

VALORACIÓN DE REGISTROS SÍSMICOS DEL 1º EDIFICIO CON DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN SISMICA DE ARGENTINA

Gioacchini, Gustavo; Tornello, Miguel; Cenas, Kevynn, Tillar Alejandro
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza.
ggioacchini@frm.utn.edu.ar

RESUMEN

La ingeniería sísmica ha desarrollado en las últimas décadas nuevas estrategias para controlar y reducir el daño de las construcciones frente a terremotos severos. Entre ellas se destacan los sistemas de aislamiento sísmico y de disipación de energía. Estas dos estrategias han planteado un cambio de paradigma de la ingeniería estructural sismorresistente, por lo tanto, son muy utilizadas a nivel mundial, pero con una escasa aplicación a nivel nacional. El presente trabajo resume las respuestas sísmicas medidas en términos de aceleraciones y desplazamientos del edificio aislado de la residencia de estudiantes de la FRM-UTN. Los resultados corresponden a un periodo de tiempo de más de veinte años. El proyecto del sistema de aislamiento del edificio, posee instrumental sísmico para el monitoreo tanto del edificio protegido sísmicamente como de otro idéntico, pero con fundaciones tradicionales. La instrumentación permite comparar las respuestas del edificio de base fija con el edificio aislado los cuales, se encuentran separados por escasos metros. Los resultados encontrados a lo largo de más de dos décadas, no solamente muestran la eficiencia de los dispositivos de aislamiento sísmico instalado sino también, la adecuada performance que ha tenido el instrumental sísmico que se encuentra instalado en el proyecto.

ABSTRACT

In recent decades, seismic engineering has developed new strategies to control and reduce damage to buildings from severe earthquakes. Among them stand out, seismic isolation and energy dissipation systems. These two strategies have raised a paradigm shift in earthquake-resistant structural engineering; therefore, they are widely used worldwide, but with little application at the national level. The present work summarizes the seismic responses measured in terms of accelerations and displacements of the isolated building of the student residence FRM-UTN. The results correspond to a period of time of more than twenty years. The building isolation system project has seismic instruments for monitoring both the seismically protected building and another identical one, but with traditional foundations. The instrumentation allows us to compare the responses of the fixed-base building with the isolated building, which are separated by a few meters. The results found over more than two decades not only show the efficiency of the installed seismic isolation devices but also the adequate performance of the seismic instruments installed in the project.

Organiza:

1. INTRODUCCION

Aproximadamente un tercio de la población mundial habita en zonas expuestas al peligro sísmico y en muchos países de Latinoamérica las personas habitan en edificios con escasas prescripciones sísmicas o bien, diseñados con códigos antiguos y obsoletos.

Los terremotos son fenómenos recurrentes, pero fuertemente irregulares en cuanto al tiempo de ocurrencia. Precisamente dicho aspecto incide de manera negativa, para ciertas regiones sísmicas, en relación a la conciencia de las personas, en general, y de los gobiernos en particular quienes tienen la responsabilidad de asignar los recursos económicos para reducir las vulnerabilidades de las obras esenciales y dictar políticas sísmicas de las regiones expuestas al peligro sísmico que tiendan a minimizar las pérdidas económicas y de vidas humanas que conlleva la ocurrencia de un terremoto destructivo.

Las construcciones tradicionales diseñadas con códigos modernos pueden considerarse como un progreso significativo dentro de la ingeniería sismorresistente, sin embargo, las mismas siguen presentando limitaciones frente a terremotos destructivos. Precisamente por dicha causa, es que la atención de muchas investigaciones, se ha centrado en poner a punto tecnologías innovadoras para reducir los efectos de los terremotos. Estas nuevas tecnologías, en general, persiguen dos objetivos, el primero superar las limitaciones de una construcción tradicional (admitir daños considerables frente a fuertes terremotos, incluida la inutilización del edificio, aún construidos con códigos modernos) y la segunda asistir las construcciones existentes con escasa o ninguna prescripción sísmica.

Las estrategias de protección sísmica más utilizadas y difundidas a nivel mundial son, el aislamiento de base y los dispositivos de disipación de energía, ambas han mostrados resultados satisfactorios en regiones sísmicas de muy elevada peligrosidad sísmica [1].

Sobre ambas estrategias existen numerosas aplicaciones a nivel mundial (a excepción de nuestro país). Se conoce que la energía sísmica se transmite a la estructura a través de la fundación, por lo tanto, el principio general del aislamiento sísmico es desacoplar la construcción del movimiento del terreno. Dicho aislamiento se realiza usualmente insertando, entre la construcción y la fundación, dispositivos de apoyo con baja rigidez horizontal y/o vertical que permiten liberar los desplazamientos de la construcción como consecuencia del terremoto [2]. Los dispositivos son diseñados con una rigidez adecuada frente a acciones frecuentes, por ejemplo, la acción del viento, de tal manera de no provocar sobre la estructura desplazamientos sensibles.

El nivel de seguridad que se consigue con los sistemas de aislamiento sísmico es mayor que el logrado por una construcción sismorresistente convencional aún para terremotos destructivos que causan graves daños en las construcciones y el colapso de aquellas con escasas prescripciones sísmicas [3].

Organiza:

Debido a los antecedentes descriptos, en la década del 2000 se iniciaron en el CeReDeTeC (Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos, sismología e Ingeniería sísmica de la Facultad Regional Mendoza de la UTN) proyectos de investigación relacionados con la protección sísmica y en tal sentido una de los primeros proyectos en el país fue el diseño y la construcción de la residencia de estudiantes de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional.

La obra consta de un conjunto de tres torres, cuya construcción fue finalizada en el año 2005, con el objeto de facilitarles un lugar de estadía a los alumnos que residen fuera de la ciudad de Mendoza; el complejo lo completa un edificio de dos niveles para administración y aulas de posgrado [4]. El sector de residencia, perfectamente diferenciado del anterior, se compone de tres edificios de tres niveles cada uno con idénticas características arquitectónicas y estructurales. Esos edificios fueron designados en la etapa de proyecto como Torres 1, 2 y 3 (T1, T2, T3) y su destino es dormitorios para los residentes y visitantes.

La torre T3 se caracteriza por estar montada sobre un sistema de aislamiento sísmico de base mientras que la T1 y T2 fueron construidas de manera tradicional, es decir, con base fija [4]. A fines del año 2006 se procedió a la instrumentación sísmica de las torres T2 y T3 las cuales están separadas entre sí por escasos metros; situación que ha permitido, desde su concreción, comparar sus respuestas ante la ocurrencia de sismos menores sentidos en la región ya sea de foco cercano como de epicentros lejanos [5].

