta la siguiente cuestión: ¿Cómo se atiende una consulta de un cliente relacionada con un cuadro eléctrico antisísmico? En primer lugar, habrá que aclarar la ubicación geográfica, es decir, en qué país y en qué zona sísmica se montará el cuadro eléctrico. A continuación, se deberá determinar cuál es la norma y los requerimientos de ésta. Los responsables de la construcción y el cálculo de las estructuras deberán tener en cuenta todas las exigencias relativas al edificio y a la fijación del cuadro eléctrico dentro del mismo.

Integridad estructural o integridad funcional

En el caso de las normas de aplicación indicadas anteriormente a modo de ejemplo, se debe realizar una distinción entre integridad estructural e integridad funcional. Si únicamente se exige la integridad estructural, generalmente basta con utilizar una envolvente certificada, como el armario de distribución TS 8 señalado en el apartado anterior, provisto de los accesorios correspondientes para zonas con riesgo sísmico.

La integridad funcional de una instalación, como se exige también en ocasiones, no puede ser garantizada por la caja o el armario de distribución, para ello son necesarios ensayos detallados. A modo de preparación se pueden realizar cálculos de las estructuras mediante FEM (Método de los Elementos Finitos). Aquí es importante ensayar el cuadro eléctrico con los equipos que luego se utilizarán realmente. La distribución de los componentes montados y su peso pueden influir en el comportamiento de oscilación del armario de distribución, como también el tipo de montaje (por ejemplo, placas de montaje, sistemas de embarrados, etc.). Por esta razón, para este requerimiento se recomienda ensayar armarios antisísmicos para cada caso individual específico, es decir, con los equipos montados realmente en el mismo.

Resumen

Dependiendo de la localización geográfica, los terremotos pueden representar una amenaza muy seria para las personas y los bienes materiales. Los cuadros eléctricos y los centros de proceso de datos no sólo son bienes de muy alto valor, sino que también son especialmente importantes debido a su trascendencia dentro de la infraestructura técnica, razón por la cual deberían ser de tipo antisísmico cuando se trate de zonas expuestas a la amenaza de terremotos. Las envolventes (generalmente armarios de distribución y para servidores) desempeñan un papel central a la hora de garantizar en caso de terremoto la integridad funcional de una instalación como ésta, porque cuando sufren daños estructurales serios, la instalación siempre deja de ser operativa.

Por esta razón, la seguridad sísmica de las envolventes adquiere una gran importancia. Hay diferentes normas que definen las condiciones a cumplir por este tipo de envolventes para ser consideradas antisísmicas. En función de su aplicación y del mercado geográfico se deberán considerar normas distintas. Aunque sigan planteamientos distintos, sí que se asemejan en un ensayo fundamental: el ensayo de vibraciones sobre una mesa vibratoria, que simula las aceleraciones que se producen durante un terremoto. El espectro de frecuencias y aceleraciones exacto para el ensayo con la mesa vibratoria varía de una norma a otra.

El armario de distribución TS 8 de Rittal, con los accesorios para zonas con riesgo sísmico disponible como opción, ha sido ensayado según Telcordia GR-63-CORE y satisface las exigencias máximas representadas por la Zona 4.

Bibliografía

[Mun14] Munich Re, NatCatSERVICE, 2014

[BEU93] UNE-EN 60068-3-3:1994 Ensayos ambientales, Métodos de ensayo sísmicos aplicables a los equipos, Aenor

[IEE05] IEEE Standard 693 – IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations (Práctica recomendada para el diseño sísmico de subestaciones), 2005

[TEL02] Telcordia GR-63-CORE Issue 2, 2002

Rittal - The System.

Faster - better - everywhere.

- Armarios de distribución
- Distribución de corriente
- Climatización
- Infraestructura TI
- Software y servicio



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

IT-INFRASTRUKTUR

SOFTWARE & SERVICE

FRIEDHELM LOH GROUP