En el presente trabajo se realiza una descripción de la metodología implementada para la adquisición de datos de la instrumentación sísmica, se muestran los resultados de los sismos más relevantes de los últimos años y se comparan las respuestas medidas a través del instrumental sísmico instalado en la torre T3, con aislamiento sísmico, y en la torre T2, con base fija. Los resultados obtenidos indican la conveniencia del uso del aislamiento sísmico como técnica de protección y además el correcto funcionamiento del conjunto sistema de aislamiento y edificio fundamentalmente, en aspectos relacionados con el desacoplamiento de las obras complementarias.

2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL EDIFICIO CON AISLAMIENTO SÍSMICO DE LA FACULTAD REGIONAL MENDOZA DE LA UTN

Los tres edificios destinados a dormitorios poseen las mismas características arquitectónicas y estructurales, constan de tres niveles, con planta rectangular de (8,00 x 7,60 m). La superficie de cada torre destinada a dormitorios es de 176 m², lo que hace un total de 528 m² entre los tres edificios. Todos los cuerpos del complejo fueron construidos con estructura de hormigón armado y mampostería encadenada y armada. Los muros exteriores son de mampostería (ladrillo macizo cocido) con espesores de 20 y 30 cm. Los entresijos y cubierta de techo están conformados por una losa prefabricada plana y una capa de hormigón armado superior para lograr una estructura monolítica de 5 cm de espesor.

Organiza:

Las divisiones interiores han sido realizadas con placas de roca de yeso. Las fundaciones han sido resueltas con base corridas y vigas rígidas de fundación incorporadas a dichas bases de hormigón armado. La cota de fundación de las bases corridas se ubica entre -2,00 y -2,50 m) [2]. En la Fig. 1 se muestra el emplazamiento relativo de los dispositivos de aislamiento en relación a la superestructura.

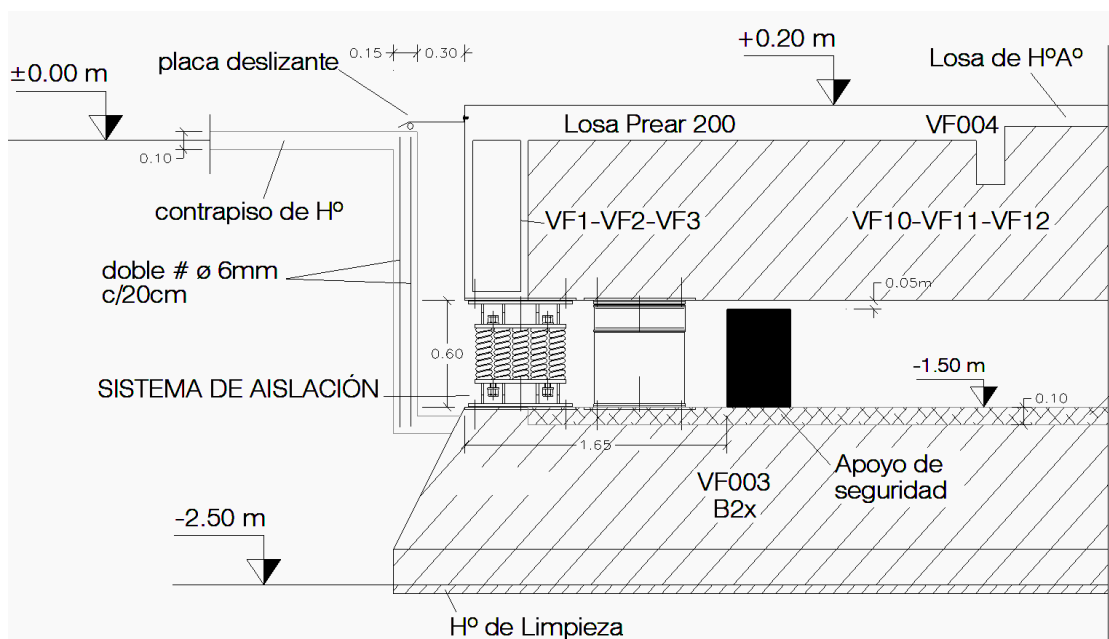


Figura 1. Emplazamiento de los dispositivos del sistema de aislamiento debajo de la torre T3

El sistema de aislamiento instalado en la torre T3 permite desplazamientos verticales y horizontales y provee amortiguamiento en las mismas direcciones a través del trabajo conjunto de los aisladores de resortes de acero y amortiguadores viscosos [6].

Las masas del edificio con aislamiento sísmico se indican en la Tabla 1; los valores indicados en la misma incluyen una participación del 25% de las cargas accidentales. A los efectos comparativos se indican también los datos de la torre T2, la cual es de base fija. Con relación al edificio aislado, la masa del primer nivel incluye la correspondiente al nivel considerado más la correspondiente a la losa y vigas inmediatamente por encima del sistema de aislamiento. Las masas correspondientes a los dispositivos de aislamiento se han despreciado debido a su escasa incidencia.

Nivel	Edificio con base fija (kN. s ² /m)	Edificio con aislamiento sísmico (kN. s ² /m)
1	69.06	158.77
2	56.33	56.33
3	46.96	46.96
Total	172.35	262.06

Tabla 1. Masas del edificio aislado y del edificio con base fija

Organiza:

3. CARACTERISTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE AISLAMIENTO SISMICO

Los dispositivos de aislamiento fueron provistos por la firma Gerb ® y fabricados en Alemania. El sistema de aislamiento está compuesto por cuatro paquetes de resortes y cuatro amortiguadores independientes de eje vertical (Visco ®), fabricados por la misma empresa y dispuestos en cada vértice del edificio, debajo de la viga perimetral que soporta la superestructura [2].

Los sistemas de resortes para aislamiento sísmico (GERB Control System ®, GCS) fueron originalmente diseñados, para controlar las vibraciones que generaban las turbinas en plantas hidroeléctricas y posteriormente extendidos a construcciones civiles [7]. El aislador está conformado por paquetes de resortes con baja rigidez en sentido horizontal y vertical, sin embargo, para aumentar el amortiguamiento del sistema de aislamiento se instalan en paralelo con amortiguadores visco elásticos (Visco®), (Figuras 2a y 2b) [2].

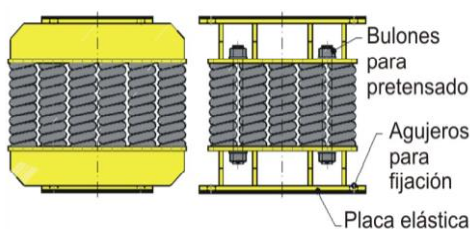


Figura 2a: Paquete de resortes metálicos GERB ®

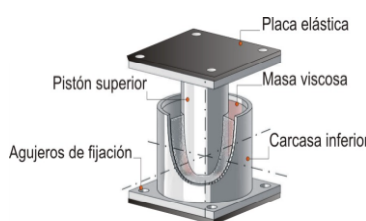


Figura 2b: Amortiguadores viscoelásticos GERB (Visco®)



La cantidad de resortes que componen el paquete es función de la rigidez vertical, la rigidez horizontal y de las capacidades a cargas estáticas y dinámicas impuestas por las acciones en servicio y sísmicas. Como consecuencia de una mayor carga vertical en uno de los perímetros del edificio, dos de los paquetes están compuestos por 30 resortes, con una capacidad de carga vertical de 921 kN y los otros dos por 28 resortes con una capacidad de carga vertical de 768 kN [2]. En Tabla 2 se resumen las características principales del sistema de aislamiento.

La rigidez horizontal y vertical de los resortes son funciones del módulo de corte del material del resorte, diámetro de la espira que conforma el resorte, número de espiras activas, diámetro exterior del resorte y altura libre del resorte [6]. La rigidez lateral de los resortes, sujetos a acciones dinámicas se encuentra influenciada por un efecto combinado de flexión y torsión [7].

Organiza:

Parámetro	Notación	28 Resortes	30 Resortes	Unidad
Capacidad nominal carga vertical	F_v	768	921	kN
Rigidez vertical	K_v	29500	35400	kN/m
Rigidez horizontal	K_h	3940	4730	kN/m
Amortiguamiento horizontal	C_h	26	26	%
Amortiguamiento vertical	C_v	13	13	%
Diámetro exterior del resorte	D	105	105	mm
Diámetro espira resorte	d	26	26	mm
Altura libre del resorte	h_s	271	272	mm

Tabla 2. Parámetros de diseño principales del sistema de aislamiento

4. INSTRUMENTAL SÍSMICO INSTALADO

Los instrumentos instalados son acelerómetros marca Kinemetrics, modelo Altus K2 con un sensor triaxial interno. El mismo actúa como central de adquisición de datos y es el receptor de otros nueve canales externos de registros de aceleración, por lo tanto, el sistema instalado tiene capacidad para el registro simultáneo de aceleración, de doce canales [5]. El emplazamiento de los distintos sensores se resume en la Tabla 3, mientras que en la Figura 3 se representa gráficamente la ubicación del instrumental en el edificio con aislamiento sísmico.

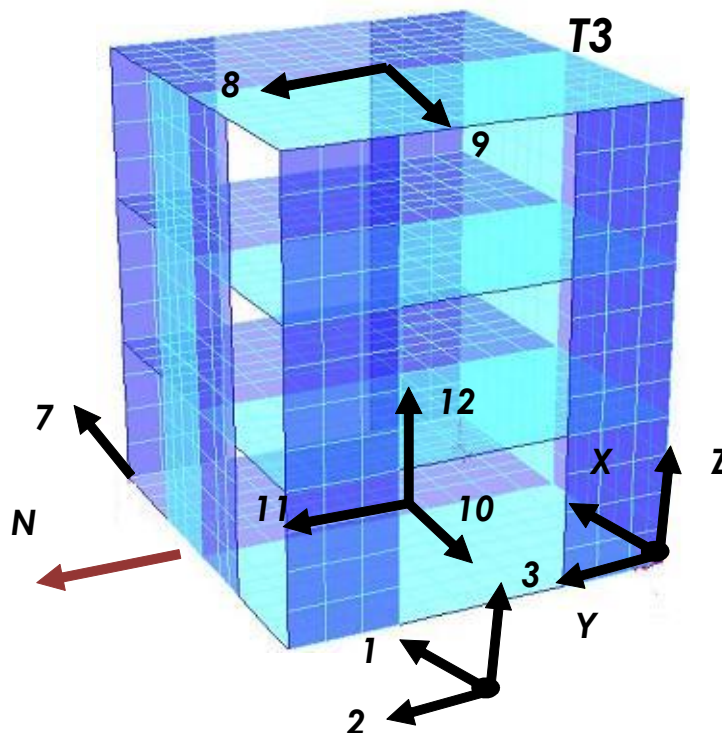


Figura 3. Esquema del instrumental instalado y dirección de registración en el edificio de la Torre (T3)

Organiza:

En la Torre 2 que corresponde al edificio de base fija, se ha instalado en la cubierta de techo, un sensor triaxial que permite el registro sísmico de las tres componentes del movimiento. La T2 se emplaza a escasos metros del edificio aislado por lo tanto los valores registrados en el edificio permiten compararse con los resultados obtenidos en las componentes 8 y 9 del edificio con aislamiento sísmico. Los resultados de las comparaciones, junto a los valores de los desplazamientos del edificio aislado, son tratados y mostrados en los párrafos siguientes (Figura 7).

Nº de Canal	Sentido de registro	Emplazamiento	Característica	Tipo de Sensor
1	E - O	Subsuelo del edificio con aislamiento de base (Torre 3)	Triaxial (2g)	Altus K2
2	S - N			
3	Vertical			
7	E - O	Planta Baja (por encima del sistema de aislamiento) de Torre 3, en el vértice noreste.	Uniaxial (2g)	Sensor uniaxial
8	S - N	Techo del edificio con aislamiento sísmico (Torre 3).	Uniaxial (2g)	Sensor uniaxial
9	E - O	Techo del edificio con aislamiento sísmico (Torre 3).	Uniaxial (2g)	Sensor uniaxial
10	E - O	Planta Baja (por encima del sistema de aislamiento) de Torre 3, aproximadamente en el baricentro de la planta.	Triaxial (2g)	Sensor triaxial
11	S - N			
12	Vertical			

Tabla 3. Emplazamiento de los sensores del sistema de adquisición de datos

En la Figura 4 se muestran algunos de los sensores sísmicos instalados en los distintos niveles del edificio y sus protecciones metálicas.



Figura 4. Sensores sísmicos instalados en puntos estratégicos de edificio aislado

Organiza:

Para la instalación del acelerómetro Altus K2 y los sensores externos ubicados a nivel del techo del edificio aislado y la del edificio con fundación tradicional, se construyeron bases de hormigón simple para asegurar una adecuada fijación de los mismos y para que el instrumental no interactuase con las obras del subsuelo (contrapisos) en el primer caso y con el relleno de la cubierta de techo, en el segundo caso (Figura 5). Los sensores ubicados a nivel de la planta baja (por encima del sistema de aislamiento), fueron fijados directamente al piso de los locales del edificio.



Figura 5: Bases de hormigón simple para fijar el instrumental de medición

Los emplazamientos de los sensores externos, exigieron la colocación de cañerías y cajas de registros para el tendido de los cables desde sus posiciones finales a la central de adquisición de datos (Altus K2) (Figura. 6). Finalizados dichos trabajos se realizaron los respectivos trabajos de conexiones y tendido de cables. En Figura 7, se ilustran los trabajos de tendido de cables y conexiones junto con la base de adquisición de datos emplazada en el subsuelo del edificio.



Figura 6: Instalaciones complementarias para el tendido e inspección de los cables de los sensores

Organiza:

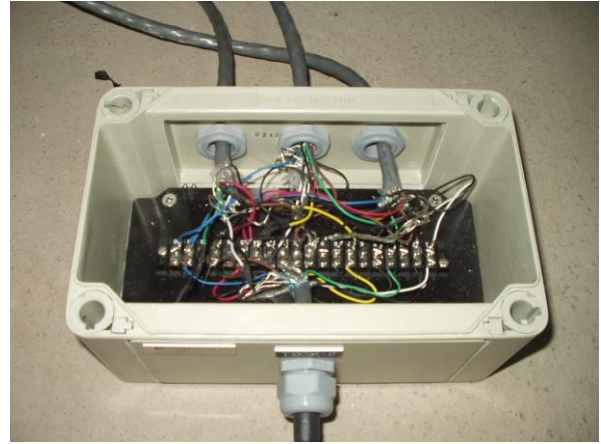


Figura 7: Tendido de cables y conexiones sensores externos. Central de adquisición de datos

Para que cada sensor externo contase con propiedades de seguridad y estanqueidad, los equipos emplazados en la planta baja, techo del edificio aislado, techo del edificio con fundación tradicional, fueron instalados bajo una cobertura metálica, las cuales fueron construidas con una doble pared de chapa y entre ellas se colocó una placa de poliestireno expandido de 50 mm. de espesor para controlar los gradientes térmicos (Figura 8).



Figura 8: Coberturas metálicas de protección de los sensores externos.

5. PROCESAMIENTO DE LOS REGISTROS SÍSMICOS

El procesamiento de los registros sísmicos tiene por objeto determinar las respuestas del edificio aislado y la del edificio con base fija, en términos de aceleraciones, velocidades y desplazamientos. Los resultados obtenidos permiten comparar el comportamiento de ambos edificios.

Organiza:

Los parámetros que caracterizan a los terremotos tienen importancia en la respuesta tanto de las estructuras con base fija como en la de estructuras con aislamiento de base. Trabajos previos realizados [8] indican por ejemplo la relevancia del periodo del pulso de los terremotos cuyos registros sísmicos provienen de fallas cercanas con relación al periodo del edificio con aislamiento sísmico. El procesamiento de los registros sísmicos no solo permite, como en este caso, comparar respuestas de dos edificios sino también, evaluar el comportamiento de los edificios en relación con los parámetros que caracterizan a los terremotos.

En los párrafos siguientes se sintetiza la metodología que se utiliza para el procesamiento de los registros.

Inicialmente se realiza una revisión de la página web del Servicio de Información Sísmica (SIS) del CeReDeTeC, UTN [9] con el objeto de recopilar los datos informados de cada evento sísmico registrado por la red de acelerómetros. Con las fechas y horarios obtenidos de dicha página se procede a bajar los registros sísmicos en formato digital buscando los eventos sísmicos informados en la página web del SIS.

La comunicación con la central de adquisición de datos se realiza a través de una PC y para ello se utiliza un software de comunicación, “QuickLook” [10] que permite obtener el archivo digital del registro y también permite una visualización cualitativa del mismo. La Figura 9 muestra, a modo de ejemplo y cualitativamente, uno de los registros sísmicos obtenidos del instrumental instalado. En la Figura 10 se muestra la central de adquisición de datos junto a la PC utilizada para establecer la comunicación con el equipamiento instalado.

En una segunda etapa y utilizando el mencionado software de comunicación, se consigue la información de los valores máximos de cada componente del registro dados en voltios, luego si se conoce la sensibilidad de cada sensor de registro, es posible determinar los valores de aceleración con línea de base corregida. En la Tabla 4 se muestra un ejemplo de los resultados obtenidos para uno de los sismos procesados.

SISMO DEL 09/05/2006

ACELERACIONES REGISTRADAS (Datos Obtenidos de los archivos *.evt)

Unicación	Canal: 1 (E-W)			Canal: 2 (Vertical)			Canal: 3 (N-S)		
	Volts (max)	g	(% g)	Volts (max)	g	(% g)	Volts (max)	g	(% g)
Laboratorio Estructura		0,10400	10,400		0,04760	4,760		0,072960	7,296
Laboratorio Estructura		0,10324	10,324		0,04644	4,644		0,069786	6,979
Residencia T3 Subsuelo	0,156	0,12480	12,480	0,0663	0,05303	5,303	0,12195	0,097560	9,756
Residencia T2 Terraza	0,3079	0,24632	24,632	0,1549	0,12392	12,392	0,50810	0,406480	40,648
Residencia T3 P.Baja (N-S)-(VERTICE)							0,09236	0,073888	7,389
Residencia T3 Terraza (N-S)							0,09506	0,076048	7,605
Residencia T3 Terraza (E-W)	0,11315	0,09052	9,052						
Residencia T3 P. Baja	0,09968	0,07974	7,974	0,0847	0,06775	6,775	0,10462	0,083696	8,370

Tabla 4. Aceleraciones registradas en el sismo del 09/05/2006

Finalmente se procesan los registros de cada evento sísmico con el objeto de obtener las historias de tiempo de aceleración, velocidad y desplazamiento de cada uno de los canales y sus correspondientes valores máximos. Para tal objetivo se utiliza el software “SMA” (Strong Motion Analyst) [10]. El resultado del procesamiento permite

obtener un archivo de texto con las historias de tiempo y los valores máximos de las aceleración, velocidad y desplazamiento junto con el instante de tiempo en el cual se producen.

Dichos valores son ordenados, para cada evento sísmico en una planilla cuyo formato se muestra en la Tabla 5.

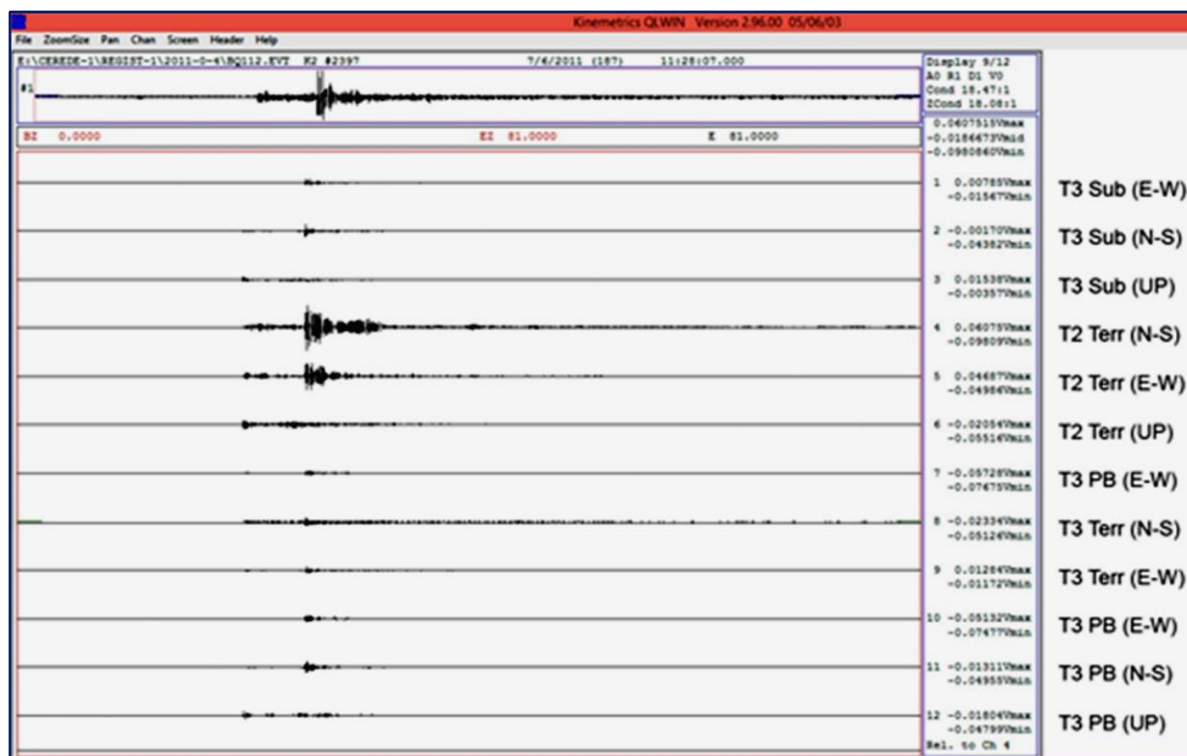


Figura 9. Vista cualitativa del registro sísmico en sus doce canales del software “QuickLook”



Figura 10. Central de adquisición de datos (Altus K2 de Kinematics – PC para comunicación y procesamiento de los registros sísmicos).

Organiza:

SISMO DEL 09/05/2006

VALORES PICOS CALCULADOS DEL PROCESAMIENTO DE LOS REGISTROS (Datos Obtenidos de los archivos *.evt.V2)

Instrumento	Canal	Ubicación	ACELERACIÓN		VELOCIDAD		DESPLAZAMIENTO	
			peak (cm/seg ²)	time (seg)	peak (cm/seg)	time (seg)	peak (cm)	time (seg)
Acelerometro Altus K2	1	Torre 3 - Subsuelo	122,14	25,69	3,850	25,72	0,392	25,68
	2		94,69	26,05	3,280	24,88	0,433	25,03
	3		52,19	26,07	1,320	24,79	0,162	24,93
Acelerometro Triaxial	4	Torre 2 - Terraza	398,04	26,46	14,277	26,29	0,562	25,64
	5		241,68	25,80	7,650	26,06	0,441	25,69
	6		121,04	25,79	2,306	24,81	0,157	24,95
Acelerometro Uniaxial	7	Torre 3 - Planta Baja	72,49	26,27	3,550	25,99	0,432	25,90
Acelerometro Uniaxial	8	Torre 3 - Terraza	74,06	25,54	6,820	25,46	0,941	25,20
Acelerometro Uniaxial	9	Torre 3 - Terraza	88,22	25,80	5,380	25,73	0,732	25,82
Acelerometro Triaxial	10	Torre 3 - Planta Baja	77,33	26,27	3,430	25,99	0,429	25,90
	11		79,20	26,03	4,099	25,38	0,516	25,24
	12		59,46	26,14	2,580	25,05	0,226	24,97

Tabla 5. Valores máximos de aceleración, velocidad y desplazamiento para el sismo del 09/05/2006.

5. RESPUESTAS MEDIDAS EN LOS EDIFICIOS

El instrumental instalado en los edificios de la Residencia de estudiantes de la FRM UTN, registró, por primera vez, el evento sísmico del 09/09/2005 ocurrido a las 08:25:26 hs., con epicentro a 170 Km de la ciudad de Mendoza, magnitud estimada en 5.2 en la escala de Richter e Intensidad Mercalli Modificada entre IV y V. Desde la fecha comentada el instrumental ha continuado registrando los eventos sísmicos sentidos en la región de manera ininterrumpida y hoy se cuenta con una base de datos de más doscientos eventos sísmicos registrados.

Con el objeto de evaluar el comportamiento del edificio aislado respecto del de base fija se comparan los respectivos registros de aceleraciones.

En la Figura 11 se muestran los resultados obtenidos para algunos los principales eventos sísmicos registrados por el instrumental. Por razones de espacio, se muestra sólo los resultados de un registro por año y hasta el año 2015. Los gráficos muestran la comparación de las aceleraciones y el desplazamiento para el mismo evento sísmico, del edificio aislado. Con relación a las aceleraciones (gráficos de la izquierda) en el eje horizontal se ha representado la aceleración normalizada respecto al valor registrado a nivel del techo del edificio aislado y en el eje vertical se indica el nivel del edificio. Con relación a los desplazamientos (gráficos de la derecha) en el eje horizontal se han representado los desplazamientos normalizados respecto del valor registrado en el nivel del techo del edificio aislado y en el eje vertical se indica el nivel del edificio.

Organiza:

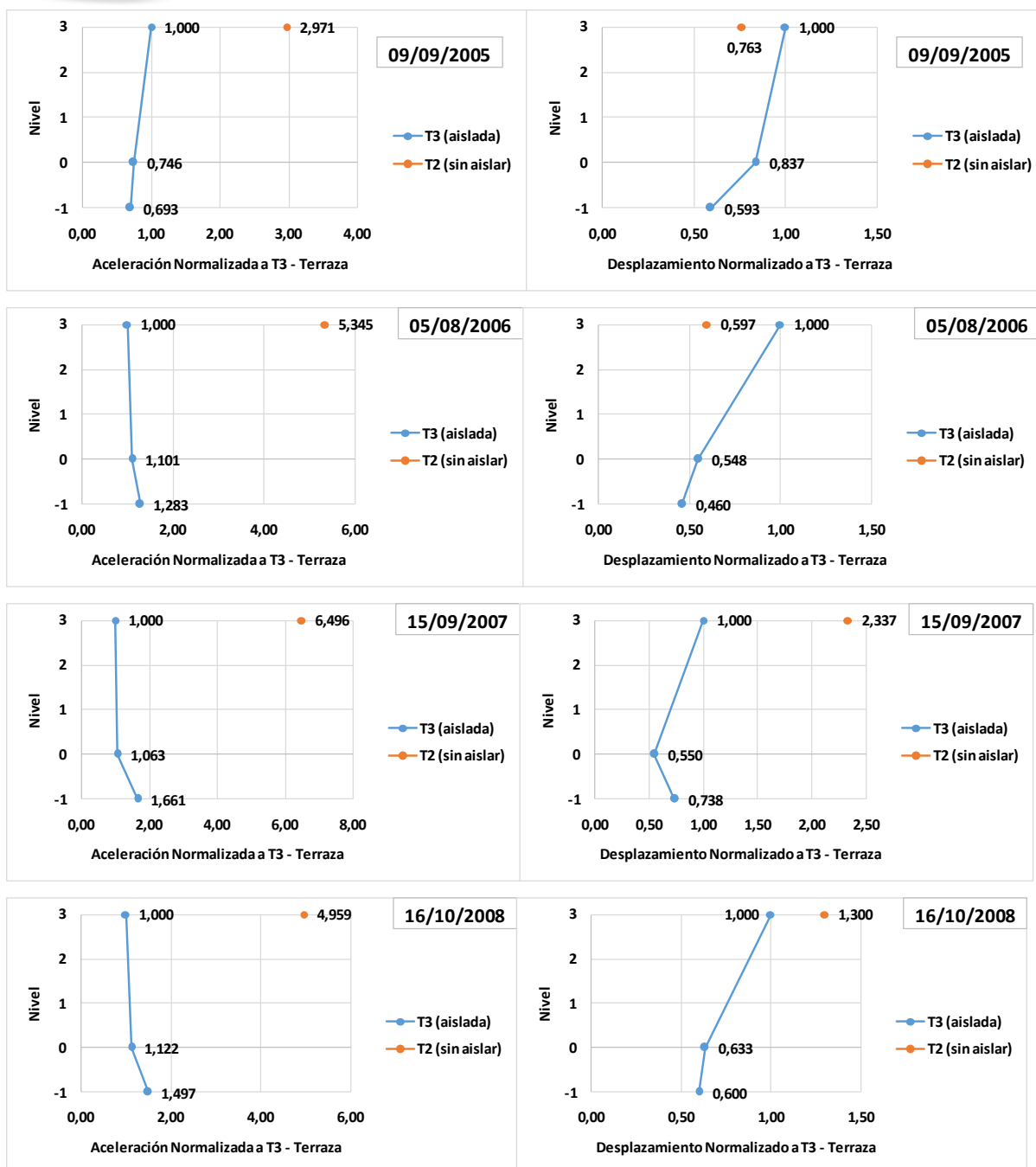


Figura 11: Comparación de las aceleraciones del edificio aislado con el edificio de base fija (gráficos de la izquierda). Desplazamientos registrados del edificio con aislamiento sísmico (gráficos de la derecha).

Organiza:

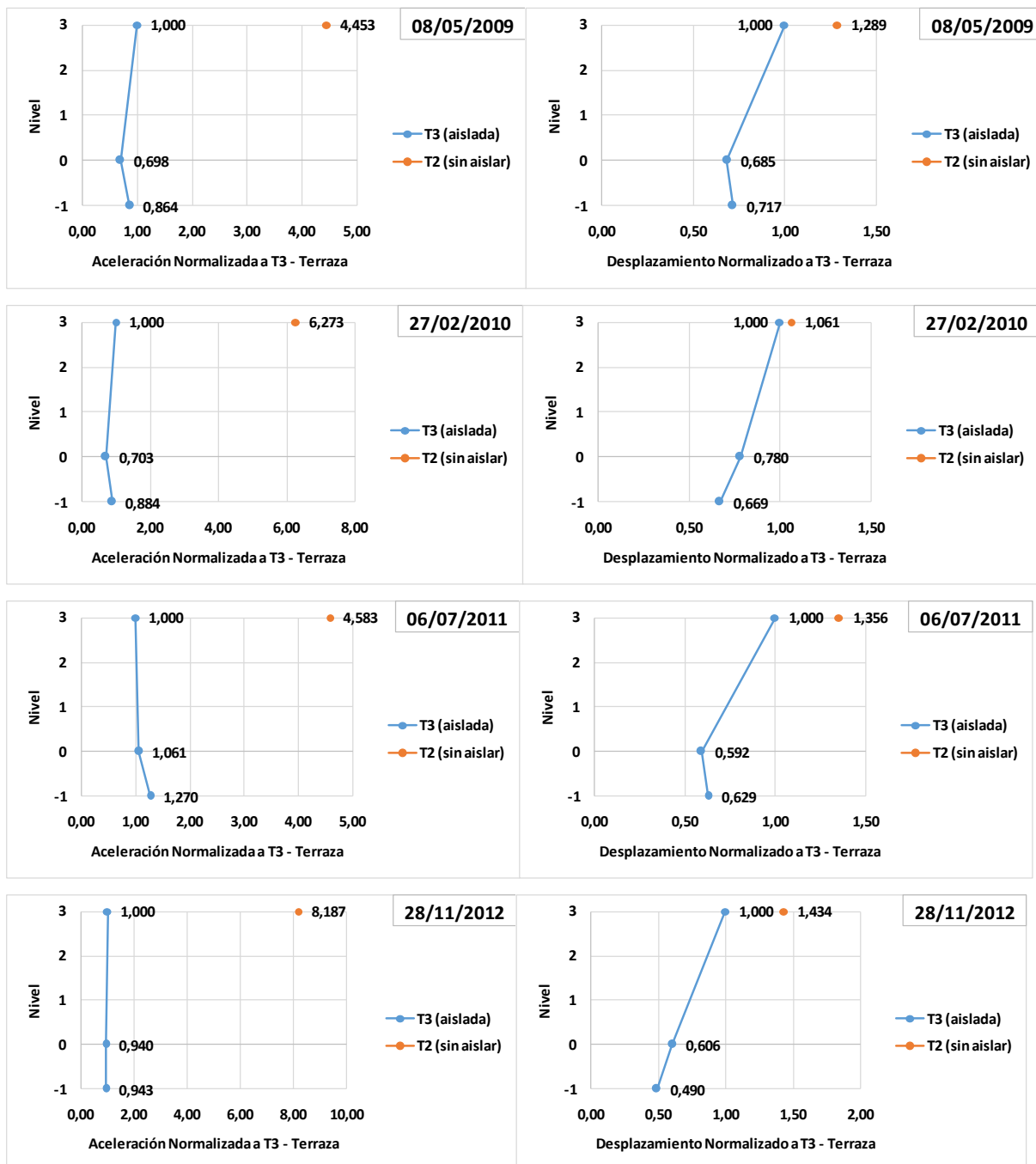


Figura 11: Comparación de las aceleraciones del edificio aislado con el edificio de base fija (gráficos de la izquierda). Desplazamientos registrados del edificio con aislamiento sísmico (gráficos de la derecha). Continuación

Organiza:

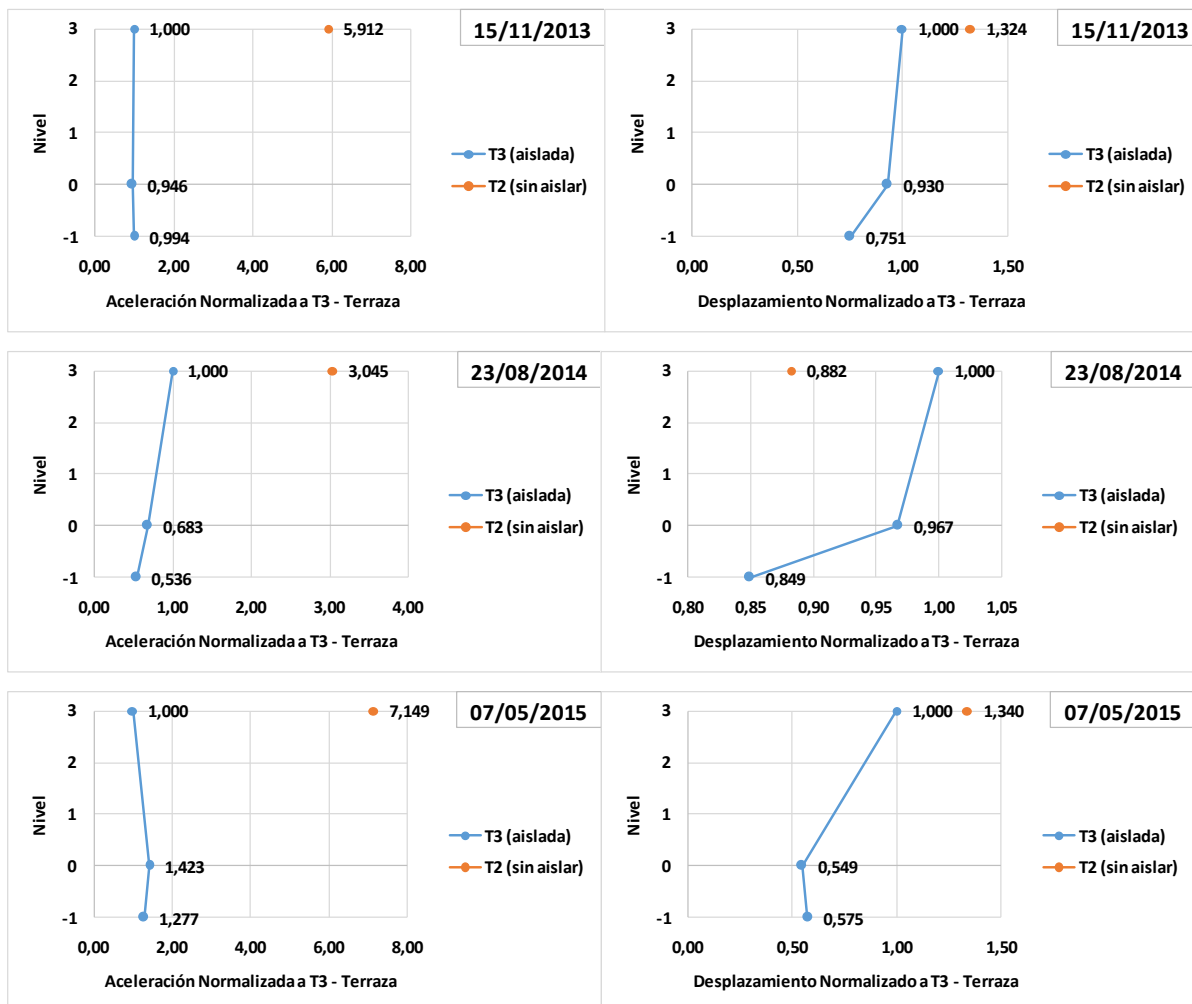


Figura 11: Comparación de las aceleraciones del edificio aislado con el edificio de base fija (gráficos de la izquierda). Desplazamientos registrados del edificio con aislamiento sísmico (gráficos de la derecha). Continuación

En la Figura 12 se muestran los espectros de aceleración para la componente Norte – Sur del sismo del 20/11/2023 registrado por el instrumental sísmico para el nivel de terraza de la Torre (T2 con base fija) y Torre (T3 con base aislada) para un amortiguamiento del 0%, 2%, 4%, 10% y 20%. Notese que los picos de aceleración en la terraza del edificio aislado son menores que las correspondiente al mismo nivel para el edificio de base fija.

En la Figura 13 se muestran los espectros de aceleración para la componente Este – Oeste del sismo del 12/05/2024 registrado por el instrumental sísmico para el nivel de terraza de la Torre (T2 con base fija) y Torre (T3 con base aislada) para un amortiguamiento del 0%, 2%, 4%, 10% y 20%. Notese que, al igual que el caso

Organiza:

anterior, los picos de aceleración en la terraza del edificio aislado son menores que las correspondiente al mismo nivel para el edificio de base fija.

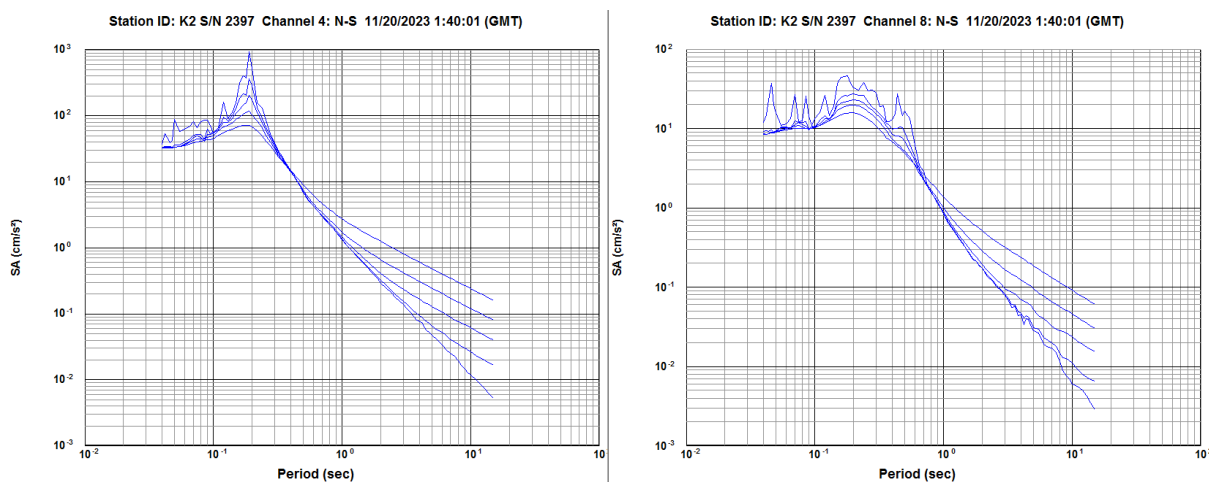


Figura 12: Espectros de aceleración para la componente N-S del sismo del 20/11/2023. Izquierda: a nivel de terraza del edificio con base fija. Derecha: a nivel de terraza del edificio con base aislada.

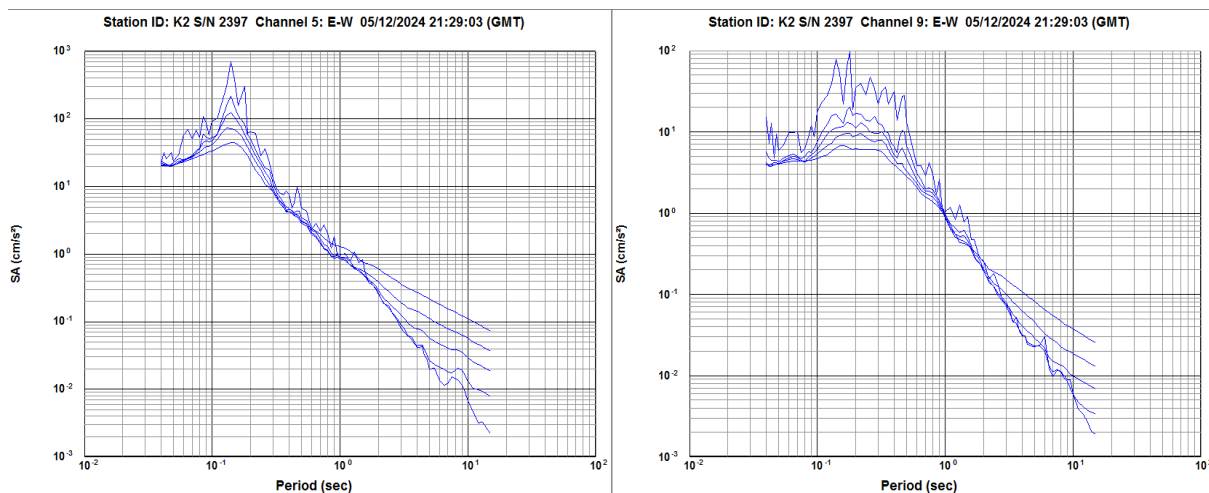


Figura 13: Espectros de aceleración para la componente E-W del sismo del 12/05/2024. Izquierda: a nivel de terraza del edificio con base fija. Derecha: a nivel de terraza del edificio con base aislada.

Organiza:

7. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos confirman la eficiencia de los dispositivos de aislamiento instalados y su adecuado comportamiento frente a sismos sensibles.

La información obtenida a la fecha indica que los dispositivos de aislamiento, tanto el aislador como el amortiguador, funcionan correctamente. El mantenimiento de los dispositivos que conforman el sistema de aislamiento ha sido prácticamente nulo y, en la mayoría de los casos, se ha circunscripto solamente a una simple inspección periódica de los mismos.

Las reducciones de las respuestas en términos de aceleraciones del edificio con aislamiento sísmico han sido significativas. En los casos mostrados en el presente trabajo los dispositivos de aislamiento han permitido reducir las aceleraciones entre tres a ocho veces los valores de aceleraciones registradas a nivel del techo del edificio de base tradicional.

Los resultados obtenidos, en términos de aceleraciones para el edificio con aislamiento sísmico, indican que las obras complementarias que conforman el proyecto y que interactúan en el movimiento sísmico con el edificio aislado, incluidas las instalaciones, han sido adecuadamente desacopladas y en tal sentido confirma la concreción de ciertos trabajos adicionales que se realizaron después de la inauguración del edificio debido a un fuerte acoplamiento de las obras complementarias, principalmente las escaleras, con el edificio aislado.

Las ordenadas espectrales de aceleraciones a nivel de la terraza del edificio aislado son menores que las correspondiente al mismo nivel, pero del edificio de base fija, lo que indica la eficiencia de los dispositivos de aislamiento instalados en el edificio.

Evidentemente los desplazamientos del edificio aislado resultan ser mayores que las del edificio de base fija, pero estos conllevan deformaciones concentradas en los aisladores; los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de desplazamientos máximos previstos para el sistema de aislamiento.

Los desplazamientos del edificio aislado no han afectado las obras complementarias, incluidas las instalaciones, que interactúan con el edificio durante el movimiento sísmico, situación que indica una correcta solución en la concreción de los detalles de la unión con el edificio.

Agradecimientos

El presente trabajo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación ECTCME0010148TC financiado por la Universidad Tecnológica Nacional. Los autores agradecen a las autoridades de la Universidad por el financiamiento otorgado al proyecto y a las becas doctorales para docentes de la UTN. Se agradece a todos los docentes investigadores del CeReDeTeC, por los aportes y sugerencias realizadas al texto y al contenido del presente trabajo.

Organiza:

Referencias

1. Martelli A., Modern Seismic Protection Systems for Civil and Industrial Structures. Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica. IX Jornadas. Concepción. Chile. CD. ISSN 0718-2678 (2005).
2. Tornello M., Zarrazin M., Dynamic response of a building with base isolation for near-fault motion. 9th Canadian Conference on Earthquake Engineering. Paper 1057. Ottawa. CAEE, ACEP (2007).
3. Tornello M. Frau C., Palazzo C., Estructuras Edilicias con Dispositivos de Protección sísmica emplazadas en regiones de fallas activas. eduTecNe. Pp. 357. ISBN: 978-950-9064-73-7 (2013).
4. Tornello M., Frau C., Experiencias sobre aislamiento sísmico en Mendoza, Argentina. Diseño, modelación y construcción. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras. Volumen 15, número 1, 2010. Pp. 1-47. ISSN 1390-0315. ESPE. Quito. Ecuador (2010).
5. Tornello M., Frau C., Ciudad Real M., Gioacchini G., Panella S., Análisis comparativo entre las respuesta instrumental y modelos numéricos de un edificio con aislamiento sísmico de base. Memorias del XXXIV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. San Juan Argentina. Tema 5. ID: 680.pdf. Pp. 1-15. (2010)
6. Tornello M. Protección de estructuras con aislamiento sísmico de base. Una estrategia para reducir la vulnerabilidad sísmica de las obras civiles frente a terremotos destructivos. Edit. Academica Española. Schaltungsdienst Lange o:H G. Berlin, Books on Demand GmbH, Nordersdedt. Reha GmbH. ISBN: 978-3-8484-5168-5 (2012).
7. Nawrotzki P. Seismic Protection of structures by viscoelastic elements. The 8th Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction. Nanyang Technological University. Singapore (2001).
8. Tornello M., Frau C., Gioacchini G., Panella S., Impact the main parameter of near-fault earthquakes in the response of isolated building with spring and viscous damper. 12th World conference on seismic isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures, Sochi. Russia (2011).
9. Servicio de Información sísmica. CeReDeTeC. Facultad Regional Mendoza. Ministerio de Infraestructura y Energía de la ciudad de Mendoza. <http://www1.frm.utn.edu.ar/sismos/>
10. Kinematics inc. Altus Digital Recorder. User Manual (2002).

Organiza: