



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis comparativo de diferentes aisladores sísmicos para edificaciones esenciales con fines de reducción de daños – Hospital de Ilave, Puno 2017

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Civil

AUTORA

Cecilia Carrillo Robles

ASESOR

Mg. Ing. Félix Germán Delgado Ramírez

ASESORA METODOLÓGICA

Mg. Teresa Gonzales Moncada

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA - PERU

Año 2017

# JURADO

---

Presidente

---

Secretario

---

Vocal

## Dedicatoria

Dedico la presente tesis a mi familia; a mi Madre, Hermana y Tíos, por sus enseñanzas, por su apoyo incondicional, por alentarme a cumplir mis metas y a salir siempre adelante a pesar de las vicisitudes de la vida.

## Agradecimiento

Deseo expresar mi agradecimiento a mi hermana Rita, por su valioso apoyo en el desarrollo de mi tesis.

Al Mg. Ing. Alejandro Muñoz, por su valioso tiempo para brindarme su asesoría para el desarrollo de mi tesis.

Al Mg. Ing. Renato Paredes, por la confianza, la amistad y por ser la imagen a seguir como profesional.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, CECILIA CARRILLO ROBLES, estudiante de la **Facultad De Ingeniería de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil** de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 40932562, con la tesis titulada **“Análisis comparativo de diferentes Aisladores Sísmicos para Edificaciones Esenciales con fines de reducción de daños- Hospital de ILAVE, Puno 2017”**.

Declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis no ha sido autoplagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.
- 5) Se cuenta con las autorizaciones pertinentes para el uso de la información y software por parte de la empresa PRISMA INGENIEROS SAC, con fines netamente educativos.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Lima, 25 de agosto del 2017

.....  
Cecilia Carrillo Robles  
DNI N° 40932562

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada **“Análisis comparativo de diferentes Aisladores Sísmicos para Edificaciones Esenciales con fines de reducción de daños- Hospital de ILAVE, Puno 2017”**, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

Atentamente,

Cecilia Carrillo Robles

## ÍNDICE GENERAL

<b>INDICE GENERAL</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>ix</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xii</b>
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>13</b>
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Trabajos previos	14
1.2.1. Antecedentes nacionales	14
1.2.2. Antecedentes internacionales	17
1.3. Teorías relacionadas al tema	20
1.3.1. Edificación esencial	20
1.3.1.1. Clasificación de edificaciones esenciales	21
1.3.1.2. Propiedades de las edificaciones esenciales	22
1.3.1.3. Diseño sismo resistente	22
1.3.2. Aisladores sísmicos	23
1.3.2.1. Tipos de aisladores sísmicos	25
a. Aisladores elastoméricos	25
i) Aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento (LDRB)	25
ii) Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (LRB)	26
iii) Aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDRB)	27
b. Aisladores deslizantes	27
i) Apoyo deslizantes planos	28
ii) Péndulos friccionantes (FPS)	28
1.3.2.2. Características de aisladores sísmicos	29
1.3.2.3. Eficiencia antisísmica	30
1.3.2.3.1 Desempeño de las estructuras aisladas	30
1.3.3. Riesgo sísmico	31
1.3.4. Glosario de términos	32

1.4. Formulación del problema	33
1.4.1. Problemas específicos	33
1.5. Objetivos	33
1.5.1. Objetivo general	33
1.5.2. Objetivos específicos	33
1.6. Hipótesis	34
1.6.1. Hipótesis general	34
1.6.2. Hipótesis específicas	34
1.7. Justificación del estudio	34
1.7.1. Justificación técnica	34
1.7.2. Justificación metodológica	34
1.7.3. Justificación práctica	35
1.7.4. Justificación social	35
1.7.5. Justificación económica	35
<b>II. METODO</b>	<b>36</b>
2.1. Diseño de investigación	36
2.1.1. Tipo: aplicado	36
2.1.2. Nivel: explicativo - correlacional	36
2.1.3. Diseño: no experimental	36
2.2. Variables, Operacionalización	37
2.2.1. Variable V1	37
2.2.2. Variable V2	37
2.3. Población, muestra y muestreo	37
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	41
2.4.1. Técnicas e instrumentos	41
2.4.2. Validez y confiabilidad	42
2.5. Métodos de análisis de datos	43
2.5.1. Métodos de análisis de edificios aislados según ASCE 7-10	43
2.5.1.1. Análisis Tiempo – Historia	44
2.5.1.2. Modelamiento en el programa de análisis ETABS	50
2.6. Aspectos éticos	52

<b>III. RESULTADOS</b>	<b>53</b>
3.1 Resultados del método Tiempo – Historia con el uso de Aisladores Elastoméricos HDRB y Péndulo Friccional	54
3.1.1. Desplazamientos y derivas máximas	54
3.1.2. Fuerza cortante	55
3.1.3. Aceleraciones máximas de piso	55
<b>IV. DISCUSIÓN</b>	<b>56</b>
<b>V. CONCLUSIÓN</b>	<b>58</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>59</b>
<b>VII. REFERENCIAS</b>	<b>60</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>66</b>
8.1. Matriz de consistencia	67
8.2. Matriz de operacionalización de variables	69
8.3. Carta de autorización de la empresa	72
8.4. Ficha técnica: selección de muestra	73
8.5. Ficha técnica de campo: suelos	76
8.6. Ficha de resultados: modelamiento Etabs	85
8.7. Ficha Técnica de Aislador Sísmico LDRB	88
8.8. Ficha Técnica de Aislador Sísmico LRB	104
8.9. Ficha Técnica de Aislador Sísmico FIP	120
8.10. Recategorización de los establecimientos de salud El Collao	136

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comparación de la respuesta sísmica de un edificio con y sin aislación sísmica de base	24
Figura 2 Aislador LDRB	26
Figura 3 Aislador elastomérico tipo LRB	26
Figura 4 Apoyo deslizante plano – Universidad Católica de Chile	28
Figura 5 Esquema de un FPS	29
Figura 6 Maqueta del nuevo hospital de Ilave - Puno	38
Figura 7 Modelo 3D del Hospital de Ilave	38
Figura 8 Interfaz de aislamiento – elevación	39
Figura 9 Esquema de estructura de techo de primer piso	41
Figura 10 Registro global de aceleraciones de los registros sísmicos	44
Figura 11 Acelerogramas de los diferentes sismos a utilizar	45
Figura 12 Vista en 2D y 3D de la edificación en el software ETABS	46
Figura 13 Vista de planta	47
Figura 14 Modelamiento del aislador elastomérico HDRB	51
Figura 15 Pantalla de ingreso de propiedades en la dirección vertical y en las direcciones laterales del aislador	51
Figura 16 Modelamiento del aislador de Péndulo Friccional	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Desempeño para edificios de base aislada y de base empotrada (FEMA P751, 2009)	31
Tabla 2	Propiedades mecánicas del concreto	40
Tabla 3	Propiedades mecánicas del acero de refuerzo A615 Grado 60	40
Tabla 4	Propiedades mecánicas del acero estructural A36	40
Tabla 5	Cargas en dispositivos	47
Tabla 6	Desplazamientos del sistema de aislamiento	54
Tabla 7	Derivas máximas	54
Tabla 8	Fuerza cortante elástica máxima – DBE	55

## RESUMEN

El título del estudio es “**Análisis comparativo de diferentes Aisladores Sísmicos para Edificaciones Esenciales con fines de reducción de daños- Hospital de ILAVE, Puno 2017**”, cuyo objetivo general fue determinar el mejor aislador sísmico que se empleará en la edificación esencial - Hospital de llave, sobre los aisladores sísmicos, se tomó la teoría de Roberto Aguiar Falconi, José Luis Almazan y Peter Dechent, quienes señalan la necesidad de evaluar sus tipos, las características y la eficiencia antisísmica de los mismos. Sobre las edificaciones esenciales, el Dr. Julio Kuroiwa propone la evaluación de su clasificación, características y diseño sismo resistente de las mismas.

El estudio es de tipo cuantitativo, nivel explicativo-correlativo, y diseño no experimental; en cuanto a la población para este estudio, comprende la totalidad de los Hospitales de la región Puno, tomando como muestra al hospital de llave, Los instrumentos utilizados son fichas técnicas así como el uso del software ETABS y acelerogramas de sismos.

Se desarrolló el análisis del edificio con diferentes aisladores donde se hallaron y compararon los valores de respuesta sísmica (periodo, deriva, aceleración, cortante y desplazamientos) entre los distintos dispositivos; concluyendo que si bien ambos logran satisfacer los requisitos para el desempeño de funcionalidad post sismo, los aisladores de Péndulo Friccional obtuvieron los mejores rangos establecidos en la normativa peruana e internacional.

**Palabras clave:** Aisladores sísmicos, edificaciones esenciales

## ABSTRACT

The title of the study is "Comparative analysis of different seismic isolators for essential buildings for damage reduction purposes - ILAVE Hospital, Puno 2017", whose general objective was to determine the best seismic isolator to be used in the essential building - Hospital de Ilave, on the seismic isolators, the theory of Roberto Aguiar Falconi, José Luis Almazan and Peter Dechent was taken, who point out the need to evaluate their types, characteristics and anti-seismic efficiency. On the essential buildings, Dr. Julio Kuroiwa proposes the evaluation of their classification, characteristics and resistant earthquake design.

The study is of quantitative type, explanatory-correlative level, and non-experimental design; as for the population for this study, it includes all the hospitals in the Puno region, taking as a sample the Ilave hospital. The instruments used are technical data sheets as well as the use of ETABS software and earthquake accelerograms.

The analysis of the building was developed with different insulators where the values of seismic response (period, drift, acceleration, shear and displacement) between the different devices were found and compared; concluding that although both manage to satisfy the requirements for performance of post-earthquake functionality, the Frictional Pendulum isolators obtained the best ranges established in the Peruvian and international regulations.

**Keywords:** Seismic isolators, essential buildings

## I. INTRODUCCION

### 1.1 Realidad Problemática

La superficie total de la Tierra se encuentra conformada por un conjunto de placas independientes que se desplazan constantemente, debido a ello, estas colisionan entre sí en procesos de subducción a velocidades relativas (GASS, I.G., SMITH J., Peter y WILSON, R.L.C, 2002, p277), la mayoría de las placas tectónicas “coinciden sus límites con las líneas de ruptura de continentes y océanos” (Córdova. 2002, p.37). El cinturón es el resultado de la colisión de placas de la corteza terrestre que chocan constantemente; en Latinoamérica, la actividad sísmica del cinturón es consecuencia de la subducción de las placas de Nazca bajo la Sudamericana y la de Cocos bajo la placa Norteamericana. En el caso de la placa de Nazca, ésta se introduce razón de unos 9 cm/año bajo la placa continental Sudamericana, frente al Perú (Kuroiwa, 2005, p.98), generando tensión en todo momento, cuando esa tensión es liberada, se originan movimientos sísmicos de gran magnitud, los que traen consigo muchas veces la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales. En el Perú, donde conviven construcciones coloniales con modernos edificios y humildes e improvisadas edificaciones, ante un movimiento sísmico los efectos dañinos que éste ocasionaría dependerán en gran magnitud a las fallas en las estructuras construidas por el hombre.

En las últimas décadas se han venido desarrollando diversos avances tecnológicos para la mejora del desempeño de las estructuras frente a los movimientos sísmicos, uno de estos avances son los sistemas de aislamiento sísmico, los cuales ya se vienen empleando en distintos países como Estados Unidos, Japón, Chile, entre otros y la experiencia que se ha obtenido con el uso de estos dispositivos muestra la gran capacidad para reducir la demanda sísmica en las estructuras ante un sismo, los que son los aisladores sísmicos elastoméricos y aisladores sísmicos deslizantes. Meses atrás, en el departamento de Puno, en Lampa, se produjo un evento sísmico de magnitud máxima de 6 ML, a una profundidad de 11 Km (CIP-UNI, 2016, p.2), generando cuantiosos daños debido a su poca profundidad. Ante hechos como el ocurrido

en Lampa y ante la demanda de minimizar los daños que ocasionarán los sismos, las estructuras deberán ser diseñadas para resistir en gran medida los sismos que puedan ocurrir en él; a su vez, se deberá asegurar el funcionamiento de aquellas edificaciones consideraras esenciales en caso de una emergencia; pudiendo resultar muy costoso o difícil si la estructura planteada interfiere con los requerimientos arquitectónicos, mecánicos, etc.

Es por ello que, en los últimos años, se han realizado cambios en la Norma Técnica Peruana de Diseño Sismo resistente (E.030.2016), la que, para mejorar el comportamiento de las edificaciones e incluso para poder diseñar a fin de evitar cualquier daño a las estructuras consideradas esenciales, se debe considerar un sistema de aislamiento que modifique las características dinámicas de la misma. En tal sentido, este estudio tuvo a bien modelar el diseño estructural de un hospital con aisladores sísmicos elastoméricos y deslizantes, a fin de poder obtener un análisis comparativo y obtener conocimiento sobre qué tipo de aislador sería más conveniente utilizar en dicha estructura, que cumpla los parámetros establecidos en la normativa peruana.

## **2 Trabajos previos**

Estos obedecen a estudios realizados con anterioridad, con los cuales se comparte el objeto de estudio, los que se detallan a continuación:

### **1.2.1. Antecedentes nacionales:**

- MARTINEZ COLAN, Andrés Ignacio y MELGAR CUEVA, Carlos Jesús. Análisis, comportamiento y diseño de edificaciones con Aisladores de Péndulo Friccional. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2015. 118 pp.

El objetivo de la investigación fue el tener conocimientos sobre el comportamiento del aislador sísmico de péndulo de fricción simple (FPS) así como su aplicación en un diseño real. En cuanto a la metodología que emplearon, fue del tipo aplicada, con un diseño no experimental y nivel descriptivo, su población y muestra a una edificación típica destinada a

oficinas de 7 pisos. Como instrumento utilizaron el diseño estructural de la edificación y el modelamiento del mismo a través del software ETABS. Del mismo modo, concluyeron que con el uso de Aisladores de Péndulo Ficcional Simple (FPS) es posible satisfacer los requisitos esenciales del aislamiento sísmico; es decir, el poder resistir sismos severos sin daños significativos en la estructura y sin daño extensivo en el contenido. Para edificios con alturas y uso similares, esta tecnología permite mayor flexibilidad arquitectónica, al dejar más espacios libres.

- AGUIRRE AMEZ, Yuriko Yuly y HUALLANCA PARRA, Luis Felipe. Influencia de la esbeltez en el comportamiento estructural de edificios con aislamiento en la base. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2016. 68 pp.

El objetivo de la investigación fue el de “identificar la influencia de la esbeltez en el comportamiento estructural de edificios con aislamiento sísmico en la base.”(Aguirre Amez, Yuriko Yuly y Huallanca Parra, Luis Felipe, 2016, p.2). En cuanto a la metodología que emplearon, fue del tipo aplicada, con un diseño no experimental y nivel explicativo, su población y muestra fue un edificio convencional de 6 pisos y el correspondiente edificio aislado para determinar algunos de los beneficios del uso de los aisladores sísmicos a través de un análisis comparativo con distintos tipos de esbeltez en la estructura. Como instrumento utilizaron el diseño estructural de la edificación y el modelamiento del mismo a través del software ETABS. A su vez, concluyeron que los aisladores sísmicos mejoran el comportamiento de las edificaciones al disminuir las derivas y aceleraciones de piso que se producen durante un sismo, pero éstos se reducen al aumentar la esbeltez del mismo.

- BENAVENTE VIACAVA, José y TRAVERSO TACURI, Iván. Comparación del análisis y diseño de un edificio de concreto armado de siete pisos con y sin aislamiento en la base. Tesis para obtener el Título

de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2013. 63 pp.

El objetivo de la investigación fue ahondar en el conocimiento del diseño, características y comportamiento de estas estructuras con aislamiento en la base. En cuanto a la metodología que emplearon, fue del tipo aplicada, con un diseño no experimental y nivel explicativo, su población y muestra fue el diseño de un edificio convencional de 7 pisos, realizaron un análisis comparativo lo que les permitió ver sus comportamientos ante un sismo. Como instrumento utilizaron el diseño estructural de la edificación y el modelamiento del mismo a través del software ETABS. A su vez, concluyeron que el aislamiento basal es favorable para todo tipo de estructuras en lo concerniente a la reducción de posibles desastres acaecidos por un sismo, sobretodo en edificaciones consideradas esenciales.

- MUÑOZ GUEVARA, Joseph Jonathan. Análisis y diseño de una estructura hospitalaria con aisladores sísmicos en la ciudad de Arequipa. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil. Universidad Católica de Santa María. Arequipa. 2013.159 pp.

El objetivo de la investigación fue mostrar el diseño y comportamiento de una estructura aislada sísmicamente, queriendo demostrar con ello, que el uso de esta técnica puede reducir los posibles daños estructurales, materiales y personales ante un eventual sismo. En cuanto a la metodología que empleó, fue de tipo aplicada, con un diseño no experimental y nivel descriptivo, para informar sobre los pasos a seguir en el diseño de una estructura con aisladores sísmicos; su población fue el Hospital Honorio Delgado de la ciudad de Arequipa y su muestra fue un pabellón de dicho nosocomio. Como instrumento utilizaron el diseño estructural de la edificación y el modelamiento del mismo a través del software ETABS. Del mismo modo, concluyó que se puede considerar una estructura aislada en su comportamiento al de una gran masa sobre un gran resorte, en forma de péndulo invertido, brindando resultados satisfactorios en estructuras esenciales ante un eventual sismo.

- KORSWAGEN EGUREN, Paul Alexander, ARIAS RICSE, Julio Cesar y HUARINGA HUAMANI, Pamela Grace. Análisis y diseño de estructuras con Aisladores Sísmicos en el Perú. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2012. 99 pp.

El objetivo de la investigación consistió en obtener información sobre los tipos y el comportamiento de los diferentes aisladores sísmicos. En cuanto a la metodología que empleó, fue del tipo aplicada, con un diseño no experimental y nivel descriptivo ya que recopilaron información acerca de los métodos para mejorar el comportamiento sísmico de las estructuras; su población eran las edificaciones de la ciudad de Lima, y como muestra 8 distintos tipos de estructuras con alguna peculiaridad. Como instrumento utilizaron el diseño estructural de la edificación y el modelamiento del mismo a través del software ETABS. A su vez, concluyeron que la altura y la esbeltez de la edificación son parámetros limitantes para el aislamiento eficiente de una estructura, y que los mismos están directamente vinculados con la capacidad de carga de los aisladores elastoméricos.

### **1.2.2. Antecedentes internacionales:**

- PROAÑO SARANGO, Jhonatan Santiago. Análisis y diseño sísmico de un edificio en acero con Aisladores Sísmicos, modelamiento en el Etabs. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Central del Ecuador. Quito. 2014. 272 pp.

El objetivo de la investigación fue el de realizar un análisis comparativo de la respuesta sísmica de una estructura metálica con aislamiento sísmico y uno tradicional. En cuanto a la metodología que empleó, fue del tipo aplicada, con un diseño no experimental y nivel explicativo; su población estuvo conformado por el hospital de Ambato y su muestra estuvo conformada por el bloque "E" de dicho hospital como instrumento utilizaron el diseño estructural de la edificación y el modelamiento del mismo a través del software ETABS. Del mismo modo, concluyeron que

la implementación de aisladores sísmicos para el caso particular del Bloque “E” del hospital regional de Ambato, mejora el comportamiento estructural, con altos niveles de seguridad y protección sísmica.

- DUNN ARIAS, Kevin Martín. Rehabilitación estructural de la Facultad de Ingeniería mediante Aisladores Sísmicos. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil. 2013. 261 pp.

El objetivo de la investigación fue el de mejorar el comportamiento de una edificación con el uso de aisladores sísmicos. En cuanto a la metodología fue del tipo aplicada, con un diseño no experimental y nivel descriptivo; su población estuvo conformada por las instalaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y su muestra fue la Facultad de Ingeniería. Como instrumento utilizaron el diseño estructural de la edificación y el modelamiento del mismo a través del software ETABS. A su vez, concluyó que la implementación de aislación mejoró el desempeño del edificio ante el Sismo.

- BONILLA SOSA, Lily Marlene. Teoría del Aislamiento Sísmico para Edificaciones. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Autónoma de México. D.F. 2012. 64 pp.

El objetivo de la investigación consistió en desarrollar el conocimiento sobre los diferentes sistemas de control estructural, a su vez, el demostrar el comportamiento y los beneficios del uso de aisladores de base. En cuanto a la metodología utilizada, fue del tipo aplicada, con un diseño no experimental y nivel descriptivo sobre el uso de aisladores sísmicos. Su población y muestra es una edificación destinada para oficinas de 8 pisos. Como instrumento utilizaron el diseño estructural de la edificación y el modelamiento del mismo a través del software SAP2000. Del mismo modo, concluyó que al hacer uso de aisladores de base, se obtienen mayores periodos de la estructura, y por lo tanto, menores aceleraciones, provocando que las fuerzas sísmicas disminuyan. Esto trae como beneficio menores acciones sobre la

estructura. Al tener menores demandas de diseño, se logran menores secciones de los elementos estructurales, lo que redundará en menor costo y peso total de la estructura.

- LEMA TOAPANTA, Edith Pamela. Análisis y diseño de un edificio con aisladores sísmicos – Modelamiento en el Etabs. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Central del Ecuador. Quito. 2013. 215 pp. El objetivo de la investigación consistió en comparar el comportamiento estructural de un edificio diseñado en forma convencional y con aisladores sísmicos. En cuanto a la metodología fue del tipo aplicada, con un diseño no experimental y nivel explicativo; su población estuvo conformado por el hospital de Ambato y su muestra estuvo conformada por el bloque "E" de dicho hospital, como instrumento utilizaron el diseño estructural de la edificación y el modelamiento del mismo a través del software ETABS. Del mismo modo, concluyó que la implementación de aisladores sísmicos mejoran el comportamiento estructural, con altos niveles de seguridad y protección sísmica de la estructura y de los contenidos.
- GATICA LAGOS, Víctor. Respuesta sísmica de un edificio de estructura metálica con aisladores. Alternativas de diseño. Tesis. Para obtener Máster en Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 2012. 156 pp. El objetivo de la investigación consistió en analizar la respuesta sísmica de una estructura metálica, en base a un estudio comparativo de la respuesta de la edificación con aisladores sísmicos y sin ellos. En cuanto a la metodología fue del tipo aplicada, con un diseño no experimental y nivel explicativo; para la implementación de una estructura metálica con el uso de aisladores sísmicos, su población y muestra comprendió a un condominio de 140 departamentos, distribuidos en tres bloques. Como instrumento utilizó el modelamiento en software SAP 2000. Del mismo modo, concluyó que el uso de un sistema de aislamiento sísmico es un mecanismo efectivo para el control de desplazamientos sísmicos,

pudiendo obtener de esta manera, un mejor control de operatividad de las edificaciones después de un eventual sismo.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Edificación esencial**

Se consideran edificaciones esenciales a aquellas “edificaciones como hospitales, cuarteles de bomberos, estaciones de policía, centros educativos, etc. que juegan un rol crucial en caso de desastres [...] cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo.” (Kuroiwa, 2005, Pág. 80), es por ello que sus estructuras deberán ser diseñadas para resistir en gran medida los sismos que puedan ocurrir, asegurando su funcionamiento en caso de una emergencia.

Al respecto, el MINSA/ECHO/OPS-OMS sostiene que las edificaciones esenciales requieren:

“[...] que los equipos e instalaciones tengan un funcionamiento apropiado el cual que pueda sostenerse durante la etapa de emergencia, lo que implica un buen mantenimiento y la disponibilidad efectiva de las líneas vitales a lo largo de la crisis. Los suministros igualmente deben estar disponibles masivamente durante todo el tiempo de la emergencia, lo cual requiere de almacenes y mecanismos logísticos bien implementados” (1997, p.5).

Por ello, en el último año se han realizado cambios en la normativa peruana, según la Norma Peruana E.030.2016, la que considera que:

“establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud [...] cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo [...] Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado [...] tendrán aislamiento sísmico de base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4

y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico” (2016, p.7).

Ampliando con ello su definición y el uso de Aisladores Sísmicos de Base en sus estructuras; de lo antes mencionado, se podrá clasificar las diferentes edificaciones esenciales, que se señalan a continuación:

#### **1.3.1.1. Clasificación de Edificaciones esenciales**

De acuerdo a lo indicado en la Norma E.030.2016 (Ministerio de Vivienda, 2016, p.7), se citan las diferentes edificaciones consideradas esenciales:

- Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel
- Puertos.
- Aeropuertos.
- Locales municipales
- Centrales de comunicaciones.
- Estaciones de bomberos.
- Cuarteles de las fuerzas armadas y policía.
- Instalaciones de generación y transformación de electricidad.
- Reservorios y plantas de tratamiento de agua.
- Instituciones educativas.
- Grandes hornos.
- Fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.
- Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.

Para la investigación presentada, el objeto de estudio fue el de un establecimiento de Salud. En tal sentido, los Hospitales forman parte de las edificaciones esenciales, debido a ello, el Instituto Nacional de Defensa Civil considera que “un establecimiento de salud seguro es aquel que podría seguir funcionando en su misma infraestructura luego de sucedido el desastre [...] debe considerar desde su diseño todas las

solicitaciones a las que estará expuesto durante su funcionamiento” (INDECI. Cap. 2. p. 25), dado por la importancia de sus instalaciones, el tipo de estructura que tenga y el uso del mismo, por ello, el diseño de los hospitales se debe dar tomando en consideración lo estipulado en la Norma E.030.2016, para la mejora del desempeño de las estructuras frente a los movimientos sísmicos y su normal funcionamiento ante un eventual sismo.

#### **1.3.1.2. Propiedades de las edificaciones esenciales**

Al respecto el MINSA/ECHO/OPS-OMS (1997), en un estudio realizado por la Organización Panamericana de Salud- Organismo Mundial de la Salud, indicó que una edificación será considerada esencial si sustenta las siguientes propiedades:

- a). Que los eventuales daños en sus componentes físicos no afectarán la integridad física de sus ocupantes.
- b). Que después del siniestro podrá seguir funcionando para dar atención a la comunidad. (p.4)

Siendo estas las principales propiedades que deberían de tener las edificaciones esenciales, las que podrán medirse a través de la operatividad y posibles daños en la estructura post- sismo, así como la vulnerabilidad sísmica de la misma.

#### **1.3.1.3. Diseño sismo resistente**

Para crear una edificación esencial, se debe de tener presente el diseño sismo resistente, en tal sentido, “[...] el diseño apropiado para resistir las cargas inducidas por terremotos es de vital importancia en cualquier edificación.” (Rochel Awad, 2012, p. 17). Asimismo, Bozzo y Harbat (2000) indican que la estructura a ser diseñada deberá contar con detalles que le permitan soportar deformaciones inesperadas durante un evento sísmico severo (p.102). Rochel et al. (2012) sostiene al respecto que se debe considerar no sólo la magnitud del sismo, sino también las características del suelo, ya que de acuerdo a sus propiedades puede

aumentar o disminuir la amplitud del movimiento sísmico. (p.30); a su vez, es necesario cumplir con la normativa existente, en el Perú la norma E.030.2016 “establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con [...]”:

- a. Evitar pérdida de vidas humanas.
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c. Minimizar los daños a la propiedad [...]” (Ministerio de Vivienda, 2016, p.4), a su vez, se debe tener presente que toda la edificación y sus partes deben de ser diseñadas y construidas para resistir las sollicitaciones sísmicas prescritas en esta Norma, teniendo en consideración las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados para la construcción de la misma. (Ministerio de Vivienda, 2016, p.4).

La Norma E.030.2016 (2016) en la sección 3.9: Sistemas de Aislamiento sísmico y Disipación de Energía, expresa que para que pueda darse su uso en edificaciones deberá de cumplir las disposiciones de la presente norma (mínima fuerza cortante en la base, menores desplazamientos) y en la medida que sea posible los requisitos indicados en el *Mínimum Design Loads for Building and Other Structures - ASCE/SEI 7-10*, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2010; (p.19).

### **3.2. Aisladores sísmicos**

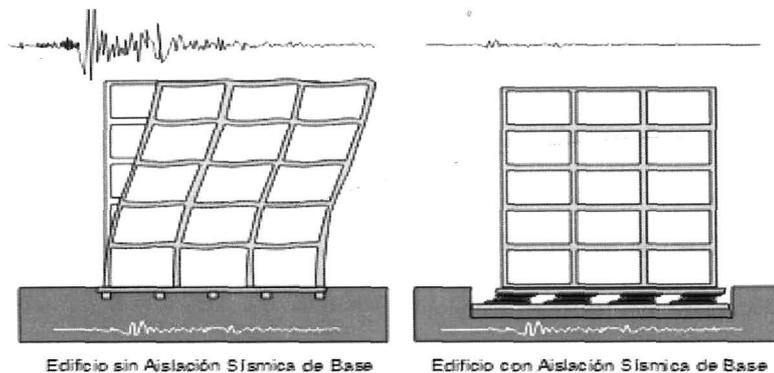
Los aisladores sísmicos se consideran “un diseño estratégico que está dirigido a reducir la cantidad de energía de entrada a las fundaciones de una estructura” (Aguar Falconi, Roberto, Almazan, José Luis y Dechent, Peter, 2008, p. 24).

En tal sentido, “funciona en forma similar al sistema de suspensión de un automóvil, con resortes y amortiguadores instalados entre el suelo y el edificio, de manera que mientras el suelo se mueve, el edificio sufre solo una oscilación muy leve”. (Perles, 2007, p.95). Esto conlleva a obtener menores derivas (desplazamientos entre pisos) y aceleraciones de piso que un

edificio de base fija; aminorando el daño en los elementos estructurales, no estructurales y el contenido (Aguiar et al, 2008, p. 23).

Es por ello que se instalan dichos dispositivos, al nivel más bajo del edificio, de esa manera, pueden absorber la energía impuesta por el sismo antes de que sea transmitida a la superestructura. (Oviedo, Juan Andrés y Duque, María del Pilar, 2006, p. 109).

Otro principio sobre este tema es el de separar la superestructura (los componentes del edificio ubicados por sobre la interfaz de aislación) de los movimientos del suelo o de la subestructura, a través de elementos flexibles en la dirección horizontal, habitualmente ubicados entre la estructura y su fundación. (CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2011, p. 14) (Figura 1).



**Figura 1:** Comparación de la respuesta sísmica de un edificio con y sin Aislación Sísmica

Fuente: Protección sísmica de estructuras.

Se componen en su mayoría de láminas de elastómeros, que funcionan como un muelle extremadamente blando frente a desplazamientos horizontales. (Hakiyama, 2003, p.4).

### **1.3.2.1. Tipos de aisladores sísmicos**

Como se indica, la Aislación sísmica es uno de los procedimientos más eficaces para la protección sísmica, los más desarrollados y utilizados en la actualidad son los aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (con o sin núcleo de plomo) y los deslizantes o friccionales. (CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2011, p. 24). A continuación se detallarán los distintos tipos de sistemas de aislación sísmica de base.

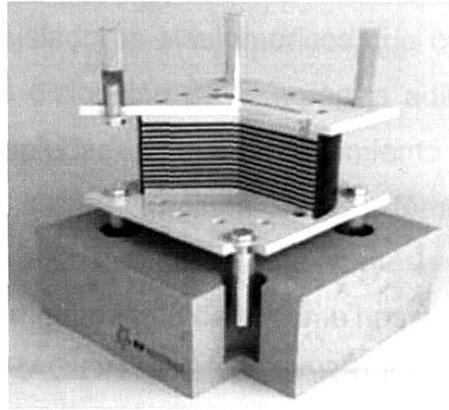
#### **a) Aisladores elastoméricos**

Los aisladores elastoméricos están conformados por “un conjunto de láminas planas de elastómeros intercaladas con capas de acero. Las láminas de elastómeros son vulcanizadas a las capas de acero y, por lo general, presentan una sección circular o cuadrada.” (CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2011, p. 24).

El apoyo de este tipo de aisladores está compuesto por capas alternadas de goma y placas de acero unidas entre sí por un proceso de vulcanización. De esta manera, la rigidez del apoyo es controlada por el espesor de las capas de goma (Aguiar et al, 2008, p. 24). Estos aisladores a su vez se dividen en distintos tipos, cuya característica es el diseño, los que se presentan a continuación:

#### **i) Aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento (LDRB)**

Este tipo de dispositivos son los más simples dentro de los aisladores sísmicos, presentan bajo amortiguamiento (2-5% como máximo), por lo que generalmente se utilizan en conjunto con disipadores de energía para dar un mayor amortiguamiento adicional al sistema. Estos dispositivos presentan la ventaja de ser fáciles de fabricar (CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2011, p. 24) como se muestra en la figura 2.

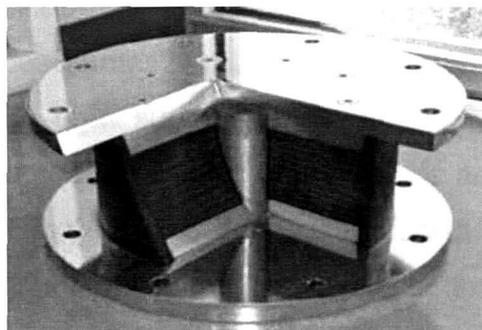


**Figura 2:** Aislador LDRB

Fuente: Protección Sísmica de estructuras

**ii) Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (LRB)**

Son similares a los LDRB pero poseen un núcleo de plomo, ubicado en el centro del aislador, que permite aumentar el nivel de amortiguamiento del sistema hasta niveles cercanos al 25-30%. (CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2011, p. 25). A su vez, Aguiar et al (2008) indican que el hecho de incorporar un núcleo de plomo en el centro del aislador tiene como fin aprovechar las propiedades disipativas del plomo y, de esta manera aumentar considerablemente la disipación del aislador (p.25). La Figura 3 muestra un aislador elastomérico tipo LRB.



**Figura 3:** Aislador elastomérico tipo LRB

Fuente: Protección Sísmica de estructuras

### **iii) Aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDRB)**

Los HDRB son aisladores elastoméricos que con el fin de aumentar su capacidad de disipación se le agregan aditivos a la goma para aumentar sus propiedades de amortiguamiento (Aguiar et al, 2008, p. 25), por ello, dichas láminas de elastómeros son fabricados adicionando elementos como carbón, aceites y resinas, con el fin de aumentar el amortiguamiento de la goma hasta niveles cercanos al 10 -15% (CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2011, p. 25), en tal sentido la Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción (2011), indica que la característica de este tipo de aislador es de ser de fácil fabricación (p. 25).

Dichos aisladores presentan mayor sensibilidad a cambios de temperatura y frecuencia que los aisladores tipo LDRB y LRB. A su vez, los aisladores HDRB presentan una mayor rigidez para los primeros ciclos de carga, que generalmente se estabiliza luego del tercer ciclo de carga. Estos dispositivos, al igual que los dispositivos tipo LRB, combinan la flexibilidad y disipación de energía en un solo elemento, con la característica de ser, relativamente, de fácil fabricación (CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2011, p. 25).

### **b) Aisladores deslizantes**

Los aisladores deslizantes o también llamados deslizadores friccionales utilizan una superficie de deslizamiento de acero inoxidable, sobre la cual se desliza una placa de acero revestida de Politetra Fluoro Etileno (PTFE), donde se soporta la estructura. La superficie de deslizamiento permite el movimiento horizontal de la estructura de manera independiente del suelo. Este tipo de aislación puede requerir de disipadores de energía adicionales, a fin de prevenir deformaciones residuales luego de un evento sísmico, se debe proveer de sistemas restitutivos (por lo general son los aisladores

elastoméricos o con núcleo de plomo) que restituyan la estructura a su posición original. (CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2011, p. 25).

Dentro de este tipo, se consideran los siguientes:

**i) Apoyos deslizantes planos**

Son los aisladores deslizantes más simples consisten básicamente en dos superficies, una adherida a la estructura y la otra a la fundación, que poseen un bajo coeficiente de roce (CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2011, p. 26), (figura 4) sin embargo, este tipo de aislador requiere de otros sistemas de disipación.



**Figura 4:** Apoyo deslizante plano - Universidad Católica del Maule  
(Chile)

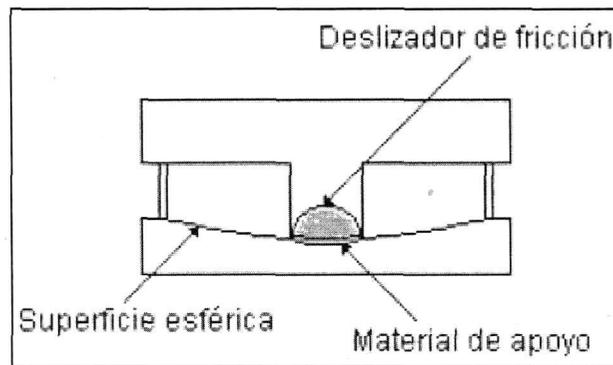
Fuente: Protección Sísmica de estructuras

**ii) Péndulos friccionales (FPS)**

Son aisladores sísmicos que cuentan con un deslizador articulado ubicado sobre una superficie cóncava. Los FPS, a diferencia de los apoyos deslizantes planos, cuentan con la característica y ventaja de ser autocentrantes debido a su forma de péndulo, (CORPORACIÓN

DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2011, p. 26).

La característica principal de este tipo de aisladores es que constan de una superficie deslizante esférica de acero inoxidable pulido y el deslizador articulado (figura 5), que está revestido con un material compuesto de alta capacidad de soporte basado en politetrafluoroetileno (teflón) que tiene un bajo coeficiente de fricción (aproximadamente 5 a 7%), es de fácil construcción y de gran resistencia ante incendios debido al material del cual está compuesto (Aguiar et al, 2008, p. 26).



**Figura 5:** Esquema de un FPS

Fuente: Aisladores de Base Elastoméricos y FPS

#### 1.3.2.2. Características de los aisladores sísmicos

Al respecto, (Oviedo et al, 2006, p. 110) presentan las principales características que deben de cumplir los aisladores sísmicos, los que se detallan a continuación:

- Alta rigidez vertical
- Flexibilidad horizontal
- Rigidez torsional
- Durabilidad

- Resistencia a cambios de temperatura
- Resistencia a fuerzas cortantes.

### **1.3.2.3. Eficiencia antisísmica**

Ante los nuevos sistemas de protección sísmica, surge la consulta de saber en qué medida estos aisladores sísmicos podrán contrarrestar el efecto negativo de un sismo, por ello se han realizado numerosas investigaciones para demostrar la eficiencia de la aislación sísmica como una técnica sísmo resistente; en los últimos años se ha venido desarrollando una creciente necesidad de suplementar los códigos sísmicos actualmente vigentes con requerimientos específicos para estructuras aisladas (Federación Interamericana de la Industria de la Construcción, 2003, p.1), en tal sentido, su eficiencia radica en la reducción de los esfuerzos y desplazamientos hasta en un 75%, debido a que los aisladores sísmicos logran deformarse lateralmente durante el sismo (Dynamic Ysolation Systems, 2007, p.3), que pueden visualizarse en los modelamientos con software de análisis como Etabs; para ello, es necesario tener conocimiento sobre la adaptabilidad de estos equipos a la estructura, sobre su adaptabilidad ante un eventual sismo y su capacidad de restitución posterior a ella.

#### **1.3.2.3.1. Desempeño de las estructuras aisladas**

La Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (en inglés American Society of Civil Engineers, conocido por sus siglas **ASCE**) así como la Norma Técnica de Diseño Sísmo Resistente E.030.2016 (capítulo 5, sección 2), indican los límites de derivas de entrepiso para poder minimizar el daño estructural; el ASCE permite de una deriva máxima de 15-20 ‰, mientras que la norma peruana establece una deriva máxima de 7 ‰.

A su vez, la Agencia Federal para la Gestión de Emergencias – FEMA, en su volumen de Disposiciones Sísmicas P751 (2009), indica el desempeño para estructuras de base empotrada (F) y con aisladores (I). De esta manera, si se desea evitar el daño estructural y no

estructural para el sismo máximo considerado, la estructura deberá ser de base aislada.

**Tabla 1: Desempeño para edificios de base aislada y de base empotrada (FEMA P751, 2009)**

Performance Measure		Earthquake Ground Motion Intensity Level		
Type	Description	Minor	Moderate	Major
Life Safety	Loss of life or serious injury is not expected	F, I	F, I	F, I
Structural Damage	Significant structural damage is not expected	F, I	F, I	I
Nonstructural Damage	Significant nonstructural or contents damage is not expected	F, I	I	I

F indicates fixed-base structures; I indicates isolated structures

Fuente: FEMA -2009

### 1.3.3. Riesgo sísmico

El riesgo Sísmico “es la probabilidad que las consecuencias sociales o económicas de eventos sísmicos iguallen o excedan valores especificados en un sitio durante un tiempo de exposición especificada” (Aguiar et al, 2008, p. 15), a su vez, la Organización Panamericana de la Salud lo define como la probabilidad de que un determinado sistema o población resulten afectados por los peligros (2000, p.1).

El riesgo sísmico tal como lo detallan Aguilar et al (2008, p.15) y La Organización Panamericana de la Salud (2000, p.1) se describe mediante la siguiente relación:

$$\text{Riesgo Sísmico} = \text{Peligrosidad Sísmica} \times \text{Vulnerabilidad}$$

En el que la peligrosidad sísmica representa la probabilidad de que ocurra un sismo de una intensidad determinada, en un periodo de tiempo y en un área dada; mientras que la vulnerabilidad representa el grado de daño debido a la ocurrencia de un sismo de una intensidad determinada.

Es por ello que en la actualidad se han venido desarrollando diversos avances tecnológicos para la mejora del desempeño de las edificaciones

frente a los movimientos sísmicos y así aminorar el riesgo sísmico latente, uno de estos avances son los sistemas de aislamiento sísmico, los cuales ya se vienen empleando en distintos países como Estados Unidos, Japón, Chile, entre otros y la experiencia que se ha obtenido con el uso de estos dispositivos muestra la gran capacidad para reducir la demanda sísmica en las estructuras ante un sismo.

#### 1.3.4. Glosario de términos

**Acelerograma:** descripción en el tiempo de las aceleraciones a que estuvo sometido el terreno durante la ocurrencia de un sismo real. (Kuroiwa, 2005).

**Elastoméricos:** conjunto de materiales formados por polímeros que se encuentran unidos por medio de enlaces químicos adquiriendo una estructura final ligeramente reticulada, tiene la propiedad de recuperar su forma inicial después de someterse a una deformación. (Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción, 2011).

**Esbeltez:** relación entre la altura y el ancho de la base de la edificación. (Kuroiwa, 2005).

**Fundación:** Es aquella parte de la estructura que tiene como función transmitir en forma adecuada las cargas de la estructura al suelo y brindar a la misma un sistema de apoyo estable. (Dynamic Ysolation Systems, 2007).

**Peligrosidad sísmica:** representa la probabilidad de que ocurra un sismo de una intensidad determinada, en un periodo de tiempo y en un área dada (Aguar Falconi, Roberto, Almazan, José Luis y Dechent, Peter, 2008).

**Riesgo sísmico:** Es la probabilidad que las consecuencias sociales o económicas de eventos sísmicos igualen o excedan valores especificados en un sitio durante un tiempo de exposición especificada. (Aguar Falconi, Roberto, Almazan, José Luis y Dechent, Peter, 2008).

**Solicitaciones:** fuerzas u otras acciones que afecten a la estructura. (Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción, 2011).

**Vulnerabilidad sísmica:** representa el grado de daño debido a la ocurrencia de un sismo de una intensidad determinada. (Aguiar Falconi, Roberto, Almazan, José Luis y Dechent, Peter, 2008)

**Zona sísmica:** distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral. (NTP E.030.2016).

#### **1.4. Formulación del Problema**

¿Qué aislador sísmico sería el más conveniente a utilizar en la edificación esencial - Hospital de Llave, Puno 2017?

##### **1.4.1 Problemas específicos**

- ¿De qué manera los aisladores sísmicos optimizan las propiedades de una edificación esencial - Hospital de Llave, Puno 2017?
- ¿Cómo los aisladores sísmicos mejoran el diseño sismo resistente de una edificación esencial - Hospital de Llave, Puno 2017?
- ¿Cuál es la eficiencia antisísmica de los aisladores sísmicos en una edificación esencial - Hospital de Llave, Puno 2017?

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar el mejor aislador sísmico que se empleará en la edificación esencial - Hospital de Llave, Puno 2017

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar los aisladores sísmicos que optimizarán las propiedades de la edificación esencial - Hospital de Llave, Puno 2017.
- Determinar los aisladores sísmicos que mejorarán el diseño sismo resistente de la edificación esencial - Hospital de Llave, Puno 2017.
- Comparar la eficiencia antisísmica de los aisladores sísmicos en la edificación esencial - Hospital de Llave, Puno 2017.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

Existe un aislador sísmico que es el más conveniente para ser empleado en una edificación esencial en Puno y que cumpla los parámetros establecidos en la normativa peruana, en el 2017.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

- Existen aisladores sísmicos que optimizan las propiedades de una edificación esencial en Puno, 2017.
- El uso de aisladores sísmicos permiten mejorar el diseño sismo resistente de una edificación esencial en Puno, 2017.
- Existen aisladores sísmicos que presentan mejores rangos de eficiencia antisísmica al ser empleados en una edificación esencial en Puno, 2017.

## **1.7. Justificación del estudio**

### **1.7.1. Justificación técnica**

Este estudio ayuda a conocer el comportamiento de una edificación esencial bajo la influencia de aisladores sísmicos, los que han sido recientemente integrados al diseño de edificaciones esenciales en la Norma Técnica Peruana E.030.2016. En ese sentido, se pretenderá ver el comportamiento sismo resistente del modelamiento del Hospital de llave - Puno con diferentes aisladores sísmicos.

### **1.7.2. Justificación metodológica**

Se realizarán modelamientos con distintos aisladores sísmicos, los que serán sometidos a pruebas dinámicas a través del software Etabs, cuyos resultados serán comparados para saber cuál es el aislador sísmico más adecuado a la estructura; a su vez, se analizará la información teórica-práctica sobre el tema y se permitirá ampliar los conocimientos sobre el Sistema de Aislamiento Sísmico.

### **1.7.3. Justificación práctica**

Este estudio ayuda a conocer los diversos avances tecnológicos para la mejora del desempeño de las estructuras, en este caso, edificaciones esenciales, en eventuales sismos, con el uso de sistemas de aislamiento sísmico.

### **1.7.4. Justificación social**

Considerando que una edificación esencial, en este caso el Hospital de llave - Puno deberá de mantenerse operativo durante e inmediatamente después de ocurrido el sismo para la atención inmediata de las personas en emergencia, se deben optar por alternativas de protección antisísmica, en este caso el uso de aisladores sísmicos para su normal desenvolvimiento de sus funciones ante un eventual sismo.

### **1.7.5. Justificación económica**

Ya que al saber cuál es el aislador sísmico más adecuado a utilizar en la estructura, se podrá tener una idea del monto necesario para el uso de los aisladores sísmicos y así evitar posibles gastos en reparación, demolición, construcción de nuevas edificaciones post- sismo y sobre todo evitar la paralización de las funciones primarias que son las atenciones en situaciones de emergencia en dicho Hospital.

## II. METODO

### 2.1. Diseño de Investigación

➤ **Tipo: aplicado**

Tal como indica Tamayo (2004) “es el estudio y la aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías.” (p.43), bajo esa consideración, esta investigación es del tipo aplicado.

➤ **Nivel: explicativo - correlativo**

Este nivel, tal como indica Hernández, Fernández, Baptista (2010) “su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables” (p.84), a su vez, “los estudios correlacionales tienen como finalidad determinar el grado de relación o asociación existente entre dos o más variables”( Arias, 2012. p.25) bajo esa consideración, esta investigación se declaró explicativa - correlativa, ya que se remitió la información necesaria para dar una idea clara del modelamiento de edificaciones esenciales con distintos aisladores sísmicos y posteriormente se realizó el modelamiento con diferentes aisladores sísmicos, realizando comparativos sobre sus resultados, para así determinar que aislador sísmico es el más adecuado a utilizar, de acuerdo a lo establecido en la norma E.030.2016.

➤ **Diseño: no experimental**

Este diseño, tal como indica Arias (2012) se realizan sin la manipulación de las variables, sólo se observan los fenómenos para un posterior análisis. (p.42), bajo esa consideración, esta investigación se declarará no experimental, ya que determinará el grado de influencia del empleo de determinados aisladores sísmicos en la eficacia antisísmica de una edificación esencial para su posterior comparación.

## **2.2. Variables, Operacionalización**

### **2.2.1. Variable V1:**

- Edificación esencial.

### **2.2.2. Variable V2:**

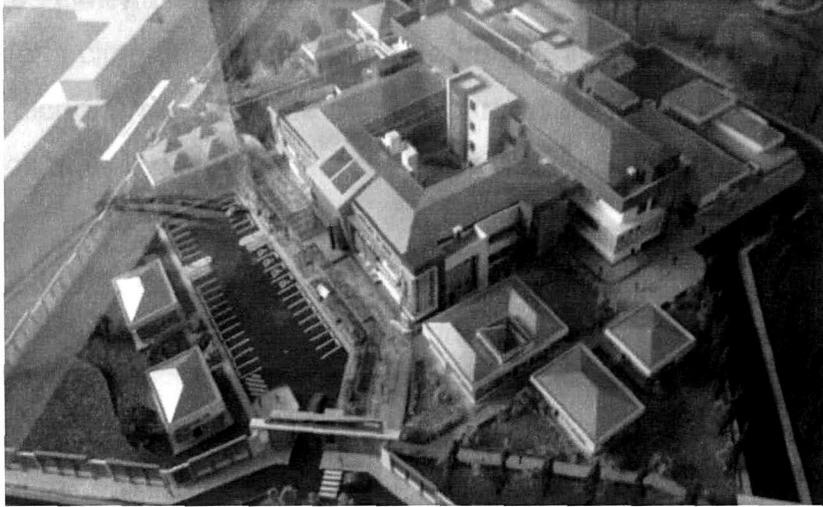
- Aisladores sísmicos.

La Matriz de Consistencia y la Matriz de Operacionalización de variables se presentan en el Anexo 01 y 02 respectivamente.

## **2.3. Población, muestra y muestreo**

La población es definida de acuerdo a lo indicado: “es el conjunto de todos los objetos de estudio que concuerdan con una serie de especificaciones [...] deben situarse claramente en torno a sus características de contenido, de lugar y en el tiempo” (Gómez, 2006, p. 110), en ese sentido, la población para este estudio fue la totalidad de los Hospitales de la región Puno, que cuenta en la actualidad con 12 Hospitales, tal como lo indica el Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI en su compendio estadístico 2014 (INEI, 2014, p.377).

A su vez, sobre la definición de muestreo intencional o de juicio, se indica que “es el investigador quien selecciona los elementos que a su juicio son representativos en términos de las necesidades del estudio y de la población objetivo” (Toro Jaramillo y Parra Ramírez, 2006, p. 317). En tal sentido, se tomará como una muestra no probabilística, intencional y a decisión de la investigadora al Hospital de llave – Puno (figura 6), ya que es un Hospital de vital importancia para la población debido a que sería el único de la Región Collao ya que este centro hospitalario está próximo a construirse y como tal deberá de cumplir con la norma peruana E.030.2016, y cumple con lo estipulado en la Ficha de selección de muestra en anexo adjunto.

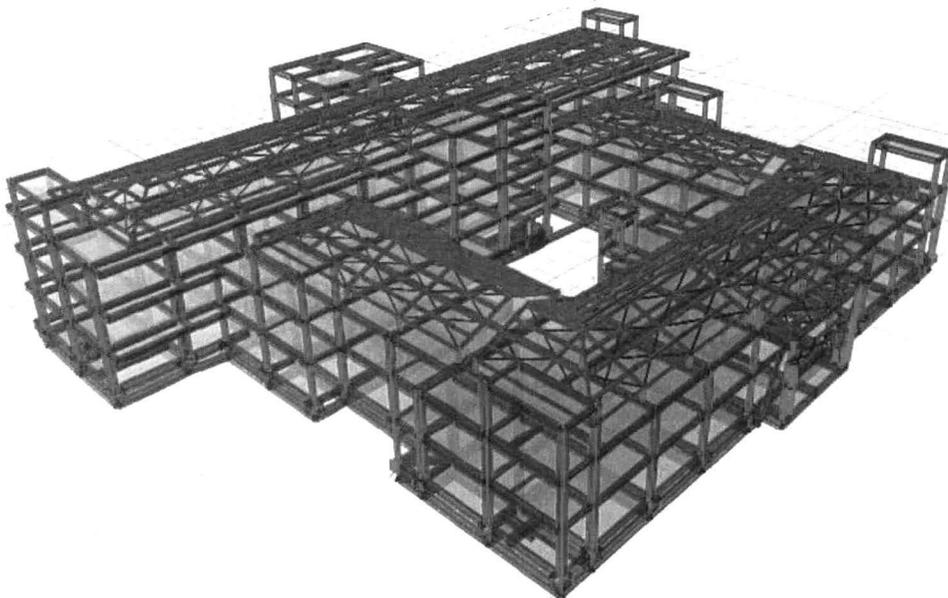


**Figura 6:** Maqueta del nuevo Hospital de Llave

Recuperado de: <http://radiosanmiguelilave.pe/el-sueno-de-los-ilavenos-de-un-hospital-moderno/>

➤ **Hospital de Llave**

El diseño estructural del Hospital de apoyo Llave se encuentra ubicado en el distrito de Llave, provincia del Collao en el departamento de Puno. El edificio tendrá un área techada total aproximada de 17,400 m<sup>2</sup>.



**FIGURA 7:** Modelo 3D del Hospital de Llave.

Fuente: elaboración propia.

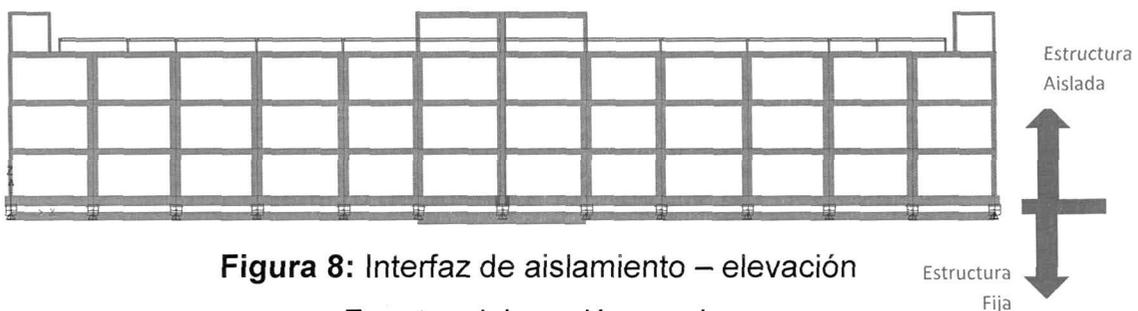
El suelo de cimentación tiene una capacidad portante es de 1.16 kg/cm<sup>2</sup> en el nivel de la cimentación ubicado a -2.0m del nivel +0.00 del terreno como mínimo, dicho terreno cumple con los parámetros indicados por INDECI – MINSA los que se vieron reflejados en la ficha de Suelos en anexo adjunto.

- **Arquitectura del Edificio**

Dicho Hospital está destinado a brindar servicios para el cuidado de la salud mediante consultas ambulatorias e internamiento ya que es de nivel II en importancia y emergencias, en cuanto a establecimientos de salud.

Se especifica un piso técnico de 1.8m de altura de piso terminado a techo para la inspección y el posible mantenimiento de los aisladores sísmicos. Los demás pisos tienen una altura de 4.0 metros de piso terminado a techo. La altura desde el piso terminado al falso cielo es de 3.0 metros.

La circulación vertical se dará mediante siete escaleras y cuatro ascensores. Todos los aisladores sísmicos se ubican debajo del primer piso. La figura 8 muestra de manera esquemática la interfaz de aislamiento del conjunto.



**Figura 8:** Interfaz de aislamiento – elevación

Fuente: elaboración propia.

- **Sistema estructural**

El sistema estructural ha sido desarrollado en concreto armado. Se empleó acero estructural para las coberturas livianas del último nivel de la edificación y para algunos detalles arquitectónicos de la fachada. Se usó tabiquería liviana y de ladrillos de arcilla de acuerdo a lo indicado en

las plantas de arquitectura. El concreto empleado fue de 210 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión y el acero de refuerzo fue de 4200 kg/cm<sup>2</sup> de esfuerzo de fluencia. Los perfiles metálicos empleados son de acero ASTM A36. Las propiedades mecánicas de los materiales estructurales se resumen en las tablas 1, 2 y 3.

**TABLA 2:** *Propiedades mecánicas del concreto*

Propiedades mecánicas del Concreto	
Resistencia a la compresión "f'c" (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Módulo de Elasticidad "Ec" (kg/cm <sup>2</sup> )	220000
Módulo de Poisson "v"	0.15

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 3:** *Propiedades Mecánicas del acero de refuerzo A615 Grado*

60

Propiedades mecánicas del Acero de Refuerzo	
Esfuerzo de fluencia "fy" (kg/cm <sup>2</sup> )	4200
Módulo de Elasticidad "Es" (kg/cm <sup>2</sup> )	2x10 <sup>6</sup>
Módulo de Poisson "v"	0.20

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 4:** *Propiedades Mecánicas del acero estructural A36*

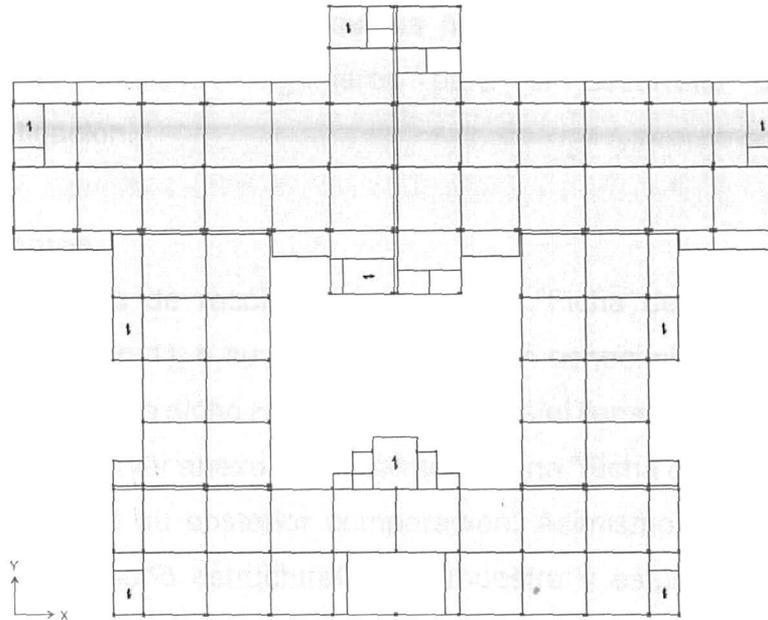
Propiedades mecánicas del Acero de Refuerzo	
Esfuerzo de fluencia "fy" (kg/cm <sup>2</sup> )	2531
Esfuerzo último "fu" (kg/cm <sup>2</sup> )	4078
Módulo de Elasticidad "Es" (kg/cm <sup>2</sup> )	2x10 <sup>6</sup>
Módulo de Poisson "v"	0.20

Fuente: elaboración propia.

La superestructura de la edificación posee vigas interiores de 30x60 cm y exteriores de 40x70 cm. Las columnas interiores son de 40x40 cm para

las secciones de dos pisos y de 45x45 cm para las secciones de tres y cuatro pisos.

En el perímetro se plantean columnas de 45 cm de ancho por longitud variable.



**Figura 9:** Esquema de estructura de techo de primer piso

Fuente: elaboración propia.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1. Técnicas e instrumentos

#### ▪ Técnicas

En cuanto a las técnicas, para el desarrollo de la presente investigación, se optó por las siguientes:

- **Técnica de la observación:** esta técnica se utilizó en el análisis del comportamiento de los diferentes aisladores sísmicos en la edificación con el uso del programa Etabs mediante modelamiento dinámico en tiempo historia, considerando para ello,

acelerogramas de sismos proporcionados por CISMID – UNI y CSN – Chile.

- **Técnica de análisis de documentos**: tiene como intención estudiar y considerar el material impreso y digital. Estos pueden ser informes técnicos, expedientes, estudios, etcétera. (BERNAL, Cesar. 2010. p.194), los cuales fueron proporcionados por la empresa PRISMA Ingenieros para el desarrollo de esta investigación.

#### ▪ **Instrumentos**

Se utilizaron fichas de recolección de datos, “Ficha de selección de Muestra” (ver anexo 1), a su vez, para tener un conocimiento del suelo en el que se construye dicho Hospital se realizará el llenado de una “Ficha de campo: Suelos” (ver anexo 1), y finalmente, una “Ficha de Resultados” (ver anexo 1) para su posterior comparación. Asimismo se contó con información del diseño estructural de la muestra y estudio de suelos, además de fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes de los diferentes aisladores sísmicos y acelerogramas del CISMID – UNI y CSN – Chile que se encuentran en los anexos.

Para procesar la información se hizo uso del programa ETABS, así como de los acelerogramas de sismos proporcionados por CISMID – UNI y CNI – Chile.

#### **2.4.2. Validez y confiabilidad**

Para determinar la validez y confiabilidad de las fichas se ha realizado una validación de expertos, el cual consiste en desarrollar las fichas de trabajo (Anexo 1, Anexo 2, Anexo3) los cuales fueron validados por 3 expertos (Ing. Civiles con experiencia y habilitados por el Colegio de Ingenieros del Perú).

De acuerdo a la ficha sobre la selección de muestra, el resultado fue del 95% de aprobación por los expertos. En cuanto a la ficha de suelos, el resultado

fue del 95.8% de aprobación por los expertos, y sobre la ficha de resultados, se dedujo que el 95.6% de aprobación por los expertos.

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

Para realizar el análisis comparativo de diferentes aisladores sísmicos en la edificación esencial, se consideró realizar uno de los métodos de análisis de edificios aislados propuestos por el ASCE 7-10, a través del uso del programa ETABS, así como los acelerogramas de sismos proporcionados por CISMID – UNI y CNI - Chile; dichos resultados fueron comparados, para así saber cuál es el mejor aislador sísmico a utilizar en dicha estructura; dicho método se detalla a continuación:

### **2.5.1. Métodos de análisis de edificios aislados según ASCE 7-10**

La Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (en inglés American Society of Civil Engineers, conocido por sus siglas **ASCE**) indica tres métodos de análisis diferentes para edificios aislados, los que son: análisis estático, combinación modal espectral y tiempo historia. El análisis estático o de fuerza equivalente (ELF) es un análisis conservador y es utilizado para determinar los valores del amortiguamiento y rigidez efectiva (ASCE 7-10, pag.169).

El método de Combinación Modal Espectral, generalmente es usado en un software de análisis estructural, en donde se utilizan los modos de vibración de la estructura y se calcula la respuesta sísmica a través de un espectro de diseño que toma en cuenta la sismicidad del lugar (ASCE 7-10, pag.170).

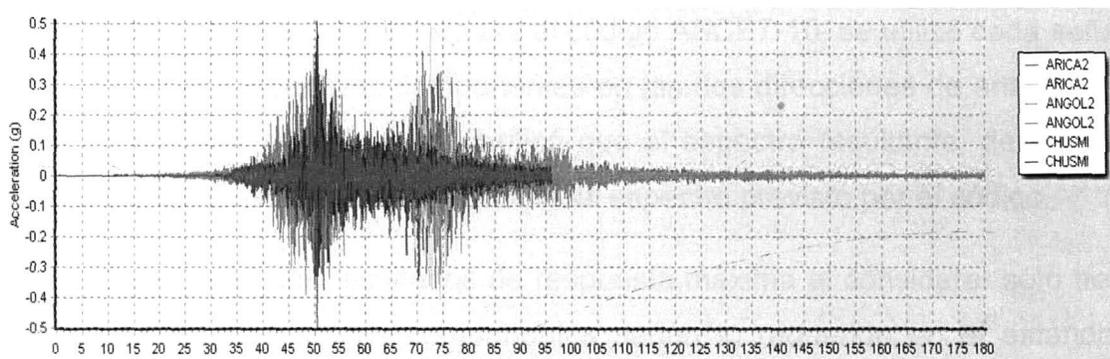
El análisis Tiempo-Historia, es un análisis que replica la forma del movimiento del sismo y produce desplazamientos y fuerzas totales más acorde a sismos reales. Esto implica que el análisis toma en cuenta el cambio de rigidez de la estructura durante el movimiento telúrico. (ASCE 7-10, pag.172).

Para esta investigación, se utilizó el método del análisis Tiempo- Historia, con ayuda del software Etabs.

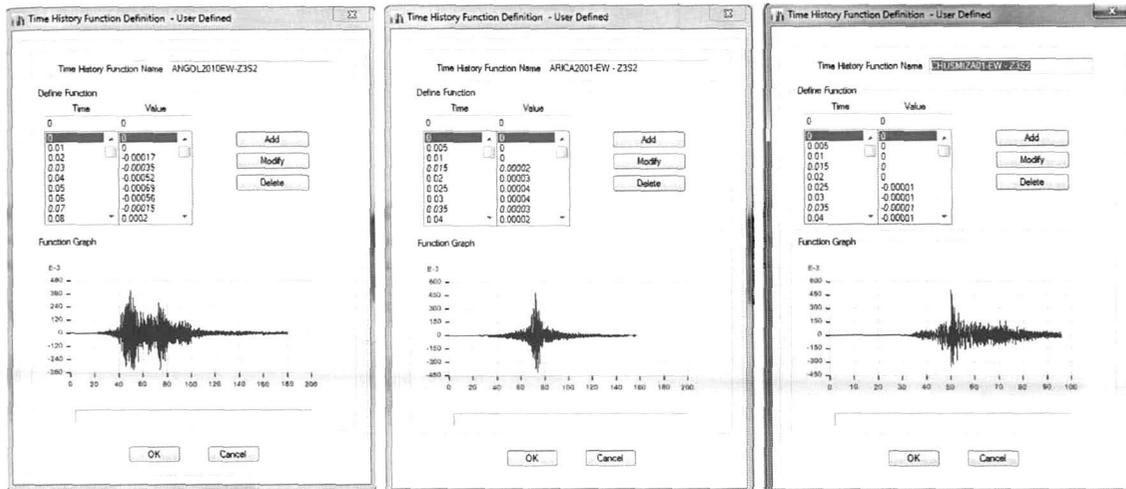
### 2.5.1.1. Análisis Tiempo- Historia

Para el análisis de respuesta en el tiempo se emplearon tres registros sísmicos corregidos, filtrados y compatibles con el espectro de diseño de la norma E.030 para el sitio de la edificación en estudio. Los registros elegidos se registraron en suelos de similares características geotécnicas al suelo de la edificación en estudio.

Los registros se construyeron a partir de las dos componentes reales horizontales que presentaron las mayores aceleraciones obtenidas en el terremoto de Arequipa - Perú en el 2001 (mag.: 8.1, Prof: 33 Km) y los terremotos chilenos de Chusmiza en el 2001 (mag.: 6.3, Prof: 6 Km) y el terremoto de Maule del 2010 (mag.: 8.8, Prof: 30 Km). Todas las componentes de los registros empleados se muestran en la figura 3.12.



**Figura 10:** Registro global de aceleraciones de los registros sísmicos  
Fuente: elaboración propia.



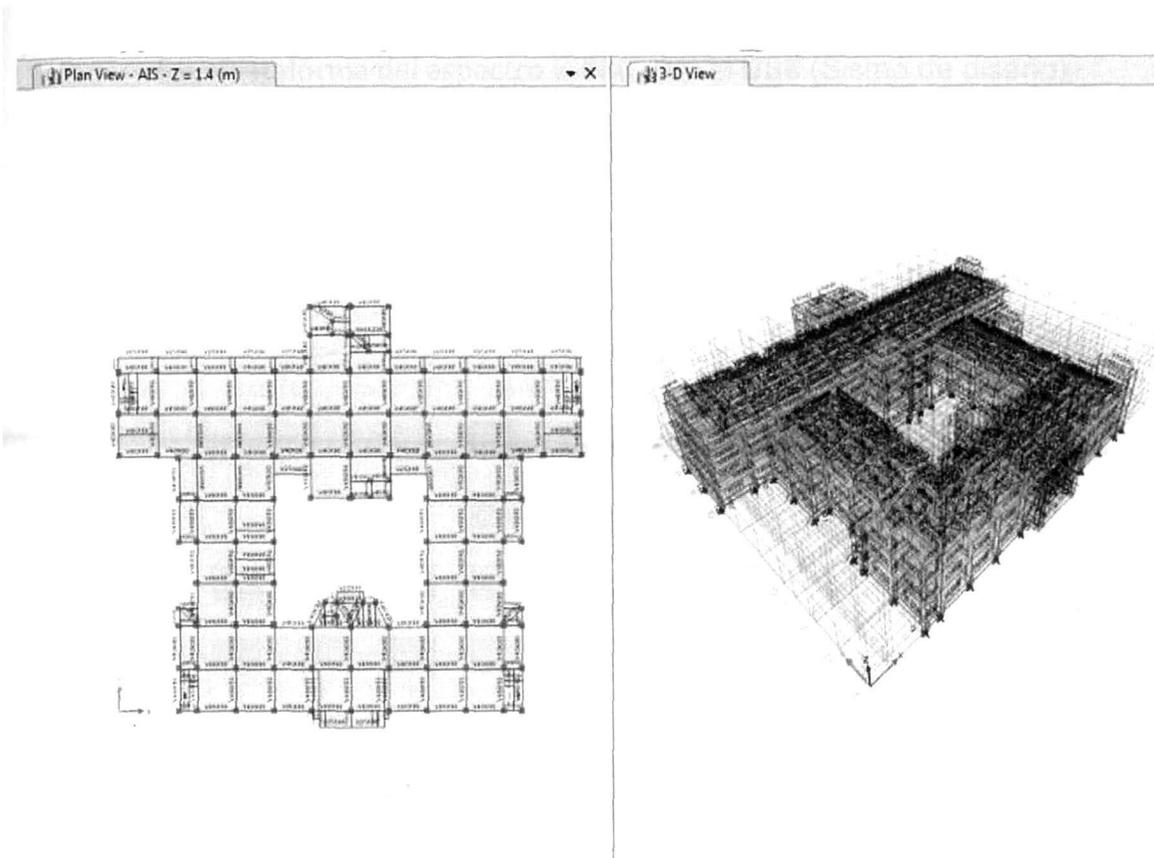
**Figura 11:** Acelerogramas de los diferentes sismos a utilizar  
 Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a lo requerido por el código ASCE7-10, se utilizó cada señal con sus respectivas componentes en las dos direcciones de análisis en simultáneo. Además, se verificó que el espectro resultante, de ambas componentes, no sea menor que el espectro previsto por el código.

Se tomaron los resultados de respuesta máxima al considerar sólo tres señales con ambas componentes según lo requerido en el estándar ASCE7-10. Estos resultados se muestran en el capítulo 3 de este trabajo.

El tamaño del aislador depende de la carga vertical que soporta el aislador y el máximo desplazamiento lateral al cual se debe de adecuar.

Se debe tomar en consideración que la norma E-030.2016 limita el desplazamiento para periodos largos, esto debido a la sismicidad del país.



**Figura 12:** Vista en 2D y 3D de la edificación en el software ETABS

Fuente: elaboración propia.

Todos los dispositivos deben tener la capacidad de soportar las siguientes combinaciones de carga; las cargas en el aislador más solicitado corresponden a las siguientes ecuaciones propuestas por el ASCE7-10:

$$P_{\max_{MCE}} = (1.2 + 0.2 * S_{MS}) * D + 0.5L + Q_{MCE}$$

$$P_{\max_{DBE}} = (1.2 + 0.2 * S_{DS}) * D + 0.5L + Q_{DBE}$$

En donde:

D: Carga Muerta

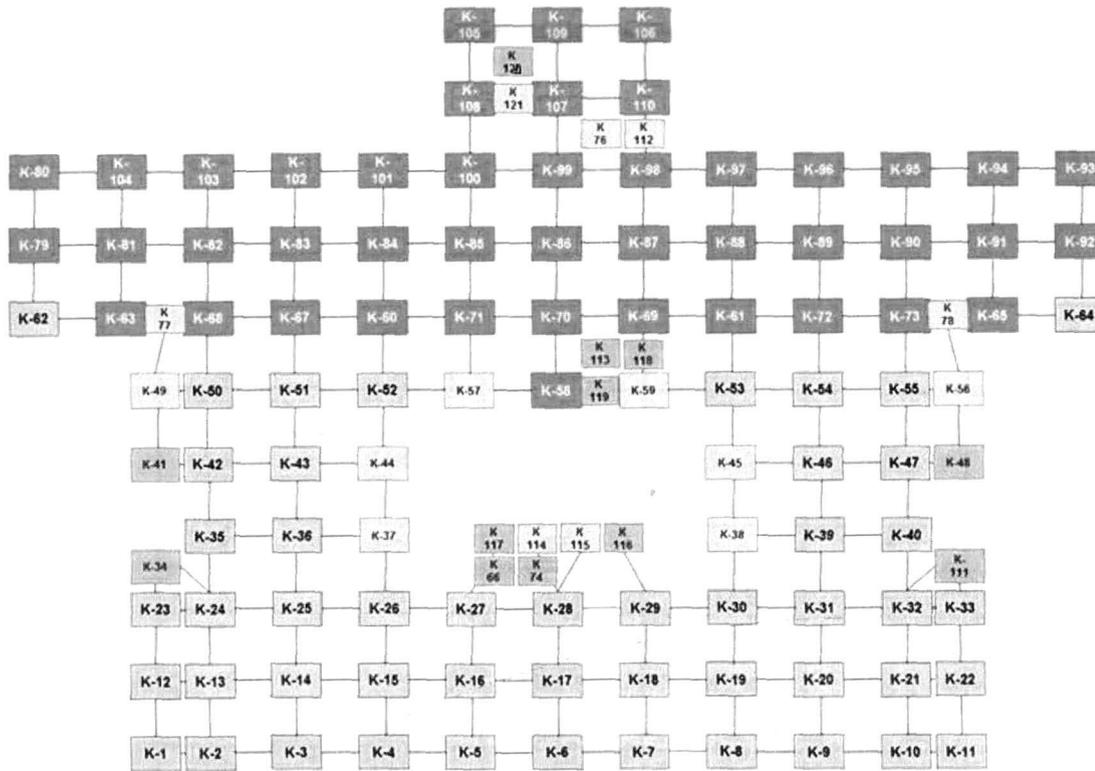
L: Carga viva

$S_{MS}$ : Plataforma del espectro E.030 para el MCE (Máximo sismo considerado)

$S_{DS}$ : Plataforma del espectro E.030 para el DBE (Sismo de diseño)

$Q_{MCE}$ : Axial producto de la fuerza sísmica horizontal del MCE (Sismo máximo considerado)

$Q_{DBE}$ : Axial producto de la fuerza sísmica horizontal del DBE (Sismo de diseño)



**Figura 13:** Vista de planta

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 5:** Cargas en dispositivos

Ubicación	D (Ton)	L (Ton)	D+0.5L (Ton)	Pmax DBE (Ton)	Pmax MCE (Ton)
K01	54.8	8.8	59.2	121.3	142.6
K02	87.6	21	98.1	162.2	176.8
K03	90.5	29.5	105.2	154.2	167.4
K04	89.4	26.6	102.7	153.8	167.1
K05	106.4	32.3	122.6	182.8	198.2
K06	108.4	35	125.9	181.8	195.9

K07	104.8	32.8	121.2	180.4	195.6
K08	84.3	27.3	97.9	147.5	160.1
K09	97.1	28.5	111.4	164.9	178.7
K10	90.9	20.1	100.9	167.5	182.2
K11	53.4	8.7	57.8	115.2	129.5
K12	92.6	18.6	101.9	167.4	188.1
K13	143.6	40	163.5	228	248.8
K14	135.6	51.7	161.5	211.1	225.5
K15	133.7	49.8	158.5	207.6	221.9
K16	124	46.4	147.2	192.8	206.2
K17	101.1	41.4	121.8	159.8	170.8
K18	119.6	47.7	143.5	187.4	200.3
K19	126.6	50.8	152	197.8	211.3
K20	137.2	50.6	162.5	212.7	227.8
K21	146.5	38.8	165.9	232.1	255.1
K22	90.3	18.4	99.6	162.6	181.8
K23	59	11.2	64.6	116	132.2
K24	140.6	35.9	158.6	227.6	245.7
K25	164.4	47.5	188.2	258.5	278.7
K26	143.4	41.8	164.3	246.5	271.5
K27	82.2	27.3	95.9	137.2	147.1
K28	90.6	34.4	107.8	155.5	168.3
K29	103.8	36.9	122.3	170.7	182.8
K30	121.1	42.6	142.4	223.3	245
K31	142.5	49.6	167.3	230.8	248.7
K32	131.2	35.9	149.1	213.9	229.3
K33	60.3	11.1	65.9	115.9	130.5
K34	27.3	4.1	29.4	60.7	-0.9
K35	103.2	28.5	117.4	173.4	189.2
K36	147.3	46.3	170.4	218	234.6
K39	123.3	50.9	148.7	192	206
K40	95.3	29.2	109.9	161.4	175.4
K41	44.2	8.9	48.6	91.2	19.2
K42	111.7	32.7	128	179.5	195
K43	131.6	46.5	154.9	207.2	220.8
K46	130.1	50.2	155.2	202.3	215.9
K47	107.5	33	124	177.6	192.5
K48	44.7	9.3	49.3	88.9	12.7
K50	114.2	35.5	132	179.1	191.8
K51	125.8	48.8	150.1	197.4	212.4

K52	84.1	26.4	97.2	144.2	157.7
K53	99	28.1	113	169.1	185.7
K54	137.6	51.1	163.1	214.7	230.9
K55	115.1	36	133.1	181.1	193.9
K58	156.9	38.3	176.1	292.3	329.1
K60	209.7	63.4	241.4	353.2	377.2
K61	217.6	63.9	249.5	364.2	391
K62	113.6	22.6	124.9	253.9	290.6
K63	169.5	47.9	193.5	301.8	333.3
K64	122.2	22	133.2	267.6	304.3
K65	184.6	47.2	208.2	324.5	357.7
K66	50	12.6	56.3	83.8	12.7
K67	218.9	65.4	251.6	352.6	377.2
K68	178.9	53.4	205.6	301.8	320.9
K69	186.1	60.7	216.4	301.1	325.9
K70	221.6	72.4	257.8	386.4	421.2
K71	209.2	67.6	243	335.6	362.2
K72	216.7	64.7	249	350.9	375.4
K73	176.2	52.1	202.2	296.7	316.1
K74	48.1	13.8	55.1	89.4	-5.4
K76	29.3	8.2	33.4	42.8	6.5
K77	52.4	12.9	58.9	89	19.5
K78	49.7	13	56.2	87.7	17.3
K79	183.5	41.6	204.3	304.6	334.5
K80	180.5	35.4	198.2	349.2	384.9
K81	207.2	69.3	241.9	323	347.1
K82	153.5	57.3	182.1	241.5	258.9
K83	176.9	60.3	207	277.1	298.1
K84	163.1	56.3	191.2	257.4	276.6
K85	174.8	60.2	205	271.7	289.6
K86	215.7	66	248.7	335.2	357.2
K87	183.2	64.1	215.3	283.7	302.9
K88	161.3	57.2	189.9	254.8	273
K89	171.7	58.5	201	268.5	288.8
K90	159.2	55.8	187.1	248.6	266.9
K91	216	69.1	250.5	335.9	361.7
K92	191	41.4	211.7	313.9	341.7
K93	183.2	36.5	201.5	357.5	394.4
K94	245.2	64.9	277.6	410.2	448.6
K95	202	56.9	230.5	342.4	372

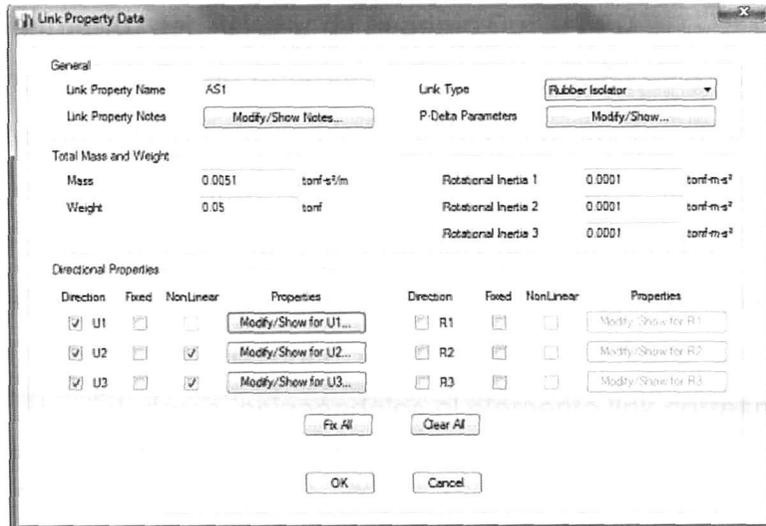
K96	213.5	58.7	242.8	357.1	388.9
K97	207.2	57.2	235.8	342.3	373.6
K98	177.6	49.8	202.5	287.4	312.5
K99	226.8	63.2	258.4	375.6	406.4
K100	207.5	58.6	236.8	335.2	362
K101	208.5	56.8	236.9	345	376.5
K102	210.9	58.8	240.3	353.9	385.4
K103	197.7	57.1	226.3	335.2	364.4
K104	239.6	64	271.5	400	438.1
K105	83.4	15.7	91.3	175.3	200.7
K106	82.8	17.2	91.5	172.9	195.9
K107	158.4	35.7	176.2	257.6	280.4
K108	117.4	31.9	133.4	210.1	235.5
K109	158.8	28.6	173	305.3	347.8
K110	127.7	25.3	140.4	208.1	228.8
K111	27.6	4.1	29.7	61.1	-0.3
K112	69.1	14	76	124	45.1
K113	34.3	10	39.3	47.3	3.5
K114	49.3	7.6	53.1	102.1	-7.4
K115	60.2	15.3	67.9	101.8	15.1
K116	28.9	5.3	31.5	64	-1.1
K117	18.9	-1.5	18.1	53.4	-6.8
K118	37.1	6.8	40.5	69.2	25.9
K119	37.7	6.6	41	73.9	14.4
K120	42.1	7.5	45.9	65.7	0.8
K121	51.2	14.1	58.2	86.4	15.4

Fuente: elaboración propia

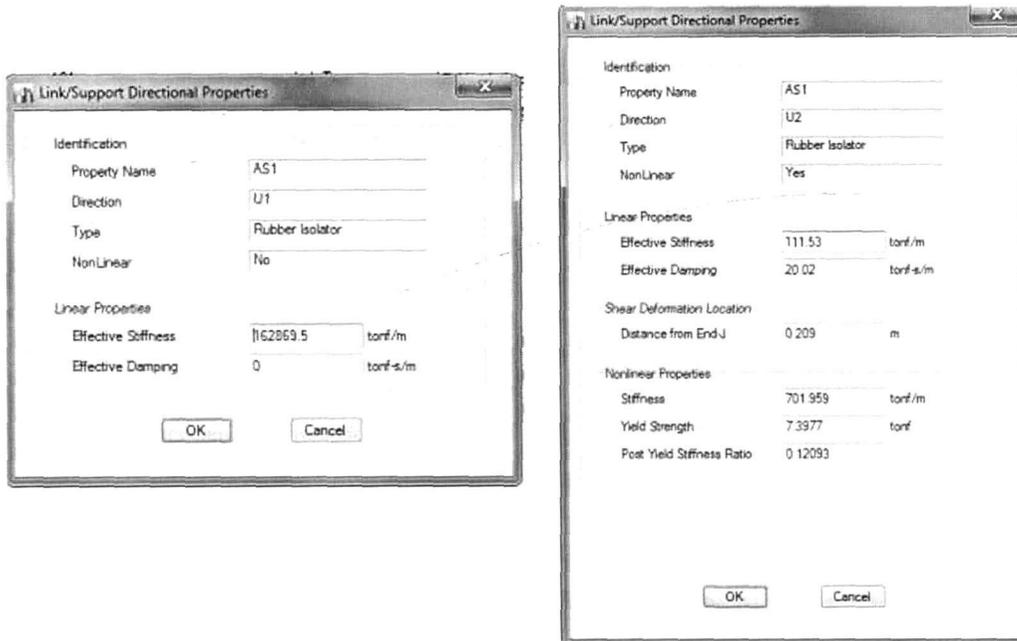
### 2.5.1.2. Modelamiento en el programa de análisis ETABS

- **Modelamiento del Aislador Elastomérico HDRB**

Para el modelamiento en el programa de análisis ETABS, se insertó las propiedades del aislador elastomérico HDRB como se muestra en las figuras 14 y 15 respectivamente, de acuerdo a la ficha técnica del fabricante. Posteriormente, se seleccionaron los puntos en la base en donde se colocaron los aisladores, asignándoles el elemento link correspondiente.



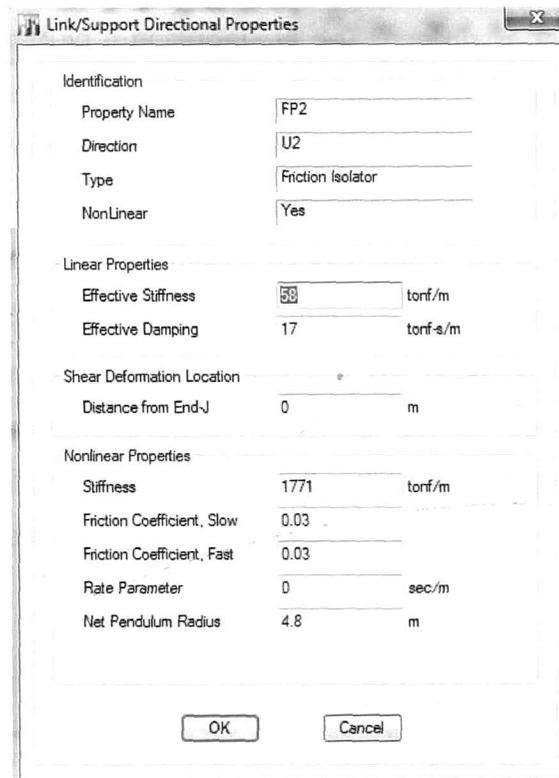
**Figura 14:** Modelamiento del aislador elastomérico HDRB.  
Fuente: elaboración propia.



**Figura 15:** Pantalla de ingreso de propiedades en la dirección vertical y en las direcciones laterales del Aislador.  
Fuente: elaboración propia.

- **Modelamiento del aislador de Péndulo Doble FPD**

Para el modelamiento en el programa de análisis ETABS, se insertó el coeficiente de fricción, la rigidez, el rate parameter (parámetro de variación de la velocidad), el radio de curvatura, y la capacidad de desplazamiento dentro de las propiedades no lineales (Nonlinear Properties) respectivamente, de acuerdo a la ficha técnica del fabricante. Posteriormente, se seleccionan los puntos en la base en donde se colocarán los aisladores, asignándoles el elemento link correspondiente.



**Figura 16:** Modelamiento del aislador de Péndulo Friccional  
Fuente: elaboración propia.

## 2.6. Aspectos éticos

La investigadora se compromete a respetar la autenticidad de los resultados que se obtengan, el respeto de la propiedad intelectual de los diferentes autores cuya información ha sido propicia para el desarrollo de este estudio y a la confiabilidad de la información suministrada por diversas empresas para el desarrollo del mismo.

### III. RESULTADOS

El aislamiento sísmico permite cambiar el periodo fundamental del edificio (vibración de los edificios en un sismo) a un periodo largo con el uso de dispositivos flexibles (aisladores) entre la base y el primer nivel del edificio. Esto conlleva a obtener menores derivas (desplazamientos entre pisos) y aceleraciones de piso que un edificio de base fija; aminorando el daño en los elementos estructurales, no estructurales y el contenido (Aguar et al, 2008, p. 23). Tomando en consideración lo antes establecido, se indicaron los siguientes resultados:

**a)** De acuerdo a los modelamientos realizados con Aisladores Elastoméricos HDRB y Aisladores de Péndulo Friccional, y de acuerdo a los resultados obtenidos en cada uno de ellos, los aisladores sísmicos que optimizaron las propiedades de la edificación esencial - Hospital de llave indicados en la sección 1.3.1.2 del presente trabajo, fueron los aisladores de Péndulo Friccional, considerando para ello los resultados del desplazamiento de diseño " $D_D$ " que arrojaron 18.1cm en desplazamiento de diseño, cifra menor al aislador LRB, en cuanto a la aceleración de los diferentes niveles de la superestructura no sobrepasaron los 0.21g. para ambos casos, mientras que el corte basal de la misma en direcciones X-X obtuvieron  $V_{m\acute{a}x}$  (%W) del 4.7%, mientras que en Y-Y  $V_{m\acute{a}x}$  (%W) de 4.8%, cifras menores a las obtenidas con el uso del aislador LRB.

**b)** A su vez, considerando estos resultados, se pudo identificar que el aislador de Péndulo Friccional le permite a la edificación resistir mejor las sollicitaciones sísmicas durante un evento sísmico severo, como se puede apreciar en el desplazamiento total máximo " $D_{TM}$ ", que en el caso del FPS obtuvo un desplazamiento de 33.50 cm, cifra menor a la obtenida con el uso de aisladores LRB, mejorando de esta manera el diseño sismoresistente indicado en la sección 1.3.1.3 de la presente tesis.

**c)** Los resultados obtenidos en los diferentes modelamientos permitieron generar cuadros comparativos, lo que permitieron a su vez ver la eficiencia antisísmica de los aisladores sísmicos en la edificación esencial, tal como se indica en la sección 1.3.2.1, teniendo en consideración para ello, los valores de

la reducción de los esfuerzos y desplazamientos, cuyos resultados arrojaron que el aislador de Péndulo Friccional obtiene los mejores resultados.

### 3.1. Resultados del método Tiempo Historia con el uso de Aisladores Elastoméricos HDRB y Péndulo Friccional

#### 3.1.1. Desplazamientos y derivas máximas

Los desplazamientos obtenidos se resumen en la tabla 6.

**TABLA 6:** *Desplazamientos del sistema de aislamiento*

Tipo de análisis	Desplazamiento de diseño "D <sub>D</sub> " (cm)	Desplazamiento total de diseño "D <sub>TD</sub> " (cm)	Desplazamiento máximo "D <sub>M</sub> " (cm)	Desplazamiento total máximo "D <sub>TM</sub> " (cm)
HDRB	19.9	26.80	30.40	42.40
FPS	18.1	20.10	29.40	33.50

Fuente: elaboración propia.

El Aislador FPS obtuvo el menor desplazamiento debido a que tiene un periodo mayor, comparado con el Aislador HDRB.

Las derivas máximas obtenidas para el análisis tiempo-historia se muestran en la tabla 7 considerando la excentricidad más desfavorable del centro de masa.

**TABLA 7:** *Derivas máximas*

SISTEMA DE AISLAMIENTO	DERIVA MAX EN X	DERIVA MAX EN Y
	‰	‰
HDRB	3.1	3.3
FPS	2.6	2.3
MAX	3.1	3.3

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2. Fuerza cortante

La fuerza cortante elástica ( $R=1$ ) máxima obtenida con el método de análisis en el nivel inmediato superior al del sistema de aislamiento se muestran en la Tabla 8. Esta fuerza se expresó como un porcentaje del peso del edificio por encima del nivel de aislamiento (33,281 Ton aprox.).

**TABLA 8:** *Fuerza cortante elástica máxima - DBE*

SISTEMA DE AISLAMIENTO	Dirección de Análisis	V máx. (Ton)	V máx. (%W)
PENDULO FRICCIONAL	X-X	1569	4.7%
	Y-Y	1596	4.8%
AISLADORES HDRB	X-X	1763	5.3%
	Y-Y	1758	5.3%

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.3. Aceleraciones máximas de piso

No se superaron aceleraciones de piso mayores a 0.21g.

#### IV. DISCUSIÓN

- En su tesis, Lily Marlene Bonilla Sosa, desarrolló un modelamiento en el programa SAP para una edificación de 8 pisos destinada a oficinas con el uso de aisladores, cuyos resultados, indicaron una disminución en derivas y en las aceleraciones en contraste con el modelamiento de la misma estructura sin el uso de estos dispositivos.

Esta investigación pudo observar que con el uso de ambos dispositivos, se generaron derivas y aceleraciones mínimas para los diferentes acelerogramas propuestos.

Si bien en la Norma Técnica Peruana E.060.2016 no establece valores máximos o mínimos en cuanto a aceleraciones, podemos indicar que de acuerdo a lo antes mencionado y a lo indicado en la sección 1.3.2 sobre las características de estos dispositivos, su uso aminora el posible daño en los elementos estructurales, no estructurales y el contenido, debido a la disminución en la magnitud de las fuerzas sísmicas, producto de menores derivas (desplazamientos entre pisos) y aceleraciones de piso, optimizando de esta manera las propiedades de las edificaciones consideradas esenciales, tal como se indica en la sección 1.3.1.2 de este trabajo.

- En la tesis de Yuriko Aguirre Amez y Luis Felipe Huallanca Parra, realizaron un modelamiento de una edificación de 6 pisos con aisladores sísmicos HDRB, obteniendo como resultado que dichos dispositivos mejoraron el comportamiento de las edificaciones al minimizar fuerza cortante en la base, y obtener menores desplazamientos durante un sismo.

En esta tesis, si bien se obtuvieron los mismos resultados en cuanto al mejoramiento del comportamiento de la edificación, se pudo observar que con el uso de Aisladores de Péndulo Friccional se obtuvieron mejores resultados, al obtener los menores rangos para ambos casos.

Ante la disyuntiva de saber que aislador sería el más indicado, de acuerdo a los antecedentes y a los resultados obtenidos, este trabajo se basará en lo establecido en la Norma Técnica Peruana E.030.2016 de Diseño Sismoresistente como se indica en la sección 1.3.1.3 de este trabajo, el cual nos indican los ítems que deben de cumplirse en las disposiciones de la presente norma, y así establecer el mejor Aislador a ser utilizado para el mejoramiento del diseño sismo resistente de la edificación.

- La Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (en inglés American Society of Civil Engineers, conocido por sus siglas ASCE) así como la Norma Técnica Peruana E.030.2016 indican los límites de derivas de entrepiso para poder minimizar el daño estructural (sección 1.3.2.3.1), para los cuales el ASCE considera valores máximos del 15 al 20 ‰, mientras la E.030.2016 indica un máximo del 7‰.

En la tesis presentada por Jhonatan Santiago Proaño Sarango, quien realizó el diseño de un bloque del Hospital de Ambato - Ecuador, que consta de 7 pisos con el uso de aisladores sísmicos, basándose en la norma ASCE 7-10 debido a que su país al igual que el nuestro, no cuenta con una normativa nacional sobre el uso de Aisladores Sísmicos, obtuvo en su modelamiento menores derivas a las máximas estipuladas en la norma ASCE 7-10.

Esta investigación, obtuvo resultados por debajo de los indicados en la Norma E.060.2016 y ASCE 7-10 para ambos aisladores estudiados. Si bien, no se pueden comparar los resultados debido a diferencias en las edificaciones estudiadas y en el uso de aisladores, se puede indicar por los resultados obtenidos que en efecto el uso de aisladores sísmicos minimizó el daño estructural ante un eventual sismo, obteniendo mejoras en cuanto a eficiencia antisísmica.

## V. CONCLUSIÓN

- De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluyó que el uso de Aisladores de Péndulo Friccional optimizaron las propiedades de la edificación esencial de acuerdo a los resultados obtenidos.
- Se determinó por los resultados, que en efecto el uso de Aisladores Sísmicos de Péndulo Friccional mejoraron el diseño sismo resistente de la edificación, de acuerdo a lo establecido en la norma técnica peruana E.030.2016 de diseño sismo resistente.
- Se concluyó por los resultados obtenidos con el modelamiento de los diferentes Aisladores Sísmicos, que el uso de Aisladores de Péndulo Friccional presentan mejores rangos de eficiencia antisísmica en la edificación.

## VI. RECOMENDACIONES

- Sería recomendable que las entidades del Estado – Ministerios de Vivienda y Salud, establezcan una normativa nacional sobre el uso de Aisladores Sísmicos en edificaciones consideradas esenciales ante la creciente demanda del uso de estos dispositivos, indicando los valores máximos y mínimos establecidos en cuanto a las aceleraciones generadas por dichos dispositivos, ante desplazamientos de diseño, y así se cumpla con lo estipulado en la norma técnica de diseño sismo resistente E.030.2016.
- Se recomienda al Gobierno Regional del Collao – Puno y al Ministerio de Salud, tenga a bien considerar el uso de Aisladores de Péndulo Friccional durante el proceso constructivo del centro hospitalario, por las mejoras que el uso de estos dispositivos traería al nosocomio, al brindar mejores rangos de eficiencia antisísmica en la edificación, cumpliendo de esta manera con lo estipulado en la norma técnica peruana de diseño sismo resistente E.030.2016.
- Sería conveniente que las entidades del Estado – Ministerios de Vivienda y Salud, consideren el uso de aisladores de Péndulo Friccional en los procesos constructivos de edificaciones esenciales, ya que además de brindar mejores rangos de eficiencia antisísmica, dichos dispositivos tienen menores tiempos en fabricación, ensayos y puesta en obra, así como menores costos en su adquisición.

## VII. REFERENCIAS

AGUIAR FALCONI, Roberto, ALMAZAN, José Luis y DECHENT, Peter. Aisladores de Base Elastoméricos y FPS. 1ª ed. Quito: Centro de Investigaciones Científicas - Escuela Politécnica del Ejército, 2008. 301pp.  
ISBN: 9789978301043

AGUIRRE AMEZ, Yuriko Yuly y HUALLANCA PARRA, Luis Felipe. Influencia de la esbeltez en el comportamiento estructural de edificios con aislamiento en la base. Tesis. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2016. 68 pp.

AMAT Y LEON, Carlos. El Perú nuestro de cada día. 1ª ed. Lima: Universidad del Pacífico. 2006. 203pp  
ISBN: 9972570952

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEER ASCE/SEI 7-10. SEISMIC DESIGN REQUIREMENTS FOR SEISMICALLY ISOLATED STRUCTURES - Chapter 17-18. 2010. 66 pp.

ARIAS, Fidias G. El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ª ed. Caracas: Editorial Episteme. 2012. 146 pp.  
ISBN: 9800785299

AYALA-CACERDO, Francisco Javier y OLCINA SANTOS, Jorge. Riesgos naturales. 1ª ed. Barcelona: Ariel SA. 2002. 1515 pp.  
ISBN: 8434480344

BENAVENTE VIACAVA, José y TRAVERSO TACURI, Iván. Comparación del análisis y diseño de un edificio de concreto armado de siete pisos con y sin aislamiento en la base. Tesis. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2013. 63 pp.

BERNAL, César. Metodología de la Investigación. 2ª ed. Colombia: Pearson Educación, 2006. 304pp.

ISBN: 9702606454

BONILLA SOSA, Lily Marlene. Teoría del Aislamiento Sísmico para Edificaciones. Tesis. D.F.Mexico: Universidad Autónoma de Mexico.2012. 64pp.

CIP - UNI. Informe de Sismo de Puno [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 18 de diciembre del 2016].

Disponible en:

[http://www.cip.org.pe/Cvista/publicaciones/2016/Sismo\\_Puno\\_01Dic2016a.pdf](http://www.cip.org.pe/Cvista/publicaciones/2016/Sismo_Puno_01Dic2016a.pdf)

CORDOVA AGUILAR, Hidegardo. Naturaleza y Sociedad: Una introducción a la Geografía. 1ra ed. Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. 2002. 307pp.

ISBN: 9972424839

CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN. Protección Sísmica de Estructuras. [en línea].Noviembre 2011, n° 29. [Fecha de consulta: 03 de noviembre del 2016]

Disponible en:

[http://descargas.coreduc.cl/Proteccion\\_Sismica\\_de\\_Estructuras\\_-\\_Febrero\\_2012\\_CLR\\_v4.1.pdf](http://descargas.coreduc.cl/Proteccion_Sismica_de_Estructuras_-_Febrero_2012_CLR_v4.1.pdf)

ISBN: 9789567911196

DUNN ARIAS, Kevin Martín. Rehabilitación estructural de la Facultad de Ingeniería mediante Aisladores Sísmicos. Tesis. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2013. 261 pp.

DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS. Aislamiento sísmico para edificaciones y puentes. [en línea]. 2007. [Fecha de consulta: 03 de enero del 2017]  
Disponible en:  
<http://cdvperu.com/wp-content/uploads/2016/03/CATALOGO-DIS.pdf>

FEDERACION INTERAMERICANA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION. Aislación Sísmica y Disipación [en línea]. 2003. [Fecha de consulta: 29 de diciembre del 2016].  
Disponible en:  
<http://www.fiic.la/LXV%20CONSEJO%20DIRECTIVO%20PANAMA/DE%20LALLERA%203.pdf>.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (FEMA 751 NEHRP). Seismically Isolated Structures. 2009. 916 pp.  
[https://www.fema.gov/media-library-data/1393877415270-d563663961c9f40e88ce3ad673377362/FEMA\\_P-751.pdf](https://www.fema.gov/media-library-data/1393877415270-d563663961c9f40e88ce3ad673377362/FEMA_P-751.pdf)

GASS, I.G., SMITH J., Peter y WILSON, R.L.C. Introducción a las ciencias de la Tierra. 1ª ed. Barcelona: Editorial Reverté S.A. 2002. 417pp.  
ISBN: 842914613X

GATICA LAGOS, Víctor. Respuesta sísmica de un edificio de estructura metálica con aisladores. Alternativas de diseño. Tesis. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2012. 156 pp.

GOMEZ, Marcelo M. Introducción a la metodología de la investigación científica. 1ª ed. Córdoba: Brujas. 2006. 160 pp.  
ISBN: 9875910260

HAKIYAMA, Hiroshi. Metodología de proyecto sismo resistente de edificios basada en el balance energético. Barcelona: Editorial Reverté S.A. 2003. 272pp.  
ISBN: 8429120122

HARMSSEN, Teodoro E. Diseño de estructuras de concreto armado. 4ª ed. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005. 689pp. ISBN: 9972427307

HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. Metodología de la Investigación. 5ª ed. México D.F.: McGRAW-Hill/ linteramericana Editores, S.A. 2010. 613pp. ISBN: 978-6071502919

INDECI. Guía para la protección de establecimientos de salud ante desastres naturales. INDECI. [en línea]. Capítulo 2. [Fecha de consulta: 20 de diciembre del 2016].

Disponible en:

[http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc41/doc41\\_2.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc41/doc41_2.pdf)

INEI. Compendio estadístico Perú 2014. INEI. [en línea]. Capítulo 6. [Fecha de consulta: 14 de diciembre del 2016].

Disponible en:

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1173/cap06/cap06.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1173/cap06/cap06.pdf)

KORSWAGEN EGUREN, Paul Alexander, ARIAS RICSE, Julio Cesar y HUARINGA HUAMANI, Pamela Grace. Análisis y diseño de estructuras con Aisladores Sísmicos en el Perú. Tesis. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2012. 99pp.

KUROIWA HIRACHI, Julio. Reducción de Desastres. 2ª ed. Lima: Bruño. 2005. 447pp.

ISBN: 99729477010

JUAREZ, Eulalio. Mecánica de Suelos. 2ª ed. D.F.: Limusa, 2005. 644pp.

ISBN: 9681800699

LEMA TOAPANTA, Edith Pamela. Análisis y diseño de un edificio con aisladores sísmicos – Modelamiento en el Etabs. Tesis. Quito: Universidad Central del Ecuador. 2013. 215pp.

Los desastres naturales y la Protección de la Salud. Washington: Organización Panamericana de la Salud. Publicación científica (575). 2000.  
ISBN 9275315752

M.BOZZO, Luis y H.BARBAT, Alex. Diseño sismo resistente de edificios. Barcelona: Editorial Reverté SA. 2004. 373pp.  
ISBN: 8429120114

MARTINEZ COLAN, Andrés Ignacio y MELGAR CUEVA, Carlos Jesús. Análisis, comportamiento y diseño de edificaciones con Aisladores de Péndulo Friccional. Tesis. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2015. 118pp.

MINISTERIO DE VIVIENDA. Reglamento Nacional de Edificaciones – Diseño Sismorresistente E.030.2016. 32pp.

MINSA/ECHO/OPS-OMS. Proyecto de la Vulnerabilidad Sísmica en Hospitales del Perú. MINSA/ECHO/OPS-OMS [en línea]. 2006, Tomo I. [Fecha de consulta: 24 de noviembre del 2016].

Disponible en:

<ftp://ftp2.minsa.gob.pe/descargas/Transparencia/08Proyectos/evaluacion/EstHospitalCayetanoHeredia.PDF>

MORERA, Percy. El sueño de los ilaveños de un hospital moderno. [en línea]. Radio San Miguel. 06 de octubre del 2016. [Fecha de consulta: 08 de enero 2017].

Disponible en:

<http://radiosanmiguelilave.pe/el-sueno-de-los-ilavenos-de-un-hospital-moderno/>

MUÑOZ GUEVARA, Joseph Jonathan. Análisis y diseño de una estructura hospitalaria con aisladores sísmicos en la ciudad de Arequipa. Tesis. Arequipa: Universidad Católica de Santa María. 2013. 159pp.

OVIEDO, Juan Andrés y DUQUE, María del Pilar, Sistemas de control de respuesta sísmica en edificaciones. Revista EIA, (6):105-120, 2006.  
ISSN: 1794-1237

PERLES, Pedro. Temas de estructuras especiales. Buenos Aires: Editorial Nobuko. 2007. 269pp.  
ISBN: 9875841145

PROAÑO SARANGO, Jhonatan Santiago. Análisis y diseño sísmico de un edificio en acero con Aisladores Sísmicos, modelamiento en el Etabs. Tesis. Quito: Universidad Central del Ecuador. 2014. 272pp.

ROCHEL AWAD, Roberto. Análisis y diseño sísmico de edificios. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2012. 388pp.  
ISBN: 9789587201178

TAMAYO, Mario. El proceso de la Investigación científica. 4ª ed. México: Limusa, 2004. 440pp.  
ISBN: 9681858727

TORO JARAMILLO, Iván Darío y PARRA RAMIREZ, Rubén Darío. Método y conocimiento: metodología de la investigación. 1ª ed. Medellín: Universidad EAFIT, 2006. 387pp.  
ISBN: 9588281113

**VIII. ANEXOS**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>
<p><b>¿Qué aislador sísmico sería el más conveniente a utilizar en la edificación esencial - Hospital de llave, Puno 2017?</b></p> <p>• ¿De qué manera los aisladores sísmicos optimizan las propiedades de una edificación esencial - Hospital de llave, Puno 2017?</p> <p>• ¿Cómo los aisladores sísmicos mejoran el diseño sismo resistente de</p>	<p><b>Identificar el mejor aislador sísmico que se emplearía en la edificación esencial - Hospital de llave, Puno 2017.</b></p> <p>• Determinar los aisladores sísmicos que optimizarán las propiedades de la edificación esencial - Hospital de llave, Puno 2017.</p> <p>• Conocer los aisladores sísmicos que mejorarán el diseño sismo</p>	<p><b>Existe un aislador sísmico que es el más conveniente para ser empleado en una edificación esencial en Puno y que cumpla los parámetros establecidos en la normativa peruana, en el 2017.</b></p> <p>• Existen aisladores sísmicos que optimizan las propiedades de una edificación esencial en Puno, 2017.</p> <p>• El uso de aisladores sísmicos permiten mejorar el diseño sismo resistente de</p>	<p>“Aisladores sísmicos”.</p> <p>“Edificación esencial”.</p>	<p>• Tipos de aisladores.</p> <p>• Características de los aisladores sísmicos.</p> <p>• Eficiencia antisísmica</p> <p>• Clasificación de edificaciones esenciales</p>	<p>• Clasificación</p> <p>• Diseño</p> <p>• Composición</p> <p>• Nivel de amortiguamiento</p> <p>• Beneficios y limitaciones de uso</p> <p>• Vida útil</p> <p>• Desempeño de estructuras aisladas.</p> <p>• Adaptabilidad al sismo.</p> <p>• Capacidad de restitución.</p> <p>• Nivel de importancia</p> <p>• Tipo de estructura</p> <p>• Esbeltez de la estructura</p>

<p>una edificación esencial - Hospital de llave, Puno 2017?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la eficiencia antisísmica de los aisladores sísmicos en una edificación esencial - Hospital de llave, Puno 2017?</li> </ul>	<p>resistente de la edificación esencial - Hospital de llave, Puno 2017.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparar la eficiencia antisísmica de los aisladores sísmicos en la edificación esencial - Hospital de llave, Puno 2017.</li> </ul>	<p>una edificación esencial en Puno, 2017.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen aisladores sísmicos que presentan mayores rangos de eficiencia antisísmica al ser empleados en una edificación esencial en Puno, 2017.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades de las edificaciones esenciales.</li> <li>• Diseño sismo resistente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operatividad de la estructura post-sismo</li> <li>• Daños estructurales post-sismo</li> <li>• Vulnerabilidad Sísmica</li> <li>• Norma peruana E.030.2016</li> <li>• Tipo de suelo</li> <li>• Zona sísmica</li> </ul>
---	---	---	--	---	---

### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN DEL CONCEPTO	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
“Edificación esencial”.	“edificaciones como hospitales [...] que juegan un rol crucial en caso de desastres [...] cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo.” (KUROIWA, 2005, Pág. 80)	La edificación esencial se evaluará tomando en cuenta su clasificación, características y el diseño sismo resistente, además se aplicarán los niveles de importancia, tipología y esbeltez de la estructura, tomando en cuenta la operatividad y los daños estructurales post-sismo, la Norma peruana E.030.2016, el tipo de suelo y la zona sísmica utilizando para ello fichas técnicas de los mismos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación de edificaciones esenciales</li>   <li>• Propiedades de las edificaciones esenciales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de importancia</li> <li>• Tipo de estructura</li> <li>• Esbeltez de la estructura</li>   <li>• Operatividad de la estructura post- sismo</li> <li>• Daños estructurales post- sismo</li> <li>• Vulnerabilidad Sísmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma peruana E.030.2016</li> <li>• Planos arquitectónicos de la estructura</li>   <li>• Acelerogramas proporcionados por el CISMID-UNI, CSN – Chile.</li> <li>• Ficha de resultados sobre la observación en la aplicación ETABS</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño sismo resistente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma peruana E.030.2016</li> <li>• Tipo de suelo</li> <li>• Zona sísmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma peruana E.030.2016</li> <li>• Ficha técnica de suelos (véase Anexo 1)/ Estudio de Mecánica de Suelos.</li> <li>• Ficha de resultados sobre la observación en la aplicación ETABS.</li> </ul>
<p>“Aisladores sísmicos”.</p>	<p>“hoy en día se considera como un diseño estratégico que está dirigido a reducir la cantidad de energía de entrada a las fundaciones de una estructura” (AGUIAR FALCONI, Roberto, ALMAZAN,</p>	<p>Los aisladores sísmicos se evaluarán a través de sus tipos, características y eficiencia sísmica, tomando en cuenta la clasificación, diseño, composición, el nivel de amortiguamiento, los beneficios y limitaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de aisladores.</li> <li>• Características de los aisladores sísmicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación</li> <li>• Diseño</li> <li>• Composición</li> <li>• Nivel de amortiguamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha técnica del fabricante</li> <li>• Ficha técnica del fabricante</li> </ul>

	<p>José Luis y DECHENT, Peter, 2008, Pág. 24)</p>	<p>de uso, su vida útil, los aspectos arquitectónicos, la adaptabilidad al sismo y su capacidad de restitución utilizando para ello fichas técnicas de los mismos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia antisísmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beneficios y limitaciones de uso</li> <li>• Vida útil</li> <li>• Desempeño de la estructura aislada.</li> <li>• Adaptabilidad al sismo.</li> <li>• Capacidad de restitución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha técnica del fabricante</li> <li>• Ficha de resultados sobre la observación en la aplicación ETABS.</li> </ul>
--	---	--	--	--	--

Lima, 26 de julio de 2017

Sres.

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – SEDE LIMA NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

Presente.

De nuestra Consideración:

Por medio de la presente le hacemos llegar la autorización a solicitud de la interesada para el uso de nuestra información de los proyectos realizados por PRISMA INGENIEROS, los que serán utilizados exclusivamente para uso académico en el desarrollo de tesis:

**“ANALISIS COMPARATIVO DE DIFERENTES AISLADORES SISMICOS PARA EDIFICACIONES ESENCIALES CON FINES DE REDUCCION DE DAÑOS – HOSPITAL DE ILAVE, PUNO 2017”.**

Desarrollado por Cecilia Carrillo Robles.

A su vez, se le autoriza el uso de software, equipos y material académico especializados con los que cuenta la empresa para el desarrollo de Tesis.

Atentamente.



Ing. Alejandro Muñoz Peláez  
PRISMA Ingenieros SAC.

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FACULTAD DE INGENIERIA**

Alumno: Carrillo Robles, Cecilia

<u>FICHA TECNICA: SELECCIÓN DE MUESTRA</u>	<u>Valoración</u>
<b>Proyecto de investigación:</b> Análisis comparativo con modelamiento Etabs de diferentes tipos de aisladores sísmicos en una edificación esencial: Hospital de llave, Puno 2016	1 – de acuerdo, 0 – no está de acuerdo
<b>I. POBLACION: UBICACIÓN Y DESCRIPCION GENERAL</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Población (edificación esencial): _____</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>Departamento, provincia, distrito: _____</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto impacto en el manejo de emergencias: _____</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de pabellones: _____</li> </ul>	1
<b>II. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor esbeltez en la edificación; _____</li> </ul>	0
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor área construida: _____</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor importancia en el uso de la edificación : _____</li> </ul>	1
<b>PUNTAJE</b>	6

Nombre y Apellidos: MARCOS TIMMON BÉTOR CIP: 34696

Centro Laboral: PRISMA INGENIEROS

Teléfono/email: 201-3340 / marcos.timmon@prismaing.com.

  
 ING. MARCOS TIMMON BÉTOR

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FACULTAD DE INGENIERIA**

Alumno: Carrillo Robles, Cecilia

<p align="center"><b>FICHA TECNICA: SELECCIÓN DE MUESTRA</b></p> <p><b>Proyecto de investigación:</b> Análisis comparativo con modelamiento Etabs de diferentes tipos de aisladores sísmicos en una edificación esencial: Hospital de llave, Puno 2016</p>	<p align="center"><b>Valoración</b></p> <p>1 – de acuerdo, 0 – no está de acuerdo</p>
<p><b>I. POBLACION: UBICACIÓN Y DESCRIPCION GENERAL</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población (edificación esencial): _____</li> </ul>	<p align="center">1</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Departamento, provincia, distrito: _____</li> </ul>	<p align="center">1</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto impacto en el manejo de emergencias: _____</li> </ul>	<p align="center">1</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de pabellones: _____</li> </ul>	<p align="center">1</p>
<p><b>II. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor esbeltez en la edificación; _____</li> </ul>	<p align="center">1</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor área construida: _____</li> </ul>	<p align="center">1</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor importancia en el uso de la edificación : _____</li> </ul>	<p align="center">1</p>
<p><b>PUNTAJE</b></p>	<p align="center">7</p>

Nombre y Apellidos: Alejandro Muñoz CIP: 27329

Centro Laboral: PRISMA INGENIEROS

Teléfono/email: 201-3340 / alejandro.munoz@prismaing.com

  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 27329

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FACULTAD DE INGENIERIA**

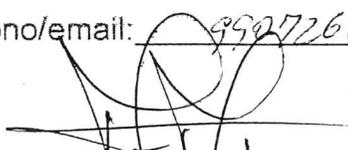
Alumno: Carrillo Robles, Cecilia

<u>FICHA TECNICA: SELECCIÓN DE MUESTRA</u>	<u>Valoración</u>
<b>Proyecto de investigación:</b> Análisis comparativo con modelamiento Etabs de diferentes tipos de aisladores sísmicos en una edificación esencial: Hospital de Ilave, Puno 2016	1 – de acuerdo, 0 – no está de acuerdo
<b>I. POBLACION: UBICACIÓN Y DESCRIPCION GENERAL</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población (edificación esencial): _____</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Departamento, provincia, distrito: _____</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto impacto en el manejo de emergencias: _____</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de pabellones: _____</li> </ul>	1
<b>II. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor esbeltez en la edificación: _____</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor área construida: _____</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor importancia en el uso de la edificación : _____</li> </ul>	1
<b>PUNTAJE</b>	<b>7</b>

Nombre y Apellidos: Edwin Moya Castro CIP: 47350

Centro Laboral: MALLKUS SRL

Teléfono/email: 950726880 / emoya67@gmail.com

  
 ING. EDWIN MOYA CASTRO  
 INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FACULTAD DE INGENIERIA

Alumno: Carrillo Robles, Cecilia .

<u>FICHA TECNICA DE CAMPO: SUELOS</u>	<u>Valoración</u>										
<p><b>Proyecto de investigación:</b> Análisis comparativo con modelamiento Etabs de diferentes tipos de aisladores sísmicos en una edificación esencial: Hospital de Ilave, Puno 2016</p>	<p>1 – de acuerdo, 0 – no está de acuerdo</p>										
<p><b>I. ASPECTOS GENERALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>• UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL</b></li> </ul> <p>Región o departamento: _____</p> <p>Provincia: _____</p> <p>Distrito: _____</p> <p>Altura: _____</p>	1										
<p><b>II. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>• PENDIENTE</b></li> </ul> <table border="1" data-bbox="256 1203 834 1318"> <tr> <td>Muy alta</td> <td>Alta</td> <td>Media</td> <td>Baja</td> <td>Plana</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Muy alta	Alta	Media	Baja	Plana						1
Muy alta	Alta	Media	Baja	Plana							
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>• FORMA DEL TERRENO</b></li> </ul> <table border="1" data-bbox="298 1437 965 1720"> <tr> <td>Valle</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Meseta</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Montaña</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Colina</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Otro: _____</td> <td> </td> </tr> </table>	Valle		Meseta		Montaña		Colina		Otro: _____		1
Valle											
Meseta											
Montaña											
Colina											
Otro: _____											

• **CARACTERISTICAS SUPERFICIALES**

Afloramientos rocosos	
Erosión	
Sellamiento superficial	
Grietas superficiales	

0

**III. ASPECTOS CLIMATICOS**

• **TIPO DE CLIMA**

Muy seco / desértico	
Cálido	
Templado / húmedo	
Frío	
Frígido / puna	
Nieve / gélido	

/

• **PRECIPITACIONES ANUALES**

Escasas	
Moderadas	
Intensas	

]

**IV. RIESGOS**

• **INCIDENCIAS GEOMORFOLÓGICAS**

Quebrada simple	
Fondo de valle	
Terraza fluvial	
Planicie	
Otros: _____	

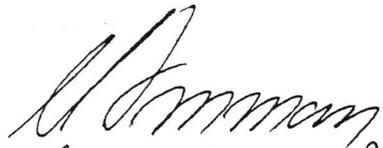
]

<ul style="list-style-type: none"> <li>• PELIGROS IDENTIFICADOS</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>Sismos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inundaciones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aluviones/ huaycos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nevadas/granizadas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Otros: _____</td> <td></td> </tr> </table>		Sismos		Inundaciones		Aluviones/ huaycos		Nevadas/granizadas		Otros: _____		/
Sismos												
Inundaciones												
Aluviones/ huaycos												
Nevadas/granizadas												
Otros: _____												
<b>PUNTAJE</b>		7										

Nombre y Apellidos: MARCOS TINAYWA BENTAR CIP: 34696

Centro Laboral: PRISMA INGENIEROS

Teléfono/email: 201-3340 / marcos.tinaywa@prismaing.com

  
 ING. MARCOS TINAYWA BENTAR

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FACULTAD DE INGENIERIA**

**Alumno:** Carrillo Robles, Cecilia

<u>FICHA TECNICA DE CAMPO: SUELOS</u>	<u>Valoración</u>										
<p><b>Proyecto de investigación:</b> Análisis comparativo con modelamiento Etabs de diferentes tipos de aisladores sísmicos en una edificación esencial: Hospital de Ilave, Puno 2016</p>	<p>1 – de acuerdo, 0 – no está de acuerdo</p>										
<p><b>I. ASPECTOS GENERALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL</b></li> </ul> <p>Región o departamento: _____</p> <p>Provincia: _____</p> <p>Distrito: _____</p> <p>Altura: _____</p>	<p>1</p>										
<p><b>II. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>PENDIENTE</b></li> </ul> <table border="1" data-bbox="245 1233 804 1345"> <tr> <td>Muy alta</td> <td>Alta</td> <td>Media</td> <td>Baja</td> <td>Plana</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Muy alta	Alta	Media	Baja	Plana						<p>1</p>
Muy alta	Alta	Media	Baja	Plana							
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>FORMA DEL TERRENO</b></li> </ul> <table border="1" data-bbox="285 1465 932 1738"> <tr> <td>Valle</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Meseta</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Montaña</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Colina</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Otro: _____</td> <td> </td> </tr> </table>	Valle		Meseta		Montaña		Colina		Otro: _____		<p>1</p>
Valle											
Meseta											
Montaña											
Colina											
Otro: _____											

• **CARACTERISTICAS SUPERFICIALES**

Afloramientos rocosos	
Erosión	
Sellamiento superficial	
Grietas superficiales	

1

III. **ASPECTOS CLIMATICOS**

• **TIPO DE CLIMA**

Muy seco / desértico	
Cálido	
Templado / húmedo	
Frío	
Frígido / puna	
Nieve / gélido	

1

• **PRECIPITACIONES ANUALES**

Escasas	
Moderadas	
Intensas	

1

IV. **RIESGOS**

• **INCIDENCIAS GEOMORFOLÓGICAS**

Quebrada simple	
Fondo de valle	
Terraza fluvial	
Planicie	
Otros: _____	

1

<ul style="list-style-type: none"> <li>• PELIGROS IDENTIFICADOS</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>Sismos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inundaciones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aluviones/ huaycos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nevadas/granizadas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Otros: _____</td> <td></td> </tr> </table>		Sismos		Inundaciones		Aluviones/ huaycos		Nevadas/granizadas		Otros: _____		1
Sismos												
Inundaciones												
Aluviones/ huaycos												
Nevadas/granizadas												
Otros: _____												
PUNTAJE		8										

Nombre y Apellidos: Alejandro Muñoz Peláez CIP: 27329

Centro Laboral: PRISMA INGENIEROS

Teléfono/email: 201-3340 / alejandro.munoz@prismaing.com

  
**JUAN ALEJANDRO MUÑOZ PELÁEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 27329

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FACULTAD DE INGENIERIA**

Alumno: Carrillo Robles, Cecilia

<u>FICHA TECNICA DE CAMPO: SUELOS</u>	<u>Valoración</u>										
<p><b>Proyecto de investigación:</b> Análisis comparativo con modelamiento Etabs de diferentes tipos de aisladores sísmicos en una edificación esencial: Hospital de llave, Puno 2016</p>	<p>1 – de acuerdo, 0 – no está de acuerdo</p>										
<p><b>I. ASPECTOS GENERALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL</b></li> </ul> <p>Región o departamento: _____</p> <p>Provincia: _____</p> <p>Distrito: _____</p> <p>Altura: _____</p>	<p>/</p>										
<p><b>II. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>PENDIENTE</b></li> </ul> <table border="1" data-bbox="240 1152 818 1267"> <tr> <td>Muy alta</td> <td>Alta</td> <td>Media</td> <td>Baja</td> <td>Plana</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Muy alta	Alta	Media	Baja	Plana						<p>/</p>
Muy alta	Alta	Media	Baja	Plana							
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>FORMA DEL TERRENO</b></li> </ul> <table border="1" data-bbox="284 1389 952 1672"> <tr> <td>Valle</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Meseta</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Montaña</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Colina</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Otro: _____</td> <td> </td> </tr> </table>	Valle		Meseta		Montaña		Colina		Otro: _____		<p>/</p>
Valle											
Meseta											
Montaña											
Colina											
Otro: _____											

  
 ING. EDITH MOYA CASANOVA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 47350

• **CARACTERISTICAS SUPERFICIALES**

Afloramientos rocosos	
Erosión	
Sellamiento superficial	
Grietas superficiales	

1

III. **ASPECTOS CLIMATICOS**

• **TIPO DE CLIMA**

Muy seco / desértico	
Cálido	
Templado / húmedo	
Frío	
Frígido / puna	
Nieve / gélido	

1

• **PRECIPITACIONES ANUALES**

Escasas	
Moderadas	
Intensas	

1

IV. **RIESGOS**

• **INCIDENCIAS GEOMORFOLÓGICAS**

Quebrada simple	
Fondo de valle	
Terraza fluvial	
Planicie	
Otros: _____	

1

  
 ING. EDUARDO CASTRO  
 INGENIERO CIVIL  
 C.P. N° 47050

<ul style="list-style-type: none"> <li>• PELIGROS IDENTIFICADOS</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>Sismos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inundaciones</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aluviones/ huaycos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nevadas/granizadas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Otros: _____</td> <td></td> </tr> </table>		Sismos		Inundaciones		Aluviones/ huaycos		Nevadas/granizadas		Otros: _____		1
Sismos												
Inundaciones												
Aluviones/ huaycos												
Nevadas/granizadas												
Otros: _____												
PUNTAJE		8										

Nombre y Apellidos: Edwin Moya Cosho CIP: 47350

Centro Laboral: MAUKUS SRL

Teléfono/email: 990726880 / emoya67@gmail.com

  
 \_\_\_\_\_  
 INGENIERO CIVIL  
 C.P. N° 47350

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FACULTAD DE INGENIERIA

Alumno: Carrillo Robles, Cecilia

<u>FICHA DE RESULTADOS; MODELAMIENTO ETABS</u>				<u>Valoración</u>
Proyecto de investigación: Análisis comparativo con modelamiento Etabs de diferentes tipos de aisladores sísmicos en una edificación esencial: Hospital de llave, Puno 2016				1 – de acuerdo, 0 – no está de acuerdo
<b>I. DATOS GENERALES DE LA MUESTRA</b>				
• Resistencia a la compresión (f'c): _____				1
• Esbeltez : _____				1
• Número de pisos: _____				0
<b>II. RESULTADOS DEL MODELAMIENTO PARA TERREMOTOS EN PERIODOS DE 50 AÑOS</b>				
Respuesta del modelamiento tiempo - historia	AISLADOR SISMICO			
	HDRB	LRB	FPS	
Aceleración absoluta del piso superior				1
Coefficiente sísmico				1
Deriva máxima				1
Desplazamiento en la base				1
<b>PUNTAJE</b>				6

Nombre y Apellidos: MARCOS TINMAN BERTAR CIP: 34696

Centro Laboral: PRISMA INGENIEROS

Teléfono/email: 201-3340 / marcos.tinman@prismoing.com

  
 Ing MARCOS TINMAN BERTAR

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FACULTAD DE INGENIERIA**

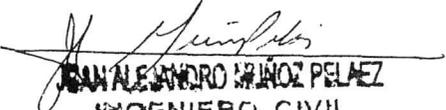
Alumno: Carrillo Robles, Cecilia

<b><u>FICHA DE RESULTADOS; MODELAMIENTO ETABS</u></b>				<b><u>Valoración</u></b>
<b>Proyecto de investigación:</b> Análisis comparativo con modelamiento Etabs de diferentes tipos de aisladores sísmicos en una edificación esencial: Hospital de llave, Puno 2016				1 – de acuerdo, 0 – no está de acuerdo
<b>I. DATOS GENERALES DE LA MUESTRA</b>				
• Resistencia a la compresión (f'c): _____				1
• Esbeltez : _____				1
• Número de pisos: _____				1
<b>II. RESULTADOS DEL MODELAMIENTO PARA TERREMOTOS EN PERIODOS DE 500 AÑOS</b>				
Respuesta del modelamiento tiempo - historia	AISLADOR SISMICO			
	HDRB	LRB	FPS	
Aceleración absoluta del piso superior				1
Coeficiente sísmico				1
Deriva máxima				1
Desplazamiento en la base				1
<b>PUNTAJE</b>				<b>7</b>

Nombre y Apellidos: Alejandro Muñoz Peláez CIP: 27329

Centro Laboral: PRISMA INGENIEROS

Teléfono/email: 201-3340 / alejandro.munoz@prismaing.com

  
**JEAN ALEJANDRO MUÑOZ PELÁEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 27329

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FACULTAD DE INGENIERIA**

Alumno: Carrillo Robles, Cecilia

<b><u>FICHA DE RESULTADOS; MODELAMIENTO ETABS</u></b>				<b><u>Valoración</u></b>
Proyecto de investigación: Análisis comparativo con modelamiento Etabs de diferentes tipos de aisladores sísmicos en una edificación esencial: Hospital de Ilave, Puno 2016				1 – de acuerdo, 0 – no está de acuerdo
<b>I. DATOS GENERALES DE LA MUESTRA</b>				
• Resistencia a la compresión (f'c): _____				1
• Esbeltez : _____				1
• Número de pisos: _____				1
<b>II. RESULTADOS DEL MODELAMIENTO PARA TERREMOTOS EN PERIODOS DE 500 AÑOS</b>				
Respuesta del modelamiento tiempo - historia	AISLADOR SISMICO			
	HDRB	LRB	FPS	
Aceleración absoluta del piso superior				1
Coefficiente sísmico				1
Deriva máxima				1
Desplazamiento en la base				1
<b>PUNTAJE</b>				<b>7</b>

Nombre y Apellidos: Edwin Moya Carbo CIP: 47350

Centro Laboral: MAUKUS SRL

Teléfono/email: 990726880 / gmail.com

  
 ING. EDWIN MOYA CASTRO  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 47350

# SRAC CERTSERV

NOTIFIED BODY No 1835

Certificate of constancy of performance  
1835 - CPR

# SRAC CERTSERV

NOTIFIED BODY No. 1835

Certificate of constancy of performance,  
1835 - CPR - 00-0011

In compliance with Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 (the Construction products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction products

# SRAC CERTSERV

NOTIFIED BODY No 1835

Certificate of constancy of performance,  
1835 - CPR - 00-0013

In compliance with Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 (the Construction products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction products

## ANTISEISMIC DEVICES, SEISMIC ISOLATORS, CURVED AND FLAT SURFACE SLIDERS ISOLATORS

used in buildings and civil engineering works where requirements on individual products are critical and whose characteristics are detailed in the Annexes 1 and 2

placed on the market under the name or trade mark of

FIP INDUSTRIALE S.p.A.  
Via Scapacchio 41, 35030, Selvazzano Dentro, Padova, Italy

and produced in the manufacturing plant

FIP INDUSTRIALE S.p.A.  
Via Scapacchio 41, 35030, Selvazzano Dentro, Padova, Italy.

This certificate attests that all provisions concerning the assessment and verification of constancy of performance (AVCP) described in Annex ZA of the standard

EN 15129:2009 §§ 8.3 and 8.4

under system 1 for the performance set out in this certificate are applied and that the factory production control, conducted by the manufacturer is assessed to ensure the

constancy of performance of the construction product.

This certificate was first issued on 19.01.2011 and will remain valid as long as neither the harmonised standard, the construction product, the AVCP methods nor the manufacturing conditions in the plant are modified significantly, unless suspended or withdrawn by the notified product certification body

15.01.2016

Administrator General Director,  
Gabriel IONESCU

5 Theodor Buzadea Street, Sector 1, Bucharest 010215 ROMANIA

Administrator General Director,  
Gabriel IONESCU



5 Theodor Buzadea Street, Sector 1, Bucharest 010215 ROMANIA

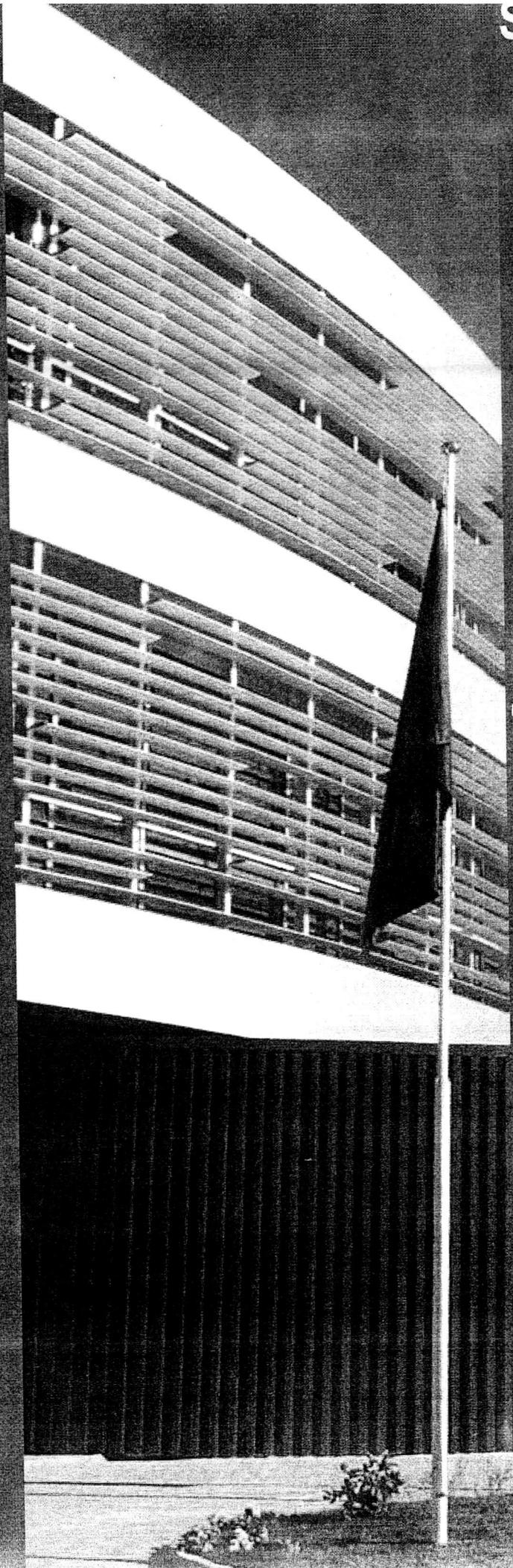
Administrator General Director,  
Gabriel IONESCU



5 Theodor Buzadea Street, Sector 1, Bucharest 010215 ROMANIA

ISLADORES ELASTOMÉRICOS serie SI

SO



ISLADORES ELASTOMÉRICOS

**FIP INDUSTRIALE**  
leading technologies

# INTRODUCCIÓN

## CERTIFICACIÓN

La certificación ISO 9001, obtenida en 1992, asegura que el mismo nivel de calidad sea mantenido desde la etapa de diseño pasando por la fabricación hasta la instalación, mientras la Certificación OHS 618800 avala la aplicación por parte de **FIP Industriale** de un Sistema de Gestión de la Seguridad y de la Salud Ocupacional en cumplimiento con los requerimientos de la norma BS OHSAS 18001:2007.

**FIP Industriale** se enorgullece en ser la primera empresa italiana en producir apoyos estructurales, dispositivos antisísmicos, y juntas de dilatación contando con un sistema de calidad al más alto nivel, garantizando la misma calidad y confiabilidad desde el diseño hasta la asistencia al cliente. La certificación se obtuvo luego de una evaluación muy rigurosa por parte de una organización reconocida internacionalmente.

Dentro del contexto de armonización de las directivas Europeas sobre los Productos de Construcción, **FIP Industriale** obtuvo el marcado **CE** para los distintos dispositivos antisísmicos, incluidos los aisladores elastoméricos, de acuerdo con las normas Europeas EN 15129:2009 *Dispositivos Antisísmicos*.



CISQ



OHS 618800



## BIM READY

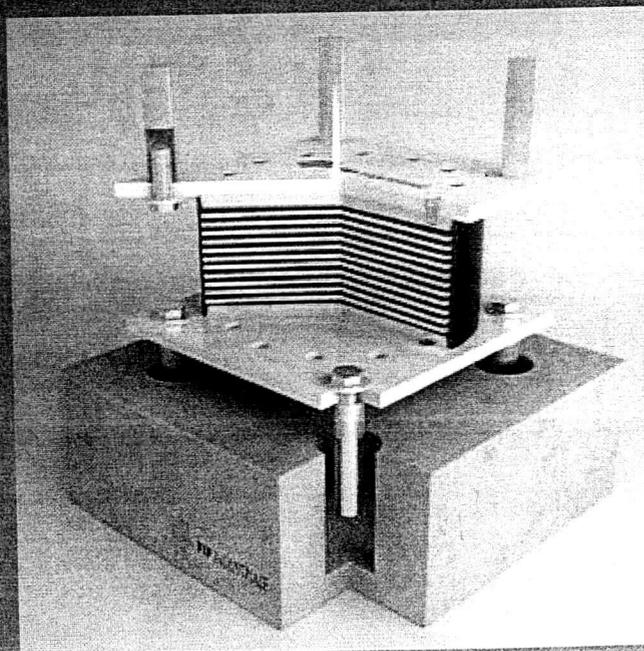
Proceso de generación y gestión de datos digitales compartidos para facilitar el diseño, la construcción y la operatividad de una estructura, en base a un procedimiento deliberativo realista e interactivo que permite al contratista – público o privado – participar de todos los procesos decisionales.

**FIP Industriale** está capacitada para brindar a sus clientes modelos BIM – según el formato IFC – para poder mantener la comunicación, la cooperación, la simulación y la mejora de un proyecto a través del ciclo de vida completo de una obra construida o en construcción.

## DESCRIPCIÓN

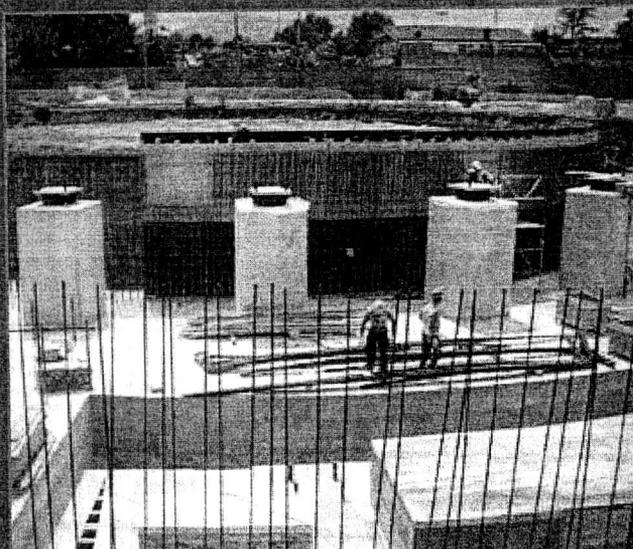
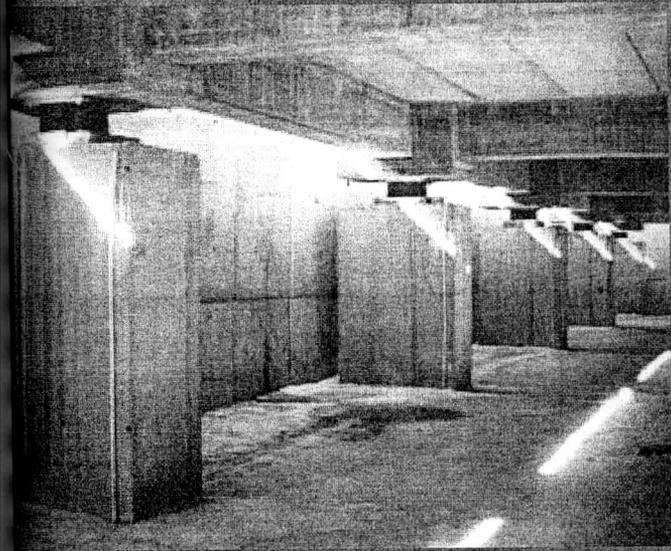
Los aisladores elastoméricos serie **SI** son apoyos de goma reforzada, compuestos por láminas de acero y goma vulcanizados. Generalmente, tienen una forma circular, pero pueden también fabricarse en forma cuadrada o rectangular. Estos dispositivos se caracterizan por una rigidez horizontal baja, una rigidez vertical alta, y una adecuada capacidad de amortiguación. Estas características permiten, respectivamente, aumentar el período fundamental de vibración de la estructura, soportar cargas verticales sin que la estructura se resienta notablemente, y limitar los desplazamientos horizontales en las estructuras aisladas sísmicamente.

Los parámetros fundamentales de diseño utilizados para determinar la rigidez vertical y horizontal son las características geométricas de los aisladores (dimensiones totales, espesor de una sola capa, etc.) y las características mecánicas del elastómero. La capacidad de amortiguación de los aisladores está determinada por el tipo de compuesto elastomérico, que en general tiene una alta capacidad de amortiguación.

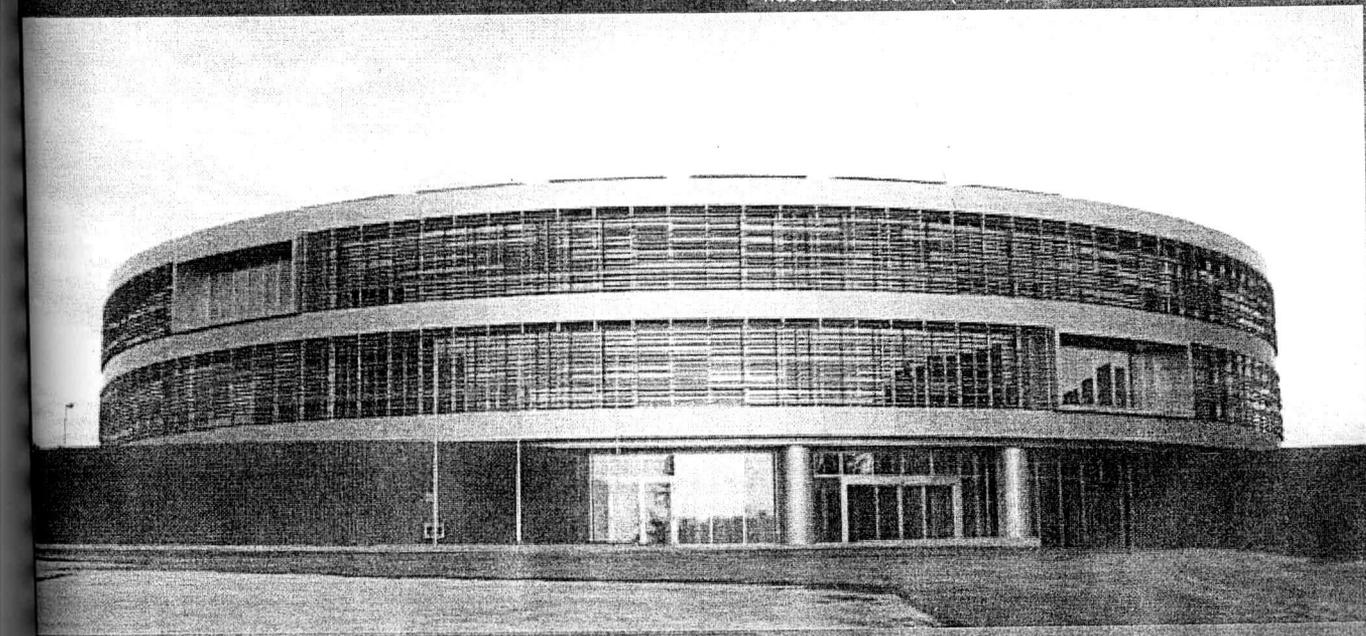




UDINE, ITALIA - Hospital "Gervasutta"



L'AQUILA, ITALIA - Empresa nacional de carreteras, nueva sede central (Anas)



# CARACTERÍSTICAS

## ELASTÓMERO

compuesto de goma utilizado en la producción de aisladores elastoméricos serie SI se caracteriza por un módulo de cizallamiento efectivo dinámico  $G_{din}$  que varía entre 0.4 MPa y 1.4 MPa, y por el factor de amortiguación equivalente del 10% o 15% según el criterio del ingeniero diseñador.

La tabla más abajo muestra algunas de las características físicas y mecánicas de los tres compuestos de goma estándar obtenidas según las normas Italianas UNI y las Reglamentaciones Sísmicas Italianas NTC-DM 14/01/2008.

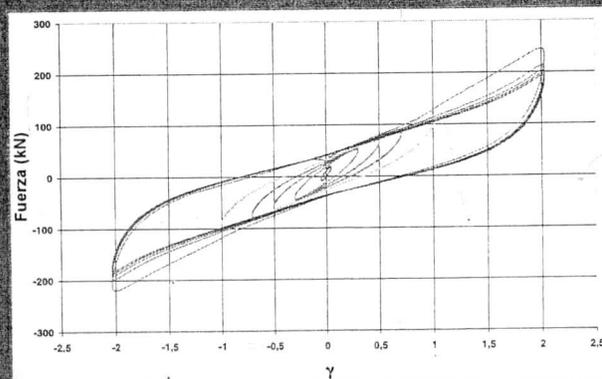
CARACTERÍSTICAS	COMPOSICIÓN		
	BLANDA (S)	NORMAL (N)	DURA (H)
Dureza (Shore A)	40	60	75
Módulo de cizallamiento dinámico $G_{din}$ con $\gamma = 1$ (MPa)	0.4	0.8	1.4
Factor de amortiguación viscosa $\xi$ equivalente con $\gamma = 1$ (%)	10 / 15	10 / 15	10 / 15

Los compuestos de goma de alta amortiguación se caracterizan por una variación significativa del módulo de cizallamiento dinámico  $G_{din}$ , donde el factor de fiabilidad es menor que 0.5. Esto permite evitar desplazamientos excesivos causados por excitaciones dinámicas de baja intensidad como los producidos por el viento.

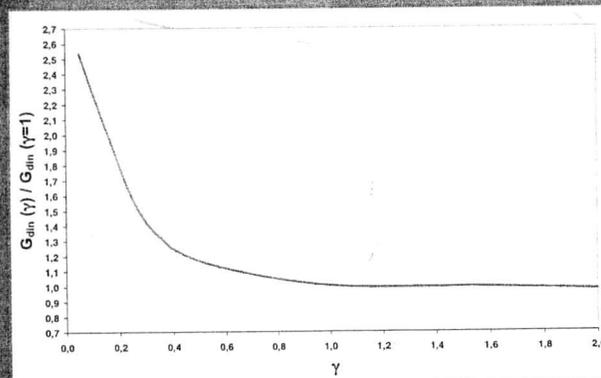
El valor  $G_{din}$  permanece prácticamente constante para los valores  $\gamma$  entre 0 y 1, correspondientes a desplazamientos sísmicos de diseño. El factor de amortiguación viscoso equivalente  $\xi$  varía también como función del factor de fiabilidad  $\gamma$ .

Los gráficos adjuntos muestran el comportamiento típico del módulo de cizallamiento efectivo dinámico  $G_{din}$  y el factor de amortiguación viscoso equivalente  $\xi$ , normalizados con relación a sus valores respectivos de  $\gamma=1$ , en función del factor de fiabilidad del elastómero  $\gamma$ .

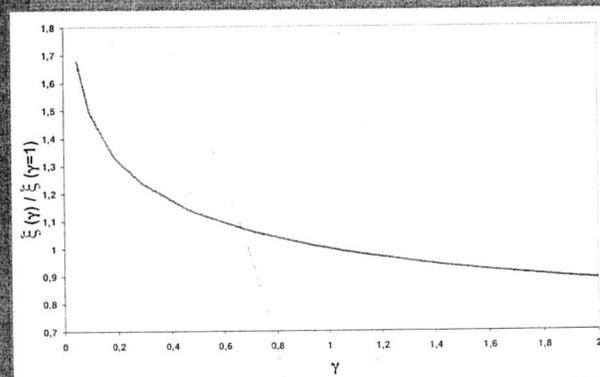
Los compuestos contienen aditivos antienviejecimiento tóxicos, los cuales garantizan una variación limitada de las características físicas y mecánicas en el tiempo, como lo establecido a través de los ensayos artificiales de envejecimiento (21 días a 70°C de acuerdo con la norma NTC-DM 14/01/2008).



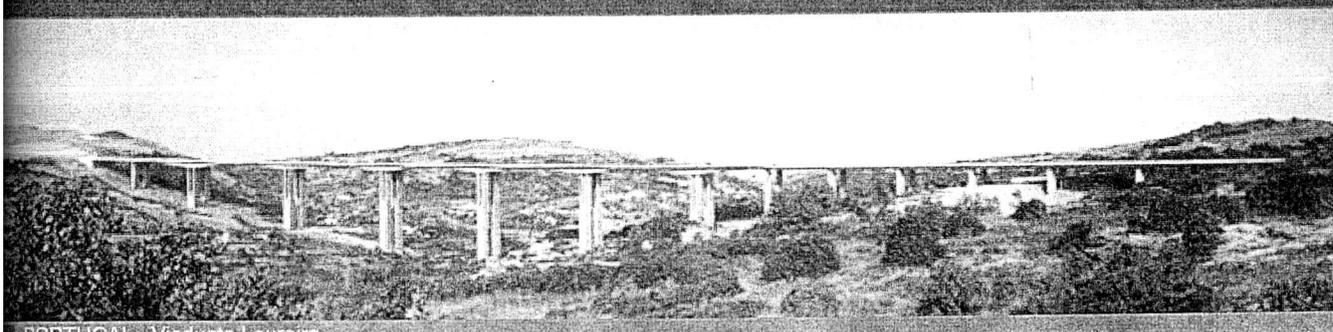
Curva histerética típica de un aislador elastomérico obtenida durante los ensayos dinámicos con amplitud de deformación de corte creciente.



Variación media en el módulo de corte dinámico efectivo  $G_{din}$  como función de la deformación de corte  $\gamma$ .



Variación media del coeficiente de amortiguación viscoso equivalente  $\xi$  como función de la deformación de corte  $\gamma$ .



# CRITERIOS DE DISEÑO Y PRODUCCION

## NORMAS

Los aisladores serie SI pueden ser producidos ad hoc según las distintas normas internacionales (EN 15129, AASHTO, etc.).

Sin embargo, los aisladores estándar en este catálogo han sido diseñados en conformidad con las normas sísmicas italianas (NTC-DM 14/01/2008), basadas tanto en el Eurocode 8 como en la norma EN 1337-3:2005 (Apoyos estructurales. Parte 3: apoyos elastoméricos), correspondientes a las condiciones de servicio normales en el ELU, no sísmicas.

## CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Los aisladores elastoméricos estándar han sido diseñados según siete valores distintos de desplazamiento máximo, de 100 a 400 mm, y sus características geométricas y mecánicas se consignan en las tablas siguientes. Este tipo de desplazamiento se entiende como desplazamiento máximo de diseño en el ELU, factorizado por el factor de confiabilidad creciente, según el Eurocode 8. La carga vertical  $V$  indicada en las siguientes tablas es el valor máximo admisible sobre el aislador en presencia de un movimiento sísmico que provoca el desplazamiento citado anteriormente. Se asume una rotación nula para la implementación de aisladores en edificios. Se asume un desplazamiento de 10mm en condiciones normales de servicio (aportado por expansión térmica).

El Departamento Técnico de FIP Industriale está a disposición del ingeniero diseñador para controlar que los aisladores estándar no hayan sufrido desplazamientos y rotaciones diferentes de las asumidas, y para diseñar aisladores ad hoc distintos de los estándar.

## SISTEMAS DE ANCLAJE

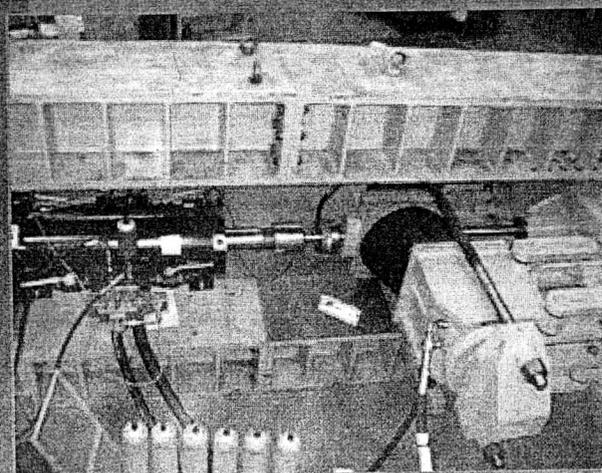
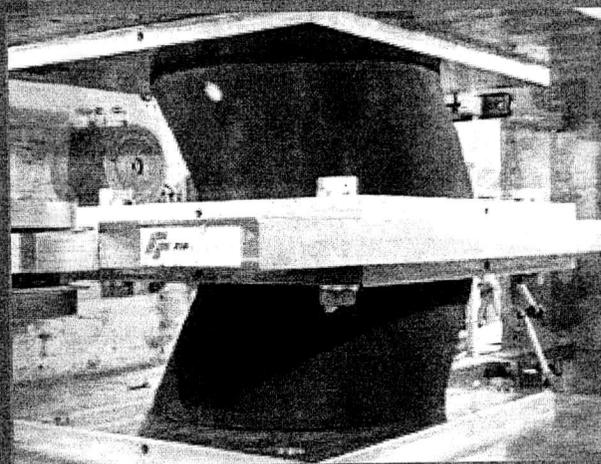
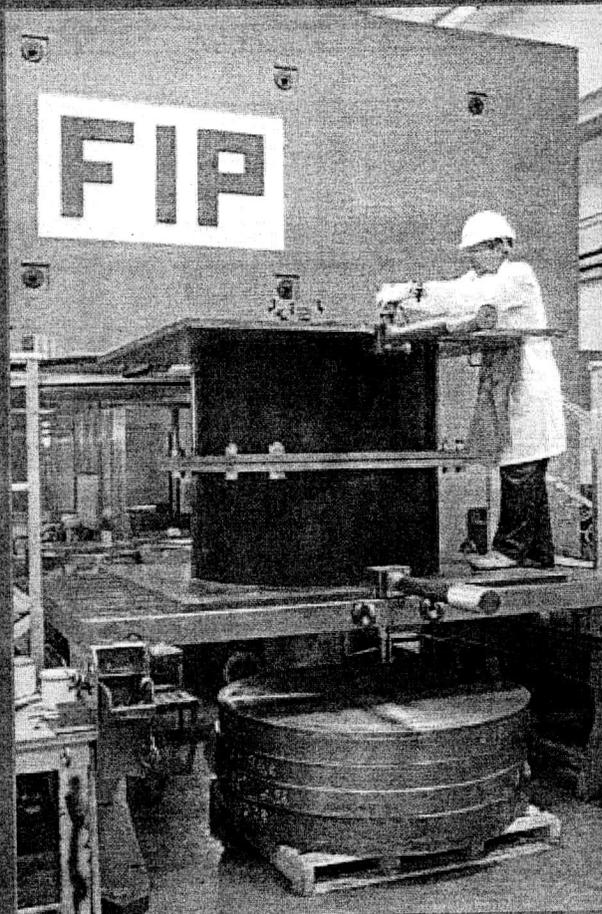
Los aisladores elastoméricos cuentan con un sistema de anclaje mecánico, el cual absorbe las cargas horizontales de acuerdo a las normas italianas e internacionales.

## CONTROL DE CALIDAD

El sistema interno de control de calidad de FIP Industriale asegura la conformidad del producto según los distintos requisitos del proyecto, garantizando la calidad de los materiales y el proceso de fabricación.

## ENSAYOS DE CALIFICACIÓN Y ACEPTACIÓN

El laboratorio de ensayos de FIP Industriale está equipado para realizar ensayos de calificación y aceptación sobre los aisladores elastoméricos. Los aisladores serie SI han sido ensayados tanto a través laboratorios independientes como en obra por medio de ensayos de liberación y oscilación de un edificio completamente aislado sísmicamente.



## INSTALACIÓN

El típico procedimiento de instalación de un aislador instalado en su parte inferior y superior para reforzar las estructuras hormigonadas en obra comprende las siguientes fases:

hormigonado de la subestructura hasta unos centímetros más abajo del aislador, dejando espacios para los casquillos de anclaje con un diámetro al menos el doble de los casquillos de anclaje mismos;

posicionamiento del aislador a nivel de diseño y nivelación de su base horizontalmente;

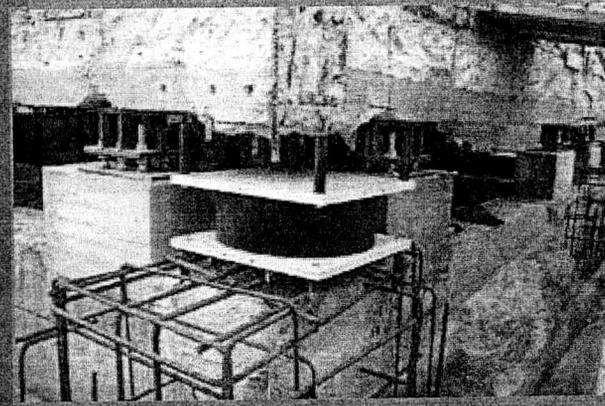
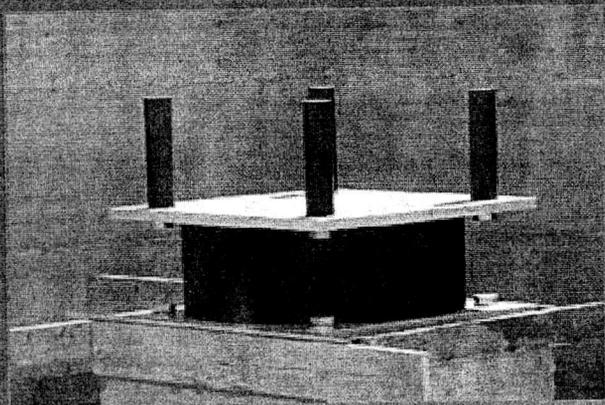
construcción de un encofrado un poco más grande que el aislador y un centímetro más alto que su lado inferior;

enluchado (con un mortero epoxy o cemento anti-retracción) hasta un espesor sugerido de entre 2 y 5cm;

atornillado de los casquillos de anclaje superiores al aislador (si no han sido ya fijados);

ajustado del encofrado superior adaptándolo muy cerca de la plancha superior del aislador;

posicionamiento del refuerzo de la superestructura, seguido del hormigonado.

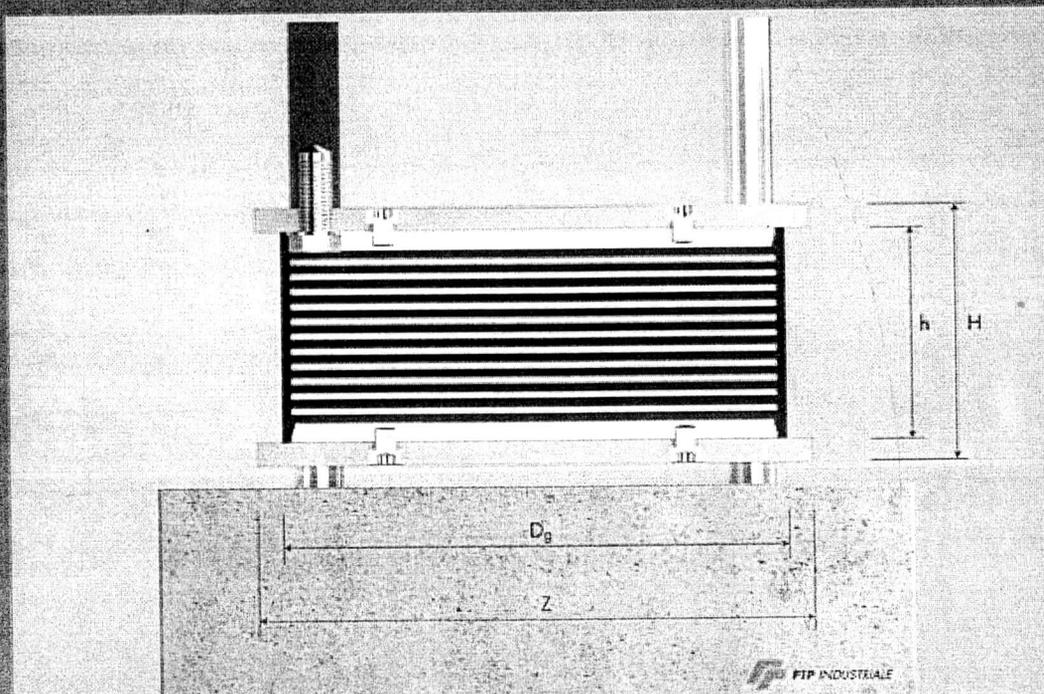


## IDENTIFICACIÓN

Los aisladores elastoméricos están identificados con la marca **SI** (aislador sísmico) seguida de una letra (S, N, H para indicar respectivamente el tipo de composición de la goma: blanda, normal y dura) y dos números. El primer número representa el diámetro en milímetros, y el segundo indica el espesor total de las láminas de goma en milímetros.

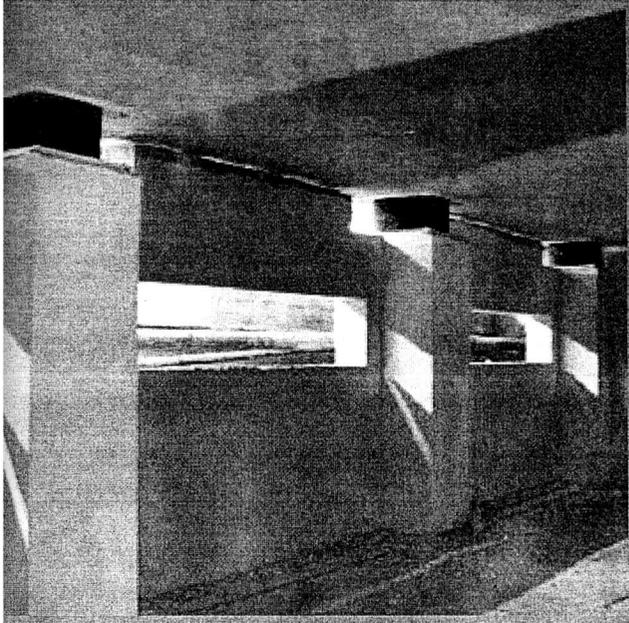
Ejemplo:

**SI-S 800/130** aislador elastomérico, diámetro de 800 mm, fabricado con un compuesto elastomérico de tipo blando con láminas de goma con un espesor total de 130 mm.





OLIGNO, ITALIA - Centro de protección civil



# DESPLAZAMIENTO $\pm 100$ mm

SI-S	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-S 300/52	490	1860	0.54	584	300	52	116	166	350	84
SI-S 350/50	700	3010	0.77	779	350	50	108	158	400	109
SI-S 400/50	1150	4680	1.01	1246	400	50	108	158	450	140
SI-S 450/54	1540	5770	1.18	1369	450	54	118	168	500	183
SI-S 500/54	2230	8050	1.45	1962	500	54	118	168	550	224
SI-S 550/56	2720	9310	1.70	2153	550	56	117	167	600	265
SI-S 600/56	3200	10310	2.02	2438	600	56	114	164	650	307
SI-S 650/54	3650	10830	2.46	2848	650	54	109	159	700	351
SI-S 700/60	4460	11370	2.57	2871	700	60	125	185	750	481
SI-S 800/60	6930	14990	3.35	4519	800	60	125	185	850	624
SI-S 900/60	8480	21220	4.24	5317	900	60	126	186	950	790
SI-S 1000/70	10940	22590	4.49	5316	1000	70	146	226	1050	1214
SI-S 1100/70	14840	27460	5.43	7324	1100	70	146	226	1150	1463
SI-S 1200/80	17990	28700	5.66	7224	1200	80	156	236	1250	1750

SI-N	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-N 300/52	920	2610	1.09	879	300	52	116	166	350	84
SI-N 350/50	1400	3510	1.54	1195	350	50	108	158	400	109
SI-N 400/50	2300	4680	2.01	1824	400	50	108	158	450	140
SI-N 450/54	3080	7510	2.36	2044	450	54	118	168	500	183
SI-N 500/54	4470	9380	2.91	2822	500	54	118	168	550	224
SI-N 550/56	5440	9820	3.39	3156	550	56	117	167	600	265
SI-N 600/56	6410	10310	4.04	3627	600	56	114	164	650	307
SI-N 650/54	7310	10830	4.92	4286	650	54	109	159	700	351
SI-N 700/60	8920	11370	5.13	4362	700	60	125	185	750	481
SI-N 800/60	12690	14990	6.70	6557	800	60	125	185	850	624
SI-N 900/60	16960	21220	8.48	7879	900	60	126	186	950	790
SI-N 1000/70	19830	22590	8.98	8000	1000	70	146	226	1050	1214
SI-N 1100/70	24420	27460	10.86	10668	1100	70	146	226	1150	1463
SI-N 1200/80	25800	28700	11.31	10684	1200	80	156	236	1250	1750

SI-H	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-H 300/52	920	2610	1.90	1122	300	52	116	166	350	84
SI-H 350/50	2240	3510	2.69	1550	350	50	108	158	400	109
SI-H 400/50	3200	4680	3.52	2276	400	50	108	158	450	140
SI-H 450/54	5400	7510	4.12	2592	450	54	118	168	500	183
SI-H 500/54	7040	9380	5.09	3475	500	54	118	168	550	224
SI-H 550/56	7610	9820	5.94	3944	550	56	117	167	600	265
SI-H 600/56	8190	10310	7.07	4585	600	56	114	164	650	307
SI-H 650/54	8770	10830	8.60	5470	650	54	109	159	700	351
SI-H 700/60	9370	11370	8.98	5612	700	60	125	185	750	481
SI-H 800/60	12690	14990	11.73	8129	800	60	125	185	850	624
SI-H 900/60	18340	21220	14.84	9930	900	60	126	186	950	790
SI-H 1000/70	19830	22590	15.71	10210	1000	70	146	226	1050	1214
SI-H 1100/70	24420	27460	19.01	13263	1100	70	146	226	1150	1463
SI-H 1200/80	25800	28700	19.79	13443	1200	80	156	236	1250	1750

## Leyenda:

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en combinaciones no sísmicas, en ELU, concurrente con una rotación 0 y desplazamiento horizontal 10 mm
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro del elastómero
t <sub>e</sub>	Espesor total del elastómero
h	Altura excluyendo las placas de acero externas
H	Altura total incluyendo las placas de acero externas
Z	Longitud total (incluidas las placas de acero externas)
W	Peso del aislador excluyendo elementos de anclaje

# DESPLAZAMIENTO $\pm 150$ mm

SI-S	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-S 300/76	270	1270	0.37	400	300	76	152	202	350	92
SI-S 350/75	490	2000	0.51	519	350	75	143	193	400	118
SI-S 400/75	880	3540	0.67	830	400	75	143	193	450	153
SI-S 450/78	1200	4660	0.82	948	450	78	154	204	500	202
SI-S 500/78	1800	7260	1.01	1358	500	78	154	204	550	247
SI-S 550/77	2190	9380	1.23	1566	550	77	147	197	600	287
SI-S 600/80	2690	10310	1.41	1707	600	80	147	197	650	335
SI-S 650/81	3200	10830	1.64	1898	650	81	145	195	700	384
SI-S 700/80	3710	11370	1.92	2153	700	80	151	211	750	508
SI-S 800/80	5870	14990	2.51	3389	800	80	151	211	850	659
SI-S 900/84	7490	21220	3.03	3798	900	84	158	218	950	848
SI-S 1000/84	9110	22590	3.74	4430	1000	84	164	244	1050	1252
SI-S 1100/84	12470	27460	4.53	6103	1100	84	164	244	1150	1509
SI-S 1200/96	15490	28700	4.71	6020	1200	96	176	256	1250	1807

SI-N	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-N 300/76	550	1780	0.74	602	300	76	152	202	350	92
SI-N 350/75	990	2800	1.03	796	350	75	143	193	400	118
SI-N 400/75	1760	4680	1.34	1216	400	75	143	193	450	153
SI-N 450/78	2410	6530	1.63	1415	450	78	154	204	500	202
SI-N 500/78	3610	9380	2.01	1954	500	78	154	204	550	247
SI-N 550/77	4380	9820	2.47	2296	550	77	147	197	600	287
SI-N 600/80	5380	10310	2.83	2539	600	80	147	197	650	335
SI-N 650/81	6400	10830	3.28	2857	650	81	145	195	700	384
SI-N 700/80	7420	11370	3.85	3272	700	80	151	211	750	508
SI-N 800/80	11470	14990	5.03	4918	800	80	151	211	850	659
SI-N 900/84	14980	21220	6.06	5628	900	84	158	218	950	848
SI-N 1000/84	18230	22590	7.48	6667	1000	84	164	244	1050	1252
SI-N 1100/84	22800	27460	9.05	8890	1100	84	164	244	1150	1509
SI-N 1200/96	24240	28700	9.43	8903	1200	96	176	256	1250	1807

SI-H	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-H 300/76	970	3060	1.30	768	300	76	152	202	350	92
SI-H 350/75	1590	3510	1.80	1033	350	75	143	193	400	118
SI-H 400/75	2450	4680	2.35	1518	400	75	143	193	450	153
SI-H 450/78	4220	7510	2.86	1794	450	78	154	204	500	202
SI-H 500/78	5820	9380	3.52	2406	500	78	154	204	550	247
SI-H 550/77	6440	9820	4.32	2868	550	77	147	197	600	287
SI-H 600/80	7060	10310	4.95	3209	600	80	147	197	650	335
SI-H 650/81	7690	10830	5.74	3646	650	81	145	195	700	384
SI-H 700/80	8310	11370	6.74	4209	700	80	151	211	750	508
SI-H 800/80	11470	14990	8.80	6096	800	80	151	211	850	659
SI-H 900/84	16810	21220	10.60	7093	900	84	158	218	950	848
SI-H 1000/84	18360	22590	13.09	8508	1000	84	164	244	1050	1252
SI-H 1100/84	22800	27460	15.84	11052	1100	84	164	244	1150	1509
SI-H 1200/96	24240	28700	16.49	11203	1200	96	176	256	1250	1807

## Leyenda:

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en combinaciones no sísmicas, en ELU, concurrente con una rotación 0 y desplazamiento horizontal 10 mm
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro del elastómero
t <sub>e</sub>	Espesor total del elastómero
h	Altura excluyendo las placas de acero externas
H	Altura total incluyendo las placas de acero externas
Z	Longitud total (incluidas las placas de acero externas)
W	Peso del aislador excluyendo elementos de anclaje

# DESPLAZAMIENTO $\pm 200$ mm

SI-S	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-S 300/100	105	960	0.28	304	300	100	188	238	350	100
SI-S 350/100	250	1500	0.39	389	350	100	178	228	400	128
SI-S 400/100	590	2650	0.50	623	400	100	178	228	450	166
SI-S 450/102	900	3570	0.62	725	450	102	190	240	500	220
SI-S 500/102	1420	3970	0.77	1038	500	102	190	240	550	270
SI-S 550/105	1830	6890	0.91	1148	550	105	187	237	600	316
SI-S 600/104	2230	8750	1.09	1313	600	104	180	230	650	362
SI-S 650/108	2760	10430	1.23	1424	650	108	181	231	700	418
SI-S 700/100	3110	11370	1.54	1722	700	100	177	237	750	535
SI-S 800/100	5040	14990	2.01	2711	800	100	177	237	850	694
SI-S 900/108	6670	21220	2.36	2954	900	108	190	250	950	905
SI-S 1000/112	8390	22590	2.81	3322	1000	112	200	280	1050	1327
SI-S 1100/112	11590	27460	3.39	4577	1100	112	200	280	1150	1600
SI-S 1200/112	13570	28700	4.04	5160	1200	112	196	276	1250	1865

SI-N	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-N 300/100	210	1350	0.57	457	300	100	188	238	350	100
SI-N 350/100	510	2100	0.77	597	350	100	178	228	400	128
SI-N 400/100	1180	3720	1.01	912	400	100	178	228	450	166
SI-N 450/102	1810	4990	1.25	1082	450	102	190	240	500	220
SI-N 500/102	2840	7780	1.54	1494	500	102	190	240	550	270
SI-N 550/105	3660	9650	1.81	1683	550	105	187	237	600	316
SI-N 600/104	4470	10310	2.18	1953	600	104	180	230	650	362
SI-N 650/108	5520	10830	2.46	2143	650	108	181	231	700	418
SI-N 700/100	6230	11370	3.08	2617	700	100	177	237	750	535
SI-N 800/100	10090	14990	4.02	3934	800	100	177	237	850	694
SI-N 900/108	13350	21220	4.71	4377	900	108	190	250	950	905
SI-N 1000/112	16780	22590	5.61	5000	1000	112	200	280	1050	1327
SI-N 1100/112	21190	27460	6.79	6667	1100	112	200	280	1150	1600
SI-N 1200/112	22700	28700	8.08	7631	1200	112	196	276	1250	1865

SI-H	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-H 300/100	370	2320	0.99	583	300	100	188	238	350	100
SI-H 350/100	900	3510	1.35	775	350	100	178	228	400	128
SI-H 400/100	1720	4680	1.76	1138	400	100	178	228	450	166
SI-H 450/102	3170	7510	2.18	1372	450	102	190	240	500	220
SI-H 500/102	4640	9380	2.70	1840	500	102	190	240	550	270
SI-H 550/105	5310	9820	3.17	2103	550	105	187	237	600	316
SI-H 600/104	5970	10310	3.81	2469	600	104	180	230	650	362
SI-H 650/108	6620	10830	4.30	2735	650	108	181	231	700	418
SI-H 700/100	7270	11370	5.39	3367	700	100	177	237	750	535
SI-H 800/100	10260	14990	7.04	4877	800	100	177	237	850	694
SI-H 900/108	15290	21220	8.25	5517	900	108	190	250	950	905
SI-H 1000/112	16910	22590	9.82	6381	1000	112	200	280	1050	1327
SI-H 1100/112	21190	27460	11.88	8289	1100	112	200	280	1150	1600
SI-H 1200/112	22700	28700	14.14	9602	1200	112	196	276	1250	1865

## Leyenda:

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en combinaciones no sísmicas, en ELU, concurrente con una rotación 0 y desplazamiento horizontal 10 mm
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro del elastómero
t <sub>e</sub>	Espesor total del elastómero
h	Altura excluyendo las planchas de acero externas
H	Altura total incluyendo las planchas de acero externas
Z	Longitud total (incluidas las planchas de acero externas)
W	Peso del aislador excluyendo elementos de anclaje

# DESPLAZAMIENTO $\pm 250$ mm

SI-S	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-S 300/128	15	750	0.22	237	300	128	230	280	350	110
SI-S 350/125	100	1200	0.31	311	350	125	213	263	400	138
SI-S 400/125	290	2120	0.40	498	400	125	213	263	450	179
SI-S 450/126	530	2890	0.51	587	450	126	226	276	500	239
SI-S 500/126	1010	4500	0.62	841	500	126	226	276	550	294
SI-S 550/126	1410	5740	0.75	957	550	126	217	267	600	338
SI-S 600/128	1820	7100	0.88	1067	600	128	213	263	650	389
SI-S 650/126	2230	8940	1.05	1220	650	126	205	255	700	440
SI-S 700/130	2740	10600	1.18	1325	700	130	216	276	750	575
SI-S 800/130	4570	14990	1.55	2086	800	130	216	276	850	747
SI-S 900/132	5940	21220	1.93	2417	900	132	222	282	950	963
SI-S 1000/140	7670	22590	2.24	2658	1000	140	236	316	1050	1402
SI-S 1100/140	10720	27460	2.72	3662	1100	140	236	316	1150	1691
SI-S 1200/144	12850	28700	3.14	4013	1200	144	236	316	1250	1979

SI-N	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-N 300/128	35	1060	0.44	357	300	128	230	280	350	110
SI-N 350/125	200	1680	0.62	478	350	125	213	263	400	138
SI-N 400/125	590	2970	0.80	729	400	125	213	263	450	179
SI-N 450/126	1070	4040	1.01	876	450	126	226	276	500	239
SI-N 500/126	2030	6300	1.25	1209	500	126	226	276	550	294
SI-N 550/126	2830	8040	1.51	1403	550	126	217	267	600	338
SI-N 600/128	3640	9950	1.77	1587	600	128	213	263	650	389
SI-N 650/126	4460	10830	2.11	1837	650	126	205	255	700	440
SI-N 700/130	5490	11370	2.37	2013	700	130	216	276	750	575
SI-N 800/130	9080	14990	3.09	3026	800	130	216	276	850	747
SI-N 900/132	11880	21220	3.86	3582	900	132	222	282	950	963
SI-N 1000/140	15350	22590	4.49	4000	1000	140	236	316	1050	1402
SI-N 1100/140	19590	27460	5.43	5334	1100	140	236	316	1150	1691
SI-N 1200/144	21170	28700	6.28	5935	1200	144	236	316	1250	1979

SI-H	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-H 300/128	65	1810	0.77	456	300	128	230	280	350	110
SI-H 350/125	350	2890	1.08	620	350	125	213	263	400	138
SI-H 400/125	1040	4680	1.41	911	400	125	213	263	450	179
SI-H 450/126	1880	6930	1.77	1111	450	126	226	276	500	239
SI-H 500/126	3520	9380	2.18	1489	500	126	226	276	550	294
SI-H 550/126	4220	9820	2.64	1753	550	126	217	267	600	338
SI-H 600/128	4910	10310	3.09	2006	600	128	213	263	650	389
SI-H 650/126	5580	10830	3.69	2344	650	126	205	255	700	440
SI-H 700/130	6250	11370	4.14	2590	700	130	216	276	750	575
SI-H 800/130	9080	14990	5.41	3752	800	130	216	276	850	747
SI-H 900/132	13790	21220	6.75	4514	900	132	222	282	950	963
SI-H 1000/140	15470	22590	7.85	5105	1000	140	236	316	1050	1402
SI-H 1100/140	19590	27460	9.50	6631	1100	140	236	316	1150	1691
SI-H 1200/144	21170	28700	11.00	7468	1200	144	236	316	1250	1979

## Leyenda:

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en combinaciones no sísmicas, en ELU, concurrente con una rotación 0 y desplazamiento horizontal 10 mm
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro del elastómero
t <sub>e</sub>	Espesor total del elastómero
h	Altura excluyendo las planchas de acero externas
H	Altura total incluyendo las planchas de acero externas
Z	Longitud total (incluidas las planchas de acero externas)
W	Peso del aislador excluyendo elementos de anclaje

# DESPLAZAMIENTO $\pm 300$ mm

SI-S	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-S 350/150	20	1000	0.26	260	350	150	248	298	400	148
SI-S 400/150	120	1470	0.34	415	400	150	248	298	450	192
SI-S 450/150	280	2420	0.42	493	450	150	262	312	500	258
SI-S 500/150	600	3770	0.52	706	500	150	262	312	550	317
SI-S 550/154	910	4690	0.62	783	550	154	257	307	600	368
SI-S 600/152	1350	5980	0.74	898	600	152	246	296	650	417
SI-S 650/153	1840	7360	0.87	1005	650	153	241	291	700	473
SI-S 700/160	2350	8610	0.96	1077	700	160	255	315	750	615
SI-S 800/160	4050	14940	1.26	1695	800	160	255	315	850	800
SI-S 900/168	5490	19240	1.52	1899	900	168	270	330	950	1049
SI-S 1000/168	6970	22590	1.87	2215	1000	168	272	352	1050	1477
SI-S 1100/168	9850	27460	2.26	3052	1100	168	272	352	1150	1782
SI-S 1200/176	12040	28700	2.57	3283	1200	176	276	356	1250	2093

SI-N	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-N 350/150	40	1400	0.51	398	350	150	248	298	400	148
SI-N 400/150	240	2060	0.67	608	400	150	248	298	450	192
SI-N 450/150	560	3390	0.85	736	450	150	262	312	500	258
SI-N 500/150	1200	5290	1.05	1016	500	150	262	312	550	317
SI-N 550/154	1830	6580	1.23	1148	550	154	257	307	600	368
SI-N 600/152	2710	8380	1.49	1336	600	152	246	296	650	417
SI-N 650/153	3690	10310	1.74	1513	650	153	241	291	700	473
SI-N 700/160	4700	11370	1.92	1636	700	160	255	315	750	615
SI-N 800/160	7920	14940	2.51	2459	800	160	255	315	850	800
SI-N 900/168	10980	21220	3.03	2814	900	168	270	330	950	1049
SI-N 1000/168	13940	22590	3.74	3333	1000	168	272	352	1050	1477
SI-N 1100/168	18020	27460	4.53	4445	1100	168	272	352	1150	1782
SI-N 1200/176	19650	28700	5.14	4856	1200	176	276	356	1250	2093

SI-H	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-H 350/150	70	2400	0.90	517	350	150	248	298	400	148
SI-H 400/150	420	4250	1.17	759	400	150	248	298	450	192
SI-H 450/150	990	5820	1.48	933	450	150	262	312	500	258
SI-H 500/150	2100	9070	1.83	1251	500	150	262	312	550	317
SI-H 550/154	3190	9820	2.16	1434	550	154	257	307	600	368
SI-H 600/152	3890	10310	2.60	1689	600	152	246	296	650	417
SI-H 650/153	4580	10830	3.04	1930	650	153	241	291	700	473
SI-H 700/160	5260	11370	3.37	2104	700	160	255	315	750	615
SI-H 800/160	7920	14940	4.40	3048	800	160	255	315	850	800
SI-H 900/168	12310	21220	5.30	3546	900	168	270	330	950	1049
SI-H 1000/168	14050	22590	6.55	4254	1000	168	272	352	1050	1477
SI-H 1100/168	18020	27460	7.92	5526	1100	168	272	352	1150	1782
SI-H 1200/176	19650	28700	9.00	6111	1200	176	276	356	1250	2093

## Leyenda:

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en combinaciones no sísmicas, en ELU, concurrente con una rotación 0 y desplazamiento horizontal 10 mm
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro del elastómero
t <sub>e</sub>	Espesor total del elastómero
h	Altura excluyendo las planchas de acero externas
H	Altura total incluyendo las planchas de acero externas
Z	Longitud total (incluidas las planchas de acero externas)
W	Peso del aislador excluyendo elementos de anclaje

# DESPLAZAMIENTO $\pm 350$ mm

SI-S	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-S 400/175	24	1510	0.29	356	400	175	283	333	450	205
SI-S 450/180	115	2020	0.35	411	450	180	307	357	500	281
SI-S 500/180	310	3150	0.44	588	500	180	307	357	550	346
SI-S 550/175	560	4130	0.54	689	550	175	287	337	600	390
SI-S 600/176	880	5160	0.64	776	600	176	279	329	650	444
SI-S 650/180	1260	6260	0.74	854	650	180	277	327	700	507
SI-S 700/180	1740	7660	0.86	957	700	180	281	341	750	642
SI-S 800/180	3400	13280	1.12	1506	800	180	281	341	850	835
SI-S 900/180	4600	17960	1.41	1772	900	180	286	346	950	1078
SI-S 1000/182	6010	22590	1.73	2044	1000	182	290	370	1050	1515
SI-S 1100/182	8620	27460	2.09	2817	1100	182	290	370	1150	1828
SI-S 1200/192	9530	28700	2.36	3010	1200	192	296	376	1250	2150

SI-N	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-N 400/175	45	2120	0.57	521	400	175	283	333	450	205
SI-N 450/180	230	2830	0.71	613	450	180	307	357	500	281
SI-N 500/180	620	4410	0.87	847	500	180	307	357	550	346
SI-N 550/175	1130	5790	1.09	1010	550	175	287	337	600	390
SI-N 600/176	1770	7230	1.29	1154	600	176	279	329	650	444
SI-N 650/180	2520	8760	1.48	1286	650	180	277	327	700	507
SI-N 700/180	3490	10720	1.71	1454	700	180	281	341	750	642
SI-N 800/180	6790	14990	2.23	2186	800	180	281	341	850	835
SI-N 900/180	8310	21220	2.83	2626	900	180	286	346	950	1078
SI-N 1000/182	12025	22590	3.45	3077	1000	182	290	370	1050	1515
SI-N 1100/182	16460	27460	4.18	4103	1100	182	290	370	1150	1828
SI-N 1200/192	18150	28700	4.71	4452	1200	192	296	376	1250	2150

SI-H	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-H 400/175	85	3640	1.01	650	400	175	283	333	450	205
SI-H 450/180	400	4850	1.24	778	450	180	307	357	500	281
SI-H 500/180	1090	7560	1.53	1043	500	180	307	357	550	346
SI-H 550/175	1990	9820	1.90	1262	550	175	287	337	600	390
SI-H 600/176	2940	10310	2.25	1459	600	176	279	329	650	444
SI-H 650/180	3630	10830	2.58	1641	650	180	277	327	700	507
SI-H 700/180	4310	11370	2.99	1871	700	180	281	341	750	642
SI-H 800/180	6790	14990	3.91	2710	800	180	281	341	850	835
SI-H 900/180	10870	21220	4.95	3310	900	180	286	346	950	1078
SI-H 1000/182	12650	22590	6.04	3927	1000	182	290	370	1050	1515
SI-H 1100/182	16460	27460	7.31	5101	1100	182	290	370	1150	1828
SI-H 1200/192	18150	28700	8.25	5601	1200	192	296	376	1250	2150

## Leyenda:

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en combinaciones no sísmicas, en ELU, concurrente con una rotación 0 y desplazamiento horizontal 10 mm
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro del elastómero
t <sub>e</sub>	Espesor total del elastómero
h	Altura excluyendo las planchas de acero externas
H	Altura total incluyendo las planchas de acero externas
Z	Longitud total (incluidas las planchas de acero externas)
W	Peso del aislador excluyendo elementos de anclaje

# DESPLAZAMIENTO $\pm 400$ mm

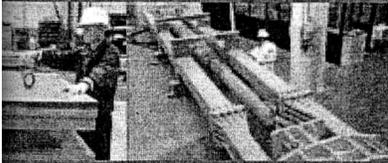
SI-S	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-S 450/204	20	1780	0.31	362	450	204	343	393	500	300
SI-S 500/204	135	2780	0.39	519	500	204	343	393	550	369
SI-S 550/203	300	3560	0.47	594	550	203	327	377	600	419
SI-S 600/200	540	4540	0.57	683	600	200	312	362	650	471
SI-S 650/207	820	5440	0.64	743	650	207	313	363	700	540
SI-S 700/200	1240	6890	0.77	861	700	200	307	367	750	669
SI-S 800/200	2730	11950	1.01	1356	800	200	307	367	850	871
SI-S 900/204	3990	15850	1.25	1564	900	204	318	378	950	1136
SI-S 1000/210	5385	20320	1.50	1772	1000	210	326	406	1050	1590
SI-S 1100/210	7860	27460	1.81	2441	1100	210	326	406	1150	1919
SI-S 1200/208	9540	28700	2.18	2778	1200	208	316	396	1250	2207

SI-N	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-N 450/204	45	2490	0.62	541	450	204	343	393	500	300
SI-N 500/204	270	3890	0.77	747	500	204	343	393	550	369
SI-N 550/203	610	5790	0.94	871	550	203	327	377	600	419
SI-N 600/200	1090	6360	1.13	1016	600	200	312	362	650	471
SI-N 650/207	1650	7620	1.28	1118	650	207	313	363	700	540
SI-N 700/200	2490	9650	1.54	1309	700	200	307	367	750	669
SI-N 800/200	5470	14990	2.01	1967	800	200	307	367	850	871
SI-N 900/204	7980	21220	2.50	2317	900	204	318	378	950	1136
SI-N 1000/210	10780	22590	2.99	2667	1000	210	326	406	1050	1590
SI-N 1100/210	14930	27460	3.62	3556	1100	210	326	406	1150	1919
SI-N 1200/208	16670	28700	4.35	4109	1200	208	316	396	1250	2207

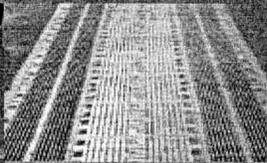
SI-H	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-H 450/204	80	4280	1.09	686	450	204	343	393	500	300
SI-H 500/204	470	6670	1.35	920	500	204	343	393	550	369
SI-H 550/203	1070	8550	1.64	1088	550	203	327	377	600	419
SI-H 600/200	1920	10310	1.98	1284	600	200	312	362	650	471
SI-H 650/207	2740	10830	2.24	1427	650	207	313	363	700	540
SI-H 700/200	3420	11370	2.69	1684	700	200	307	367	750	669
SI-H 800/200	5710	14990	3.52	2439	800	200	307	367	850	871
SI-H 900/204	9470	21220	4.37	2921	900	204	318	378	950	1136
SI-H 1000/210	11280	22590	5.24	3403	1000	210	326	406	1050	1590
SI-H 1100/210	14930	27460	6.34	4421	1100	210	326	406	1150	1919
SI-H 1200/208	16670	28700	7.61	5170	1200	208	316	396	1250	2207

## Leyenda:

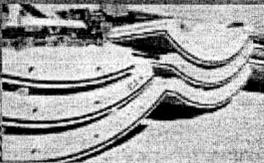
V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en combinaciones no sísmicas, en ELU, concurrente con una rotación 0 y desplazamiento horizontal 10 mm
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro del elastómero
t <sub>e</sub>	Espesor total del elastómero
h	Altura excluyendo las planchas de acero externas
H	Altura total incluyendo las planchas de acero externas
Z	Longitud total (incluidas las planchas de acero externas)
W	Peso del aislador excluyendo elementos de anclaje



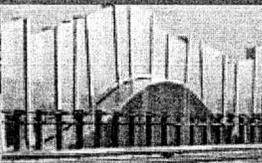
**ATOS  
POYO**



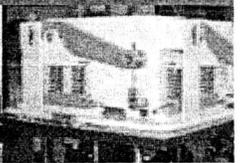
**JUNTAS DE  
DILATACIÓN**



**ACCESORIOS  
PARA TÚNELES**



**PANTALLAS  
ACÚSTICAS**



**SISTEMAS ANT  
VIBRATORIOS**



**FIP INDUSTRIALE**  
Leading technologies



**FIP INDUSTRIALE SpA**  
via Scapacchio 41, Casella Postale 97  
35030 Selvazzano (PD) ITALY  
T +39 0498225511 F +39 049638567  
fip@fip-group.it  
**fipindustriale.it**

**AISLADORES ELASTOMÉRICOS  
DE CAUCHO Y PLOMO serie LRB**

**S01**



**AISLADORES ELASTOMÉRICOS  
DE CAUCHO Y PLOMO**

**FIP INDUSTRIALE**  
leading technologies

SRAC CERTS

NOTIFIED BODY No. 1835

Certificate of constancy of performance  
1835 - CPR

In con-  
formity to the

SRAC  
NO

SRAC CERTSERV

NOTIFIED BODY No. 1835

Certificate of constancy of performance,  
1835 - CPR - 00-0011

In compliance with Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 (the Construction products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction products

SRAC CERTSERV

NOTIFIED BODY No. 1835

Certificate of constancy of performance,  
1835 - CPR - 00-0013

In compliance with Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 (the Construction products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction products

ANTISEISMIC DEVICES, SEISMIC ISOLATORS,  
CURVED AND FLAT SURFACE SLIDERS ISOLATORS

used in buildings and civil engineering works where requirements on individual products are critical and whose characteristics are detailed in the Annexes 1 and 2

placed on the market under the name or trade mark of

FIP INDUSTRIALE S.p.A.  
Via Scapacchio 41, 35030, Selvazzano Dentro, Padova, Italy

and produced in the manufacturing plant

FIP INDUSTRIALE S.p.A.  
Via Scapacchio 41, 35030, Selvazzano Dentro, Padova, Italy.

This certificate attests that all provisions concerning the assessment and verification of constancy of performance (AVCP) described in Annex ZA of the standard

EN 15129:2009 §§ 8.3 and 8.4

under system 1 for the performance set out in this certificate are applied and that the factory production control conducted by the manufacturer is assessed to ensure the

constancy of performance of the construction product.

This certificate was first issued on 19.01.2011 and will remain valid as long as neither the harmonised standard, the construction product, the AVCP methods nor the manufacturing conditions in the plant are modified significantly, unless suspended or withdrawn by the notified product certification body.

15.01.2016

Administrator General Director,  
Gabriel IONESCU

A Theodor Buzadea Street, Sector 1, Bucharest 010215 ROMANIA

Administrator General Director,  
Gabriel IONESCU



A Theodor Buzadea Street, Sector 1, Bucharest 010215 ROMANIA

DEVICES.

Individual products are  
described in

Padova, Italy

Padova, Italy

ance,

Management and of the  
this certificate applies

ENT DEVICES

Individual products are  
described in

Padova, Italy

Padova, Italy.

assessment and verification of

and that the factory  
production control

product.

as long as neither the  
construction product nor the manufacturing  
conditions in the plant are

Administrator General Director,  
Gabriel IONESCU



A Theodor Buzadea Street, Sector 1, Bucharest 010215 ROMANIA

# INTRODUCCIÓN

## CERTIFICACIONES

En 1992, **FIP Industriale** obtuvo la certificación de Calidad CISQ/ICIM para el sistema de Aseguramiento de Calidad en conformidad con la norma europea EN 29001 (ISO 9001).

**FIP Industriale** ha sido la primera empresa italiana en producir apoyos estructurales, dispositivos antisísmicos y juntas de dilatación contando con un sistema de calidad al más alto nivel, garantizando la misma calidad y confiabilidad desde el diseño hasta la asistencia al cliente.

La certificación se obtuvo luego de una evaluación muy rigurosa por parte de una organización reconocida internacionalmente.

Dentro del contexto de armonización de las directivas Europeas sobre los Productos de Construcción, **FIP Industriale** obtuvo el marcado CE para los distintos dispositivos antisísmicos, incluidos los aisladores elastoméricos, de acuerdo con las normas Europeas EN 15129:2009 *Dispositivos Anti-sísmicos*.



CISQ



OHS 618800



## BIM READY

El uso de información digital para facilitar el diseño, la construcción y el funcionamiento de una estructura, es el punto de partida de un proceso interactivo de toma de decisiones el cual permite a las municipalidades, clientes, contratistas y proyectistas manejar todos los procesos decisionales.

**FIP Industriale** está capacitada para suministrar a sus clientes modelos BIM – según la norma IFC – de manera de sostener la comunicación, la cooperación y el mejoramiento de un proyecto a través del ciclo completo de vida de la estructura construída o en construcción.

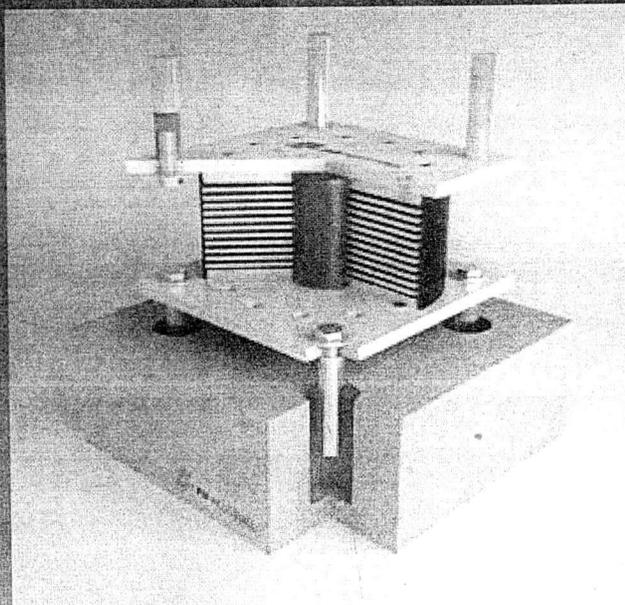
## DESCRIPCIÓN

Los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo de la serie **LRB** (Lead Rubber Bearings), son apoyos de caucho reforzado, es decir conformados por capas alternadas de acero y caucho unidos a través de la vulcanización, con un núcleo central de plomo de forma cilíndrica.

La disipación de la energía producida por el núcleo de plomo, mediante la deformación plástica, permite obtener un coeficiente de amortiguación viscosa equivalente hasta alrededor del 30%, es decir el doble del valor obtenido con los aisladores elastoméricos de alta amortiguación (serie SI).

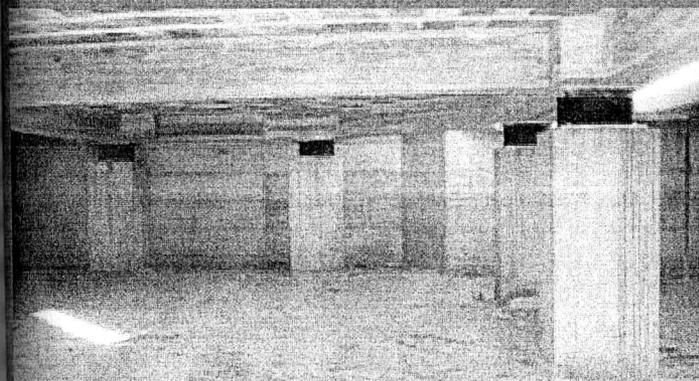
Gracias a su elevada capacidad disipativa, se llega a reducir el desplazamiento horizontal en comparación con el de un sistema de aislamiento con la misma rigidez equivalente pero con menor capacidad disipativa.

Normalmente tienen forma circular, pero pueden ser realizados de forma cuadrada con uno o más núcleos de plomo.





ANCONA, ITALIA - "La Torre" edificio de oficinas

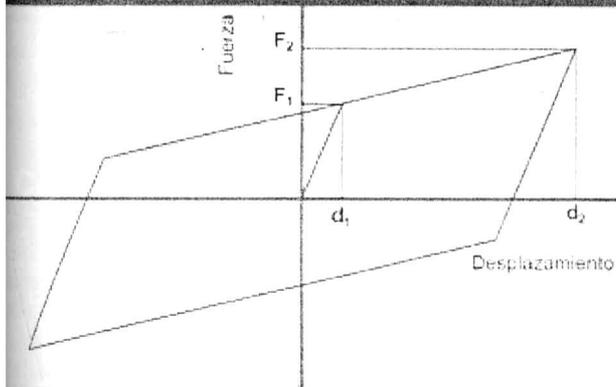


ANCONA, ITALIA - "La Torre" edificio de oficinas: instalación

# CARACTERÍSTICAS

## MODELO DE CÁLCULO

El típico bucle histerético fuerza-desplazamiento de un aislador elastomérico con núcleo de plomo es bilineal. Los parámetros  $d_1$ ,  $F_1$ ,  $d_2$ , y  $F_2$  que definen la curva bilineal para cada LRB se indican en las siguientes tablas.



El comportamiento histerético de un LRB puede ser lineal a través de la rigidez efectiva  $K_e$  y del coeficiente de amortiguación viscosa equivalente  $\xi_e$ , las cuales dependen del desplazamiento máximo  $d_2$  y de la fuerza correspondiente  $F_2$  a la cual se refieren:

$$K_e = \frac{F_2}{d_2}$$
$$\xi_e = \frac{2}{\pi} \cdot \left[ \frac{F_1}{F_2} \cdot \frac{d_1}{d_2} \right]$$

Los valores  $K_e$  y  $\xi_e$  en las tablas más adelante, se refieren al desplazamiento  $d_2$  (desplazamiento máximo de proyecto al ELU) pero pueden ser fácilmente calculados para distintos tipos de desplazamiento. El gráfico a la derecha muestra la variación típica de  $K_e$  y  $\xi_e$  en función de la deformación de corte  $\gamma$  del caucho en este caso para el aislador LRB-S 800/200-175).

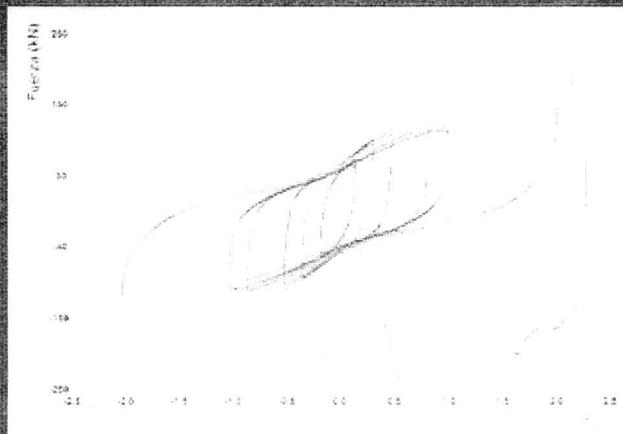
En caso de movimientos lentos, debido a variaciones térmicas, el comportamiento de la ley constitutiva del aislador es lineal, pero con diferentes parámetros, los que obedecen a movimientos rápidos y los movimientos producidos por los terremotos. En realidad, como se muestra en el gráfico, las fuerzas producidas durante los movimientos lentos (cuasi estáticos) son mucho más bajas que las del terremoto. En especial, la fluencia en movimientos cuasi-estáticos puede considerarse alrededor de 1/3 de la fuerza dinámica, y la rigidez post-elástica puede considerarse alrededor del 90% del valor dinámico.

## MATERIALES

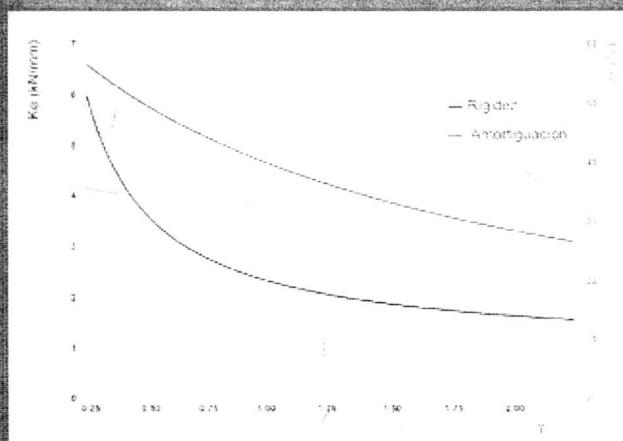
La mezcla del caucho normalmente utilizada para la fabricación de los LRB se caracteriza por un módulo elástico dinámico equivalente  $G_{din}$  de 0.4 MPa (mezcla S) y 0.6 MPa (mezcla SN).

La mezcla del caucho con valores más altos de  $G_{din}$  hasta 1.4 MPa, podrá utilizarse a pedido.

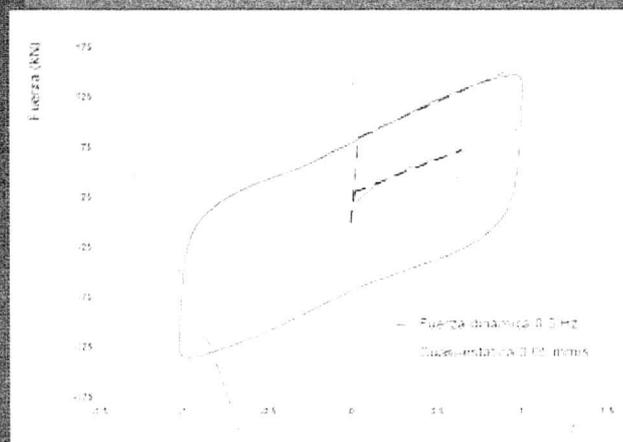
El plomo utilizado es la alta pureza, más del 99.85 %.



Bucles histeréticos de aisladores de goma con núcleo de plomo típicos obtenidos a través de ensayos dinámicos con amplitud creciente.



Variación de la rigidez efectiva y del coeficiente de amortiguación viscosa equivalente típicos en función de la deformación por cizallamiento.



Comparación entre el comportamiento dinámico y cuasi-estático obtenido a través de ensayos a distinta velocidad (ensayo dinámico con input sinusoidal a una frecuencia de 0.5 Hz y un ensayo cuasi-estático a una velocidad de 0.05 mm/s).

# CRITERIOS DE DISEÑO Y PRODUCCIÓN

## NORMAS

Los aisladores serie LRB pueden ser producidos *ad hoc* para satisfacer todas las normas internacionales (EN 15129, AASHTO, etc.).

En embargo, los aisladores estándar en el presente catálogo han sido diseñados en conformidad con las normas sísmicas italianas (NTC-DM 14/01/2008), basadas tanto en el Eurocode 8 como en la norma EN 1337-3:2005 (Apoyos estructurales. Parte 3: apoyos elastoméricos), correspondientes a las condiciones de servicio normales, no sísmicas.

## CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Los aisladores elastoméricos LRB estándar cuyas características geométricas y mecánicas se consignan en las siguientes tablas, han sido diseñados según siete valores distintos de desplazamiento máximo, de 100 a 400 mm. Este tipo de desplazamiento se entiende como desplazamiento máximo de diseño (ELU, factorizado por el factor de confiabilidad creciente, según el Eurocode 8).

La carga vertical  $V$  indicada en las siguientes tablas es el valor máximo admisible sobre el aislador en presencia de un movimiento sísmico que causa el desplazamiento citado anteriormente.

Se asume una rotación nula para la implementación de aisladores en edificios. Se asume un desplazamiento de 10mm en condiciones normales de servicio (portado por la dilatación térmica).

El Departamento Técnico de FIP Industriale está a disposición del ingeniero proyectista para controlar que los aisladores estándar no hayan sufrido desplazamientos y rotaciones diferentes de las asumidas, y para proyectar aisladores *ad hoc* distintos de los estándar.

## SISTEMAS DE ANCLAJE

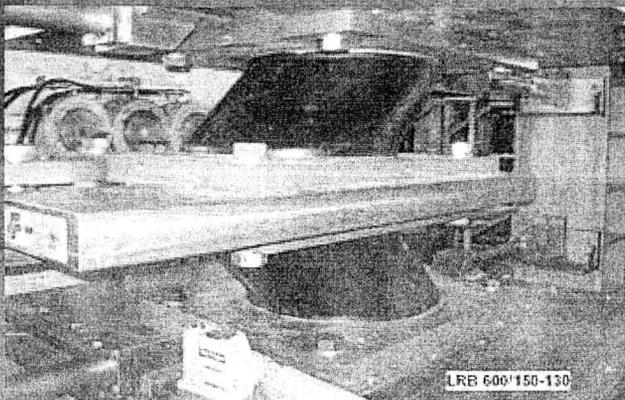
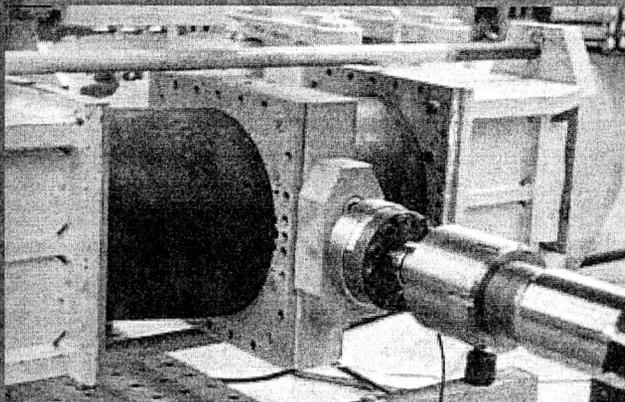
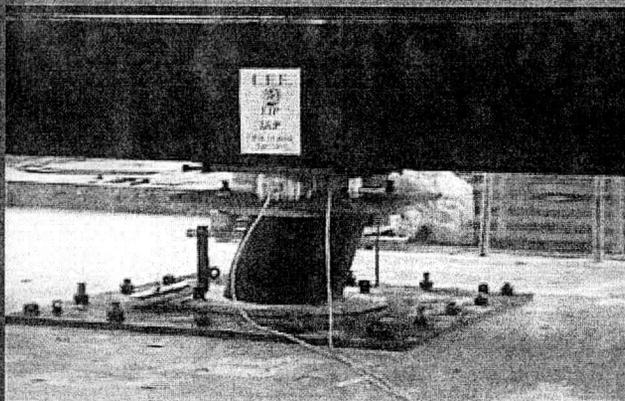
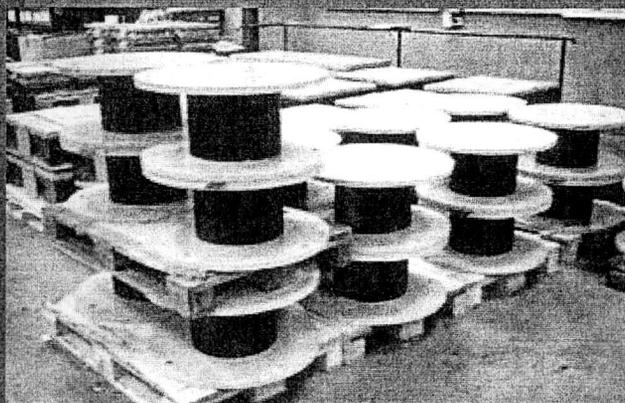
Los aisladores elastoméricos LRB cuentan con un sistema de anclaje mecánico, el cual absorbe las cargas horizontales de acuerdo a las normas italianas internacionales.

## CONTROL DE CALIDAD

El sistema interno de control de calidad de FIP Industriale asegura la conformidad del producto según los distintos requisitos del proyecto, garantizando la calidad de los materiales y el proceso de fabricación.

## ENSAYOS DE CALIFICACIÓN Y ACEPTACIÓN

El laboratorio de ensayos de FIP Industriale está equipado para realizar ensayos de calificación y aceptación sobre los aisladores elastoméricos LRB. Los aisladores han sido también ensayados en laboratorios independientes.



## INSTALACIÓN

El típico procedimiento de instalación de un aislador anclado en su parte inferior y superior para reforzar las estructuras hormigonadas *en obra* comprende las siguientes fases:

hormigonado de la subestructura hasta unos centímetros más abajo del aislador, dejando espacios para los casquillos de anclaje con un diámetro al menos el doble de los casquillos de anclaje mismos;

posicionamiento del aislador a nivel de diseño y nivelación de su base horizontalmente;

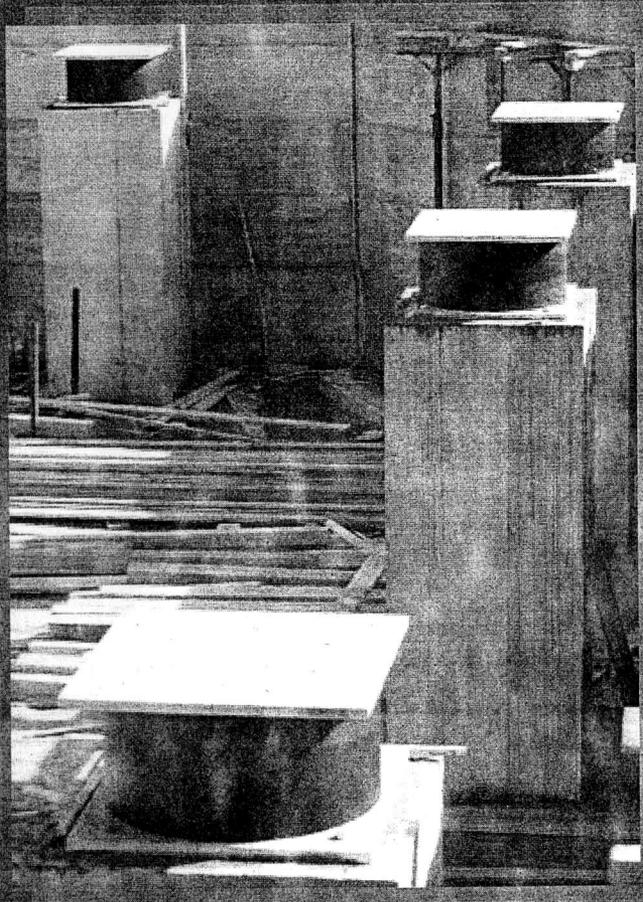
construcción de un encofrado un poco más grande que el aislador y un centímetro más alto que su lado inferior;

enluchado (con un mortero epoxy o cemento anti-retracción) hasta un espesor sugerido de entre 2 y 5cm;

atornillado de los casquillos de anclaje superiores al aislador (si no han sido ya fijados);

ajustado del encofrado superior adaptándolo muy cerca de la plancha superior del aislador;

posicionamiento del refuerzo de la superestructura, seguido del hormigonado.

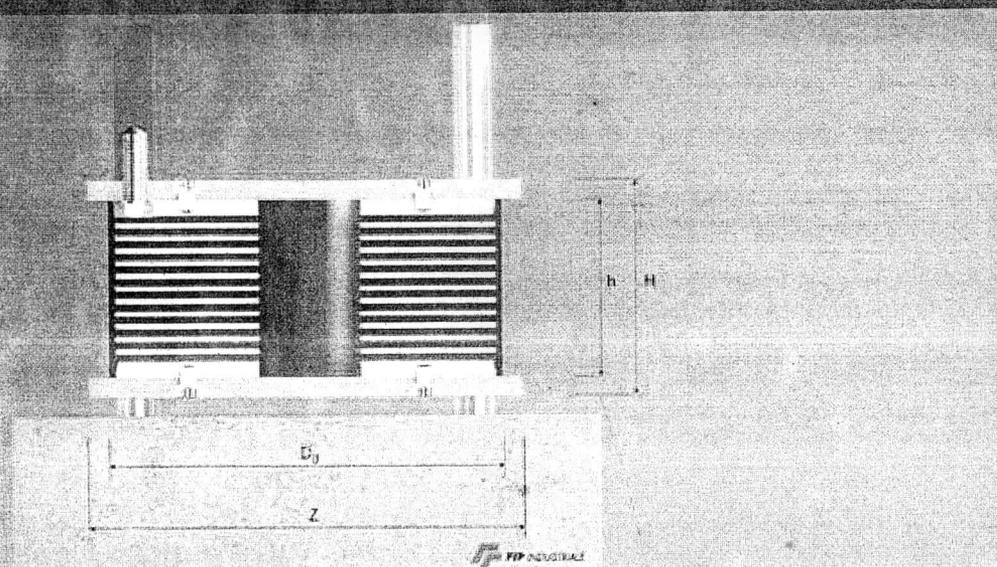


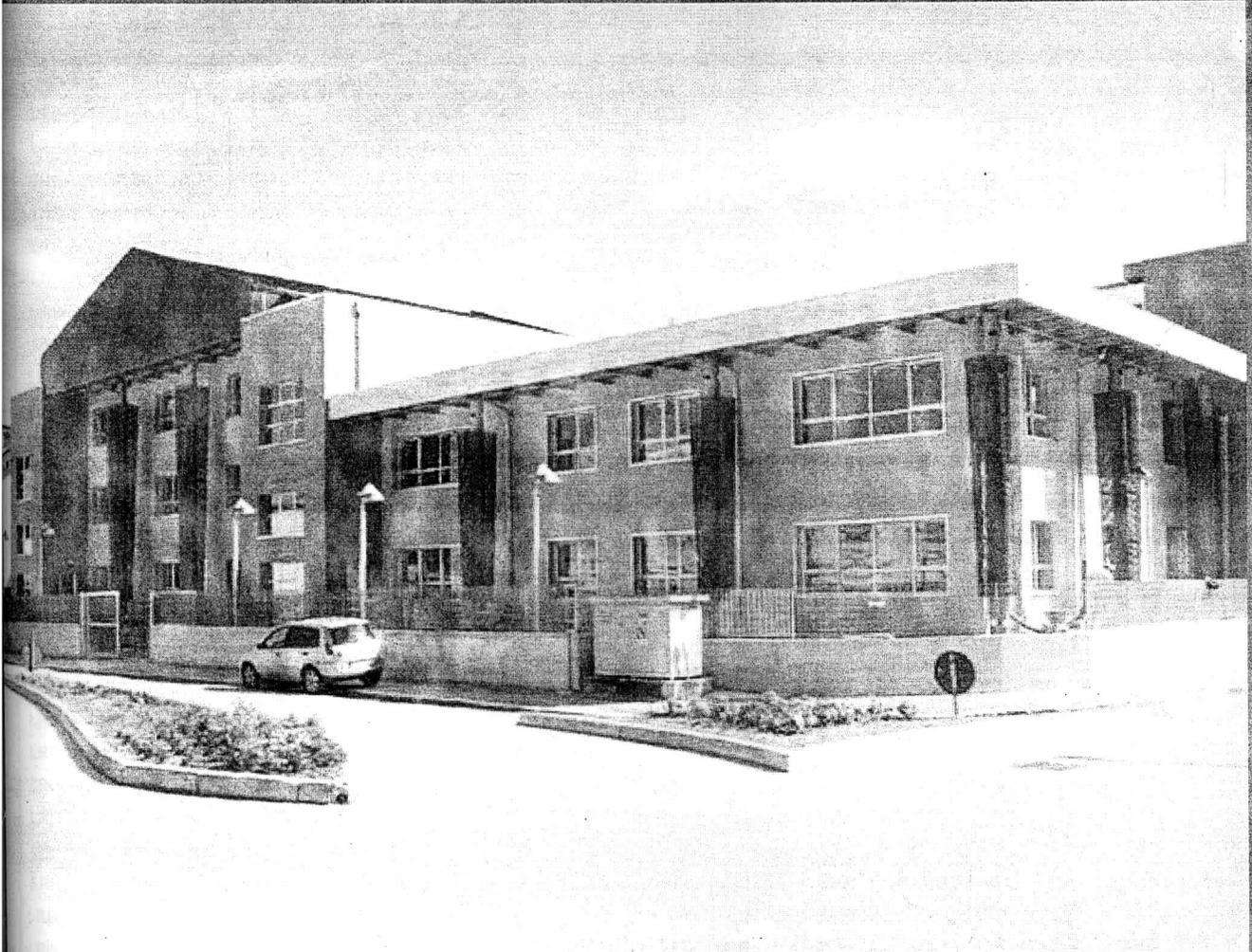
## IDENTIFICACIÓN

Los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo están identificados con la sigla **LRB** (Lead Rubber Bearing) seguida de una o más letras (S o SN para indicar respectivamente el tipo de mezcla del caucho) y tres números. El primer número representa el diámetro externo en milímetros, el segundo indica el espesor total de las capas de caucho en milímetros y el tercero representa el diámetro del núcleo de plomo en milímetros.

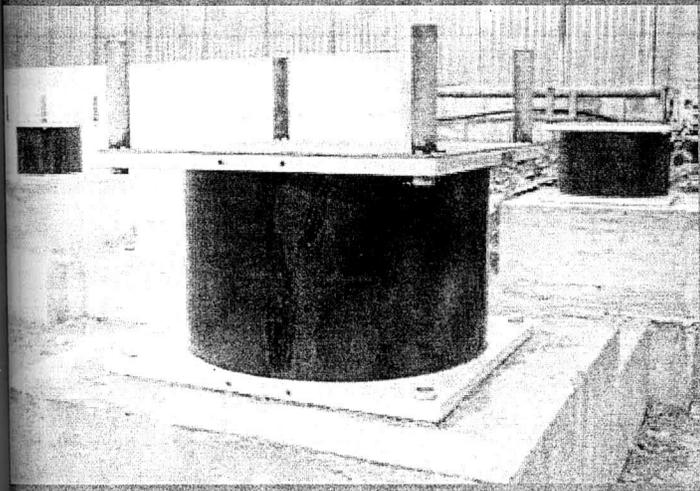
Por Ejemplo:

LRB-S 700/203-150    Aislador elastomérico con núcleo de plomo, diámetro 700 mm, realizado con mezcla de caucho G=0.4 MPa, capas de caucho de 203mm totales de espesor, y el núcleo de plomo de 103mm de diámetro.





BOJANO, ITALIA - Escuela secundaria "G. Lombardo Radice"



BOJANO, ITALIA - Escuela secundaria "G. Lombardo Radice" - instalación

# DESPLAZAMIENTO $\pm 100$ mm

LRB-S	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	kN	kN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
	a d <sub>2</sub> = 83 mm												
LRB-S 500/100-110	2700	3630	1.94	35	162	106	8	1164	500	100	197	247	550
LRB-S 550/100-120	4170	5430	2.33	35	194	126	8	1579	550	100	197	247	600
LRB-S 600/102-120	4830	6500	2.49	33	207	128	8	1715	600	102	190	240	650
LRB-S 650/102-120	6440	9190	2.68	30	223	129	8	2235	650	102	200	260	700
LRB-S 700/105-115	7250	10570	2.74	27	228	121	8	2374	700	105	197	257	750
LRB-S 750/112-125	9240	12530	3.08	28	257	143	9	2754	750	112	207	267	800
LRB-S 800/128-130	10310	13190	3.20	29	267	155	10	2577	800	128	223	283	850
LRB-S 850/128-130	12660	17040	3.40	27	284	157	10	3130	850	128	223	283	900
LRB-S 900/126-140	13490	19250	3.91	28	326	182	10	3359	900	126	228	288	950
LRB-S 1000/135-150	19280	26760	4.50	27	375	210	11	4344	1000	135	251	331	1050
LRB-S 1100/150-160	24050	32410	5.01	27	418	241	12	4725	1100	150	266	346	1150
LRB-S 1200/154-160	29180	38760	5.42	25	452	247	12	5498	1200	154	266	346	1250

LRB-SN	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	kN	kN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
	a d <sub>2</sub> = 83 mm												
LRB-SN 500/100-110	4050	6060	2.32	30	193	109	8	1424	500	100	197	247	550
LRB-SN 550/100-120	6260	9060	2.78	29	232	130	8	1892	550	100	197	247	600
LRB-SN 600/102-120	7250	10830	3.02	27	252	132	8	2091	600	102	190	240	650
LRB-SN 650/114-130	9760	13520	3.35	28	279	155	9	2366	650	114	218	278	700
LRB-SN 700/126-140	10540	14260	3.70	29	308	180	10	2339	700	126	227	287	750
LRB-SN 750/126-140	13950	17170	3.97	27	331	182	10	2890	750	126	227	287	800
LRB-SN 800/136-145	15210	18010	4.23	27	352	197	11	2904	800	136	234	294	850
LRB-SN 850/144-155	17420	20410	4.66	28	389	225	12	3267	850	144	245	305	900
LRB-SN 900/144-160	20360	27260	5.10	27	425	241	12	3509	900	144	254	314	950
LRB-SN 1000/153-170	29090	33970	5.85	27	488	275	12	4489	1000	153	277	357	1050
LRB-SN 1100/170-185	33050	37200	6.65	27	554	327	14	4883	1100	170	294	374	1150
LRB-SN 1200/176-185	36490	40620	7.15	25	596	336	14	5651	1200	176	296	376	1250

## Leyenda

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en ULS
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
$\xi_e$	Coefficiente de amortiguación viscosa equivalente (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>2</sub>	Fuerza horizontal máxima (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>1</sub>	Fluencia por fuerza
d <sub>1</sub>	Fluencia por desplazamiento
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro externo del caucho
t <sub>e</sub>	Espesor total del caucho
h	Altura excluyendo las planchas de acero externas
H	Altura total incluyendo las planchas de acero externas
Z	Longitud del lado de las planchas de acero externas

# DESPLAZAMIENTO $\pm 150$ mm

LRB-S	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	KN	KN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
			a d <sub>2</sub> = 125mm										
LRB-S 500/100-110	2130	3630	1.55	31	193	106	8	1164	500	100	197	247	550
LRB-S 550/100-120	3070	5430	1.86	30	232	126	8	1579	550	100	197	247	600
LRB-S 600/102-120	3630	6500	2.01	28	252	128	8	1715	600	102	190	240	650
LRB-S 650/102-120	4920	9190	2.21	26	276	129	8	2235	650	102	200	260	700
LRB-S 700/105-115	5650	10560	2.30	23	287	121	8	2374	700	105	197	257	750
LRB-S 750/112-125	7350	12530	2.56	24	321	143	9	2754	750	112	207	267	800
LRB-S 800/128-130	8420	13190	2.64	25	331	155	10	2577	800	128	223	283	850
LRB-S 850/128-130	10430	17040	2.85	23	356	157	10	3130	850	128	223	283	900
LRB-S 900/126-140	11160	19250	3.26	23	408	182	10	3359	900	126	228	288	950
LRB-S 1000/135-150	16270	26760	3.76	23	470	210	11	4344	1000	135	251	331	1050
LRB-S 1100/150-160	20680	32410	4.17	23	521	241	12	4725	1100	150	266	346	1150
LRB-S 1200/154-160	25350	38760	4.57	21	572	247	12	5498	1200	154	266	346	1250

LRB-SN	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	KN	KN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
			a d <sub>2</sub> = 125mm										
LRB-SN 500/100-110	3200	6060	1.92	25	240	109	8	1424	500	100	197	247	550
LRB-SN 550/100-120	4600	9060	2.31	25	288	130	8	1892	550	100	197	247	600
LRB-SN 600/102-120	5440	10830	2.55	22	318	132	8	2091	600	102	190	240	650
LRB-SN 650/114-130	7580	13520	2.79	24	349	155	9	2366	650	114	218	278	700
LRB-SN 700/126-140	8730	14260	3.05	25	382	180	10	2339	700	126	227	287	750
LRB-SN 750/126-140	11260	17170	3.32	23	415	182	10	2890	750	126	227	287	800
LRB-SN 800/136-145	12650	18010	3.53	23	441	197	11	2904	800	136	234	294	850
LRB-SN 850/144-155	15780	20410	3.87	24	484	225	12	3267	850	144	245	305	900
LRB-SN 900/144-160	17090	27260	4.26	23	532	241	12	3509	900	144	254	314	950
LRB-SN 1000/153-170	24840	33970	4.90	22	612	275	12	4489	1000	153	277	357	1050
LRB-SN 1100/170-185	30780	37200	5.52	23	690	327	14	4883	1100	170	294	374	1150
LRB-SN 1200/176-185	34230	40620	6.02	21	753	336	14	5651	1200	176	296	376	1250

## Leyenda

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en ULS
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
$\xi_e$	Coefficiente de amortiguación viscosa equivalente (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>2</sub>	Fuerza horizontal máxima (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>1</sub>	Fluencia por fuerza
d <sub>1</sub>	Fluencia por desplazamiento
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro externo del caucho
t <sub>e</sub>	Espesor total del caucho
h	Altura excluyendo las planchas de acero externas
H	Altura total incluyendo las planchas de acero externas
Z	Longitud del lado de las planchas de acero externas

# DESPLAZAMIENTO $\pm 200$ mm

LRB-S	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	kN	kN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
	a d <sub>2</sub> = 167 mm												
LRB-S 500/100-110	1420	3630	1.35	27	224	106	8	1164	500	100	197	247	550
LRB-S 550/100-120	2120	5430	1.62	27	270	126	8	1579	550	100	197	247	600
LRB-S 600/102-120	2610	6500	1.78	24	296	128	8	1715	600	102	190	240	650
LRB-S 650/102-120	3620	9190	1.97	22	328	129	8	2235	650	102	200	260	700
LRB-S 700/105-115	4250	10570	2.08	19	347	121	8	2374	700	105	197	257	750
LRB-S 750/112-125	5680	12530	2.31	20	385	143	9	2754	750	112	207	267	800
LRB-S 800/128-130	6740	13190	2.37	21	394	155	10	2577	800	128	223	283	850
LRB-S 850/128-130	8420	17040	2.57	19	428	157	10	3130	850	128	223	283	900
LRB-S 900/126-140	9070	19250	2.94	20	490	182	10	3359	900	126	228	288	950
LRB-S 1000/135-150	13510	26760	3.39	20	565	210	11	4344	1000	135	251	331	1050
LRB-S 1100/150-160	17580	32410	3.75	20	625	241	12	4725	1100	150	266	346	1150
LRB-S 1200/154-160	21780	38760	4.15	18	692	247	12	5498	1200	154	266	346	1250

LRB-SN	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	kN	kN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
	a d <sub>2</sub> = 167 mm												
LRB-SN 500/100-110	2130	6060	1.72	21	287	109	8	1424	500	100	197	247	550
LRB-SN 550/100-120	3190	9060	2.07	21	345	130	8	1892	550	100	197	247	600
LRB-SN 600/102-120	3910	10830	2.31	19	385	132	8	2091	600	102	190	240	650
LRB-SN 650/114-130	5690	13520	2.51	20	419	155	9	2366	650	114	218	278	700
LRB-SN 700/126-140	6780	14260	2.73	21	455	180	10	2339	700	126	227	287	750
LRB-SN 750/126-140	8870	17170	3.00	19	500	182	10	2890	750	126	227	287	800
LRB-SN 800/136-145	10200	18010	3.19	19	531	197	11	2904	800	136	234	294	850
LRB-SN 850/144-155	12930	20410	3.47	20	579	225	12	3267	850	144	245	305	900
LRB-SN 900/144-160	14120	27260	3.83	20	639	241	12	3509	900	144	254	314	950
LRB-SN 1000/153-170	20940	33970	4.42	19	737	275	12	4489	1000	153	277	357	1050
LRB-SN 1100/170-185	27030	37200	4.95	20	825	327	14	4883	1100	170	294	374	1150
LRB-SN 1200/176-185	31990	40620	5.46	18	910	336	14	5651	1200	176	296	376	1250

## Leyenda

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en ULS
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
$\xi_e$	Coefficiente de amortiguación viscosa equivalente (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>2</sub>	Fuerza horizontal máxima (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>1</sub>	Fluencia por fuerza
d <sub>1</sub>	Fluencia por desplazamiento
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro externo del caucho
t <sub>e</sub>	Espesor total del caucho
h	Altura excluyendo las planchas de acero externas
H	Altura total incluyendo las planchas de acero externas
Z	Longitud del lado de las planchas de acero externas

# DESPLAZAMIENTO $\pm 250$ mm

LRB-S	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	kN	kN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
			a d <sub>2</sub> = 208mm										
LRB-S 500/125-110	990	2900	1.08	27	224	106	10	932	500	125	237	287	550
LRB-S 550/125-120	1640	4340	1.29	27	270	126	10	1263	550	125	237	287	600
LRB-S 600/126-130	2040	5170	1.52	27	318	148	10	1366	600	126	226	276	650
LRB-S 650/126-140	2870	7230	1.78	26	371	172	10	1761	650	126	236	296	700
LRB-S 700/126-115	3540	8800	1.71	19	357	121	10	1978	700	126	227	287	750
LRB-S 750/126-125	4620	9530	1.98	19	413	143	10	2448	750	126	227	287	800
LRB-S 800/160-155	5730	10300	2.16	26	450	214	13	2010	800	160	267	327	850
LRB-S 850/144-150	6960	14890	2.42	22	504	203	12	2736	850	144	245	305	900
LRB-S 900/135-150	7440	17990	2.72	20	567	206	11	3110	900	135	241	301	950
LRB-S 1000/144-160	11340	26120	3.14	19	654	236	12	4046	1000	144	264	344	1050
LRB-S 1100/170-185	15330	29250	3.53	23	735	312	14	4108	1100	170	294	374	1150
LRB-S 1200/176-185	19320	37000	3.86	21	805	318	14	4751	1200	176	296	376	1250

LRB-SN	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	kN	kN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
			a d <sub>2</sub> = 208mm										
LRB-SN 500/125-130	1360	4630	1.55	26	322	148	10	1092	500	125	237	287	550
LRB-SN 550/125-120	2470	7240	1.66	21	345	130	10	1514	550	125	237	287	600
LRB-SN 600/126-120	3130	8760	1.86	19	388	132	10	1693	600	126	226	276	650
LRB-SN 650/138-130	4650	11170	2.05	20	428	155	11	1955	650	138	254	314	700
LRB-SN 700/140-140	5430	12830	2.36	20	492	180	11	2105	700	140	247	307	750
LRB-SN 750/140-140	7240	15900	2.60	18	542	182	11	2601	750	140	247	307	800
LRB-SN 800/144-155	8170	17920	2.97	19	618	222	12	2716	800	144	245	305	850
LRB-SN 850/160-170	10730	20250	3.19	21	664	265	13	2902	850	160	267	327	900
LRB-SN 900/171-185	12040	22940	3.49	23	728	312	14	2892	900	171	293	353	950
LRB-SN 1000/180-200	18100	33560	4.10	23	853	366	15	3737	1000	180	316	396	1050
LRB-SN 1100/190-200	23710	37010	4.49	21	934	374	15	4330	1100	190	322	402	1150
LRB-SN 1200/209-215	29400	40260	4.97	22	1036	434	17	4685	1200	209	341	421	1250

## Leyenda

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en ULS
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
$\xi_e$	Coefficiente de amortiguación viscosa equivalente (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>2</sub>	Fuerza horizontal máxima (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>1</sub>	Fluencia por fuerza
d <sub>1</sub>	Fluencia por desplazamiento
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro externo del caucho
t <sub>e</sub>	Espesor total del caucho
h	Altura excluyendo las planchas de acero externas
H	Altura total incluyendo las planchas de acero externas
Z	Longitud del lado de las planchas de acero externas

# DESPLAZAMIENTO $\pm 300$ mm

LRB-S	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	kN	kN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
	a d <sub>2</sub> = 250 mm												
LRB-S 500/150-110	540	2420	0.90	27	224	106	12	776	500	150	277	327	550
LRB-S 550/150-120	1050	3620	1.08	27	270	126	12	1052	550	150	277	327	600
LRB-S 600/150-130	1500	4350	1.28	26	319	148	12	1148	600	150	262	312	650
LRB-S 650/150-140	2290	6070	1.49	26	373	172	12	1479	650	150	272	332	700
LRB-S 700/154-150	2780	6900	1.70	26	424	197	12	1550	700	154	267	327	750
LRB-S 750/154-160	3750	9200	1.94	26	485	225	12	1926	750	154	267	327	800
LRB-S 800/168-155	4630	9800	1.94	25	486	214	14	1915	800	168	278	338	850
LRB-S 850/168-150	5990	12760	2.05	22	513	203	14	2345	850	168	278	338	900
LRB-S 900/162-150	6610	15000	2.27	20	567	206	13	2592	900	162	280	340	950
LRB-S 1000/171-160	10200	21990	2.63	19	659	236	14	3407	1000	171	303	383	1050
LRB-S 1100/170-185	12870	29250	3.30	21	825	312	14	4108	1100	170	294	374	1150
LRB-S 1200/176-185	16470	37000	3.64	19	910	318	14	4751	1200	176	296	376	1250

LRB-SN	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	kN	kN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
	a d <sub>2</sub> = 250 mm												
LRB-SN 500/150-130	710	3860	1.29	26	322	148	12	910	500	150	277	327	550
LRB-SN 550/150-145	1400	5740	1.58	27	394	184	12	1205	550	150	277	327	600
LRB-SN 600/150-150	2100	6990	1.80	25	451	198	12	1355	600	150	262	312	650
LRB-SN 650/150-170	3130	9630	2.19	26	547	253	12	1697	650	150	272	332	700
LRB-SN 700/154-160	4080	11350	2.27	23	566	229	12	1865	700	154	267	327	750
LRB-SN 750/154-170	5510	15130	2.59	22	647	259	12	2288	750	154	267	327	800
LRB-SN 800/168-155	6940	16340	2.52	19	630	222	14	2328	800	168	278	338	850
LRB-SN 850/168-170	8780	19600	2.90	20	725	265	14	2764	850	168	278	338	900
LRB-SN 900/171-185	9780	22940	3.27	21	817	312	14	2892	900	171	293	353	950
LRB-SN 1000/180-200	15080	33560	3.83	21	958	366	15	3737	1000	180	316	396	1050
LRB-SN 1100/190-200	20150	37010	4.22	19	1055	374	15	4330	1100	190	322	402	1150
LRB-SN 1200/209-215	26140	40260	4.67	19	1167	434	17	4685	1200	209	341	421	1250

## Leyenda

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en ULS
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
$\xi_e$	Coefficiente de amortiguación viscosa equivalente (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>2</sub>	Fuerza horizontal máxima (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>1</sub>	Fluencia por fuerza
d <sub>1</sub>	Fluencia por desplazamiento
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro externo del caucho
t <sub>e</sub>	Espesor total del caucho
h	Altura excluyendo las planchas de acero externas
H	Altura total incluyendo las planchas de acero externas
Z	Longitud del lado de las planchas de acero externas

# DESPLAZAMIENTO $\pm 350$ mm

LRB-S	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	kN	kN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
	a d <sub>2</sub> = 292mm												
LRB-S 500/175-110	240	2070	0.77	27	224	106	14	665	500	175	317	367	550
LRB-S 550/175-120	580	3100	0.92	27	270	126	14	902	550	175	317	367	600
LRB-S 600/180-130	900	3620	1.08	27	314	148	15	956	600	180	307	357	650
LRB-S 650/180-140	1530	5060	1.26	27	367	172	15	1232	650	180	317	377	700
LRB-S 700/175-150	2120	6080	1.48	26	430	197	14	1364	700	175	297	357	750
LRB-S 750/175-160	3030	8100	1.69	26	492	225	14	1695	750	175	297	357	800
LRB-S 800/176-175	3530	9150	1.95	27	570	268	14	1785	800	176	289	349	850
LRB-S 850/176-185	4870	11810	2.20	27	641	300	14	2160	850	176	289	349	900
LRB-S 900/180-195	5270	12940	2.42	27	707	333	15	2235	900	180	306	366	950
LRB-S 1000/180-200	8230	20250	2.81	24	819	354	15	3140	1000	180	316	396	1050
LRB-S 1100/190-200	11270	25900	3.07	22	894	360	15	3639	1100	190	322	402	1150
LRB-S 1200/187-200	14230	34520	3.48	20	1016	365	15	4435	1200	187	311	391	1250

LRB-SN	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	kN	kN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
	a d <sub>2</sub> = 292mm												
LRB-SN 500/175-130	290	3310	1.11	26	322	148	14	780	500	175	317	367	550
LRB-SN 550/175-145	730	4920	1.35	27	394	184	14	1033	550	175	317	367	600
LRB-SN 600/180-150	1230	5830	1.52	25	443	198	15	1129	600	180	307	357	650
LRB-SN 650/180-170	2050	8020	1.85	27	539	253	15	1414	650	180	317	377	700
LRB-SN 700/175-170	3010	9830	2.06	24	600	256	14	1618	700	175	297	357	750
LRB-SN 750/175-170	4450	13320	2.25	22	657	259	14	2013	750	175	297	357	800
LRB-SN 800/176-190	5130	14950	2.64	23	769	321	14	2137	800	176	289	349	850
LRB-SN 850/176-185	6900	19600	2.81	21	820	308	14	2600	850	176	289	349	900
LRB-SN 900/198-185	8500	19810	2.81	21	821	312	16	2498	900	198	332	392	950
LRB-SN 1000/180-200	12340	33560	3.64	19	1063	366	15	3737	1000	180	316	396	1050
LRB-SN 1100/220-200	18250	37010	3.64	19	1061	374	18	3740	1100	220	364	444	1150
LRB-SN 1200/242-215	23970	40260	4.02	19	1173	434	20	4046	1200	242	386	466	1250

## Leyenda

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en ULS
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
$\xi_e$	Coefficiente de amortiguación viscosa equivalente (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>2</sub>	Fuerza horizontal máxima (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>1</sub>	Fluencia por fuerza
d <sub>1</sub>	Fluencia por desplazamiento
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro externo del caucho
t <sub>e</sub>	Espesor total del caucho
h	Altura excluyendo las planchas de acero externas
H	Altura total incluyendo las planchas de acero externas
Z	Longitud del lado de las planchas de acero externas

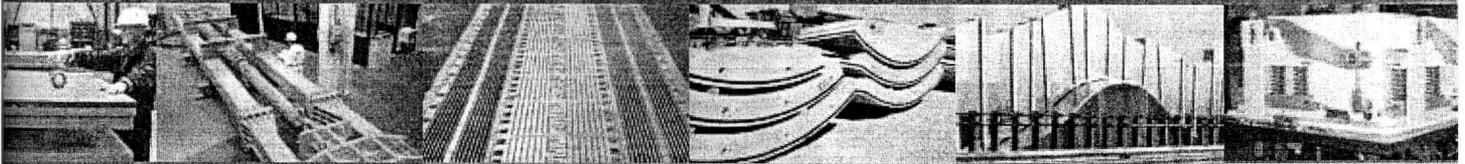
# DESPLAZAMIENTO $\pm 400$ mm

LRB-S	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	kN	kN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
				a d <sub>2</sub> = 333 mm									
LRB-S 500/200-110	50	1810	0.67	27	224	106	16	582	500	200	357	407	550
LRB-S 550/200-120	260	2710	0.81	27	270	126	16	789	550	200	357	407	600
LRB-S 600/204-130	500	3190	0.95	27	315	148	16	844	600	204	343	393	650
LRB-S 650/204-140	960	4460	1.11	27	368	172	16	1087	650	204	353	413	700
LRB-S 700/203-150	1390	5240	1.28	26	427	197	16	1176	700	203	337	397	750
LRB-S 750/203-160	2170	6980	1.46	26	488	225	16	1461	750	203	337	397	800
LRB-S 800/200-175	2810	8050	1.71	27	572	268	16	1571	800	200	322	382	850
LRB-S 850/200-185	3850	10350	1.93	27	643	300	16	1901	850	200	322	382	900
LRB-S 900/207-195	4540	11250	2.11	27	704	333	17	1943	900	207	345	405	950
LRB-S 1000/207-200	7290	17610	2.45	24	816	354	17	2731	1000	207	355	435	1050
LRB-S 1100/220-200	10230	22370	2.66	22	887	360	18	3143	1100	220	364	444	1150
LRB-S 1200/220-200	13240	29340	2.99	20	996	365	18	3770	1200	220	356	436	1250

LRB-SN	V	F <sub>zd</sub>	K <sub>e</sub>	$\xi_e$	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	K <sub>v</sub>	D <sub>g</sub>	t <sub>e</sub>	h	H	Z
	kN	kN	kN/mm	%	kN	kN	mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm
				a d <sub>2</sub> = 333 mm									
LRB-SN 500/200-130	10	2890	0.97	26	322	148	16	683	500	200	357	407	550
LRB-SN 550/200-145	280	4300	1.18	27	394	184	16	904	550	200	357	407	600
LRB-SN 600/204-150	660	5140	1.34	25	445	198	16	996	600	204	343	393	650
LRB-SN 650/204-170	1240	7080	1.62	27	541	253	16	1248	650	204	353	413	700
LRB-SN 700/203-170	1940	8480	1.79	24	595	256	16	1395	700	203	337	397	750
LRB-SN 750/203-170	3170	11480	1.95	22	651	259	16	1736	750	203	337	397	800
LRB-SN 800/200-190	4070	13160	2.32	23	772	321	16	1881	800	200	322	382	850
LRB-SN 850/200-185	5780	16910	2.47	21	823	308	16	2288	850	200	322	382	900
LRB-SN 900/225-185	6630	17430	2.47	21	824	312	18	2198	900	225	371	431	950
LRB-SN 1000/207-200	10940	29350	3.18	19	1058	366	17	3249	1000	207	355	435	1050
LRB-SN 1100/250-200	15630	32810	3.19	19	1065	374	20	3291	1100	250	406	486	1150
LRB-SN 1200/275-215	19840	38760	3.53	19	1177	434	22	3560	1200	275	431	511	1250

## Leyenda

V	Carga máxima vertical en combinaciones de carga incluida la acción sísmica con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>zd</sub>	Carga máxima vertical en ULS
K <sub>e</sub>	Rigidez efectiva horizontal (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
$\xi_e$	Coefficiente de amortiguación viscosa equivalente (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>2</sub>	Fuerza horizontal máxima (con desplazamiento 1.2 d <sub>2</sub> )
F <sub>1</sub>	Fluencia por fuerza
d <sub>1</sub>	Fluencia por desplazamiento
K <sub>v</sub>	Rigidez vertical
D <sub>g</sub>	Diámetro externo del caucho
t <sub>e</sub>	Espesor total del caucho
h	Altura excluyendo las planchas de acero externas
H	Altura total incluyendo las planchas de acero externas
Z	Longitud del lado de las planchas de acero externas



**DISPOSITIVOS  
DE APOYO**

**DISPOSITIVOS  
ANTISÍSMICOS**

**JUNTAS DE  
DILATACIÓN**

**ACCESORIOS  
PARA TÚNELES**

**PANTALLAS  
ACÚSTICAS**

**SISTEMAS ANTIVIBRATORIOS**

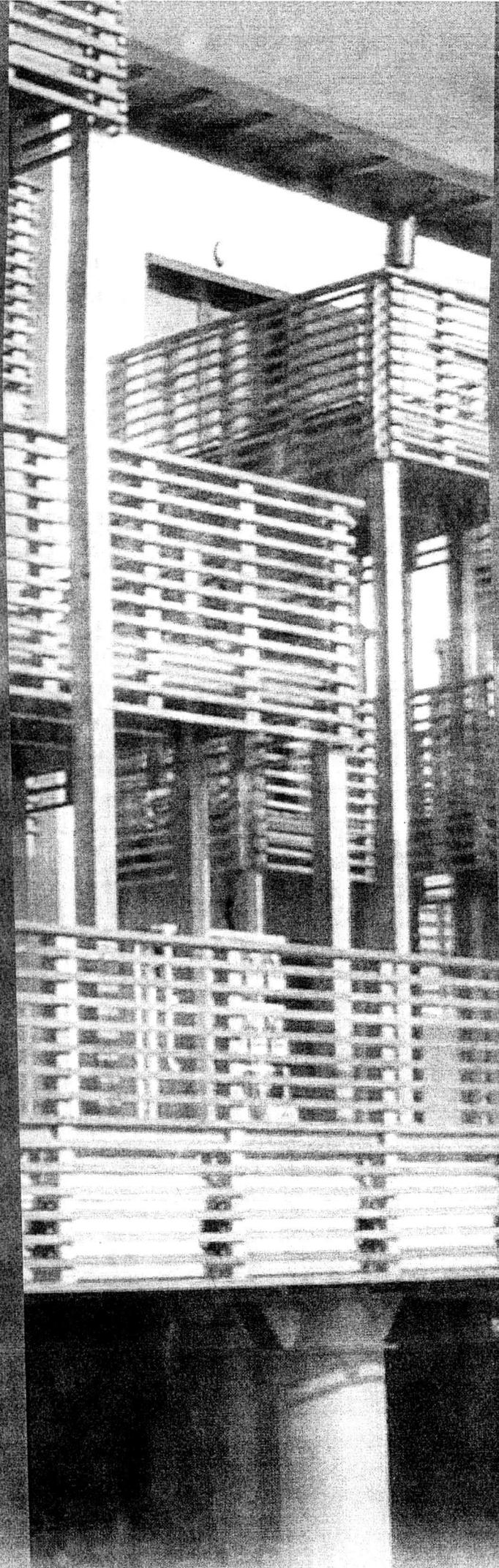


**FIP INDUSTRIALE**  
leading technologies



**FIP INDUSTRIALE SpA**  
via Scapacchiò 41, Casella Postale 97  
35030 Selvazzano (PD) - ITALY  
T +39 0498225511 F +39 049638567  
fip@fip-group.it  
[fipindustriale.it](http://fipindustriale.it)

DESGLIZADORES EN  
SUPERFICIES CURVAS



DESGLIZADORES EN SUPERFICIES CURVAS

**FIP INDUSTRIALE**  
leading technologies

# SRAC CERTS

NOTIFIED BODY No. 1835

Certificate of constancy of performance  
1835 - CPR

In compliance with Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 (the Construction products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction products



# SRAC

NOTIFIED BODY No. 1835

# SRAC CERTSERV

NOTIFIED BODY No. 1835

Certificate of constancy of performance,  
1835 - CPR - 00-0011

In compliance with Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 (the Construction products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction products

# SRAC CERTSERV

NOTIFIED BODY No. 1835

Certificate of constancy of performance,  
1835 - CPR - 00-0013

In compliance with Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 (the Construction products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction products

## ANTISEISMIC DEVICES, SEISMIC ISOLATORS, CURVED AND FLAT SURFACE SLIDERS ISOLATORS

used in buildings and civil engineering works where requirements on individual products are critical and whose characteristics are detailed in the Annexes 1 and 2

placed on the market under the name or trade mark of

**FIP INDUSTRIALE S.p.A.**  
Via Scapacchio 41, 35030, Selvazzano Dentro, Padova, Italy

and produced in the manufacturing plant

**FIP INDUSTRIALE S.p.A.**  
Via Scapacchio 41, 35030, Selvazzano Dentro, Padova, Italy.

This certificate attests that all provisions concerning the assessment and verification of constancy of performance (AVCP) described in Annex ZA of the standard

**EN 15129:2009 §§ 8.3 and 8.4**

under system 1 for the performance set out in this certificate are applied and that the factory production control conducted by the manufacturer is assessed to ensure the

constancy of performance of the construction product.

This certificate was first issued on 18.01.2011 and will remain valid as long as neither the harmonised standard, the construction product, the AVCP methods nor the manufacturing conditions in the plant are modified significantly, unless suspended or withdrawn by the notified product certification body

15.01.2016

Administrator General Director,  
**Gabriel IONESCU**

5 Theodor Buzda Street, Sector 1, Bucharest, 010215 ROMANIA

In compliance with Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 (the Construction products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction products

ANTISEISMIC DEVICES

used in buildings

Via Scapacchio 41, 35030, Selvazzano Dentro, Padova, Italy

Via Scapacchio 41, 35030, Selvazzano Dentro, Padova, Italy

This certificate attests that all provisions concerning the assessment and verification of constancy of performance (AVCP) described in Annex ZA of the standard

under system 1 for the performance set out in this certificate are applied and that the factory production control conducted by the manufacturer is assessed to ensure the

This certificate was first issued on 18.01.2011 and will remain valid as long as neither the harmonised standard, the construction product, the AVCP methods nor the manufacturing conditions in the plant are modified significantly, unless suspended or withdrawn by the notified product certification body

15.01.2016

Administrator General Director,  
**Gabriel IONESCU**



5 Theodor Buzda Street, Sector 1, Bucharest, 010215 ROMANIA

Administrator General Director,  
**Gabriel IONESCU**

Administrator General Director,  
**Gabriel IONESCU**



5 Theodor Buzda Street, Sector 1, Bucharest, 010215 ROMANIA

# INTRODUCCIÓN

## CERTIFICACIÓN

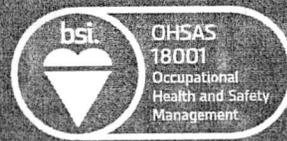
La certificación ISO 9001, obtenida en 1992, asegura que el mismo nivel de calidad sea mantenido desde la etapa de diseño pasando por la fabricación hasta la instalación, mientras la Certificación OHS 618800 avala la aplicación por parte de **FIP Industriale** de un Sistema de Gestión de la Seguridad y de la Salud Ocupacional en cumplimiento con los requerimientos de la norma BS OHSAS 18001:2007.

**FIP Industriale** ha sido la primera empresa italiana en producir apoyos estructurales, dispositivos antisísmicos, y juntas de dilatación contando con un sistema de calidad al más alto nivel, garantizando la misma calidad y confiabilidad desde el diseño hasta la asistencia al cliente. La certificación se obtuvo luego de una evaluación muy rigurosa por parte de una organización reconocida internacionalmente.

Dentro del contexto de armonización de las directivas Europeas sobre los Productos de Construcción, **FIP Industriale** obtuvo el marcado **CE** para los distintos dispositivos antisísmicos, incluidos los aisladores elasto-méricos, de acuerdo con las normas Europeas EN 15129:2009 *Dispositivos Antisísmicos*.



CISQ



OHS 618800



## BIM READY

Proceso de generación y gestión de datos digitales compartidos para facilitar el diseño, la construcción y la operatividad de una estructura, en base a un procedimiento deliberativo realista e interactivo que permite al contratista – público o privado – participar de todos los procesos decisionales.

FIP Industriale está capacitada para brindar a sus clientes modelos BIM – según el formato IFC – para poder mantener la comunicación, la cooperación, la simulación y la mejora de un proyecto a través del ciclo de vida completo de una obra construida o en construcción.

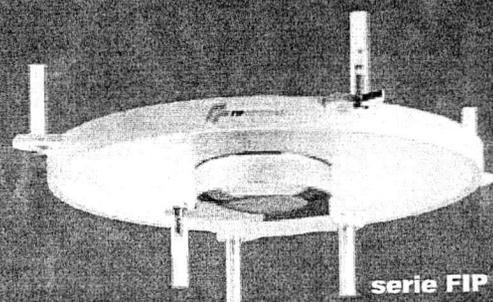
## DESCRIPCIÓN

Los deslizadores en superficie curva o péndulos de fricción (**FIP**) son aisladores móviles basados en el principio del péndulo. En una estructura aislada por medio de deslizadores en superficie curva, el período de oscilación depende principalmente del radio de curvatura de la superficie curva, es decir, es casi independiente de la masa de la estructura. La disipación de energía se produce por la fricción durante el movimiento de las superficies de deslizamiento, y la capacidad de recentraje se produce por la curvatura de la superficie de deslizamiento.

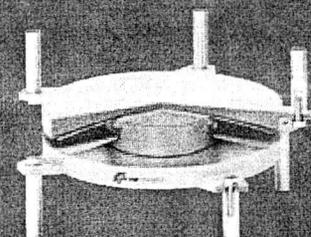
El péndulo de fricción puede ser diseñado y fabricado en dos tipos principales, con una o dos superficies esféricas de deslizamiento que acomodan el desplazamiento horizontal, clasificado respectivamente como serie **FIP** o **FIP-D**.

Los dispositivos serie **FIP** se caracterizan por: 1) un deslizador cóncavo (elemento superior en la foto) cuyo radio de curvatura determina el período de oscilación y permite el desplazamiento horizontal; 2) un elemento base con una superficie cóncava de deslizamiento secundaria que permite la rotación; 3) un elemento intermedio de acero con dos superficies convexas con una forma que permite el acoplamiento con los otros dos elementos. El dispositivo puede ser instalado al revés, es decir con el apoyo cóncavo principal en la parte inferior.

Los dispositivos serie **FIP-D**, o los deslizadores de superficie cóncava dobles se caracterizan por dos superficies de deslizamiento cóncavas primarias con el mismo radio de curvatura; ambas superficies permiten el desplazamiento horizontal y la rotación. En este caso, cada superficie de deslizamiento es diseñada para permitir solo la mitad del desplazamiento total, de modo que las dimensiones en el plano de los dispositivos puedan ser significativamente más pequeñas en comparación con los dispositivos **FIP**. Otra ventaja de los dispositivos serie **FIP-D** sobre los de la serie **FIP** es que la excentricidad de la carga vertical es reducida a la mitad (efecto P- $\Delta$ ) es decir, es igual a la mitad del desplazamiento, mientras que en los dispositivos de la serie **FIP** es igual al desplazamiento (en un lado). Para controlar la fricción se utiliza un material termoplástico especial (rojo en las fotos), acoplado con acero inoxidable en ambas superficies de desplazamiento primaria y secundaria.



serie FIP



serie FIP-D

# CARACTERÍSTICAS

## MATERIALES

La selección del material de deslizamiento es esencial para darle a los deslizadores en superficie curva un comportamiento óptimo en términos de: 1) capacidad de carga; 2) coeficiente de fricción y consecuentemente, disipación de energía; 3) estabilidad de la fuerza histerética-curva de desplazamiento sea con la temperatura que con ciclos repetidos; 4) durabilidad; 5) resistencia al desgaste.

El material de deslizamiento utilizado en las primeras superficies de deslizamiento es el **FFM** (FIP Friction Material), polietileno con peso molecular altísimo (UGMW-PE) caracterizado por sus propiedades excepcionales en términos de capacidad de carga, resistencia al desgaste, como también de estabilidad y durabilidad.

Otras características importantes del **FFM** son la ausencia del fenómeno de atascamiento-deslizamiento (stick-slip) y el valor bajo valor de la relación entre la fricción de separación y la fricción dinámica.

Las propiedades descritas anteriormente han sido revisadas a través de programas de ensayos extensivos, incluyendo, entre otros, los ensayos requeridos por las Normas Europeas EN 15129, realizados tanto en los laboratorios de **FIP Industriale** como en laboratorios independientes.

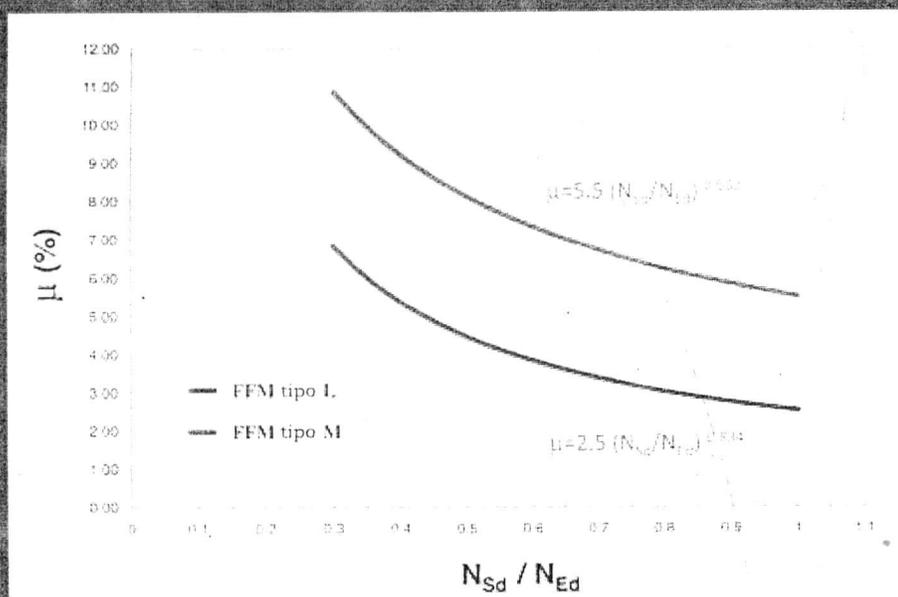
El material **FFM** es utilizado sin lubricación. El material utilizado en la superficie de deslizamiento secundaria de los dispositivos serie **FIP** es el **SMF** (Sliding Material FIP), es decir un UHMW-PE alveolado y lubricado.

Tipo de FFM	L (fricción baja)	M (fricción media)
Coefficiente de fricción mínimo (%)	2.5	5.5

Los valores del coeficiente de fricción detallados más arriba, son valores mínimos y corresponden a la carga vertical máxima de diseño  $N_{Ed}$  del deslizador para superficie curva, es decir, las combinaciones de carga vertical máxima en ELU, incluida la acción sísmica, o en cualquier combinación de cargas incluido el desplazamiento horizontal. Para los aisladores estándar **FIP-D**, los valores de la carga vertical máxima de diseño  $N_{Ed}$  se detallan en las tablas al final del catálogo.

Los gráficos muestran como el coeficiente de fricción dinámico cambia con la carga vertical: en particular, con la relación entre la carga vertical  $N_{Sd}$ , que actúa sobre el aislador (normalmente considerada constante e igual a la carga casi-permanente), y la carga vertical  $N_{Ed}$  máxima, definida más arriba.

A pedido del cliente, se pueden utilizar distintos valores de coeficientes de fricción.



El acero austenítico de acuerdo con las Normas Europeas UNI EN 10088-2, es comúnmente utilizado como superficie de acoplamiento.

## MODELACIÓN

El modelo matemático que describe de mejor modo el funcionamiento de los deslizadores en superficie curva (FIP y FIP-D) consiste en una curva bilineal fuerza-desplazamiento, como se puede ver en la figura, donde:

$F_0 = \mu \cdot N_{sd}$  → fuerza de fricción desarrollada por el aislador

$F_{max} = F_0 + K_r \cdot d = \mu \cdot N_{sd} + \frac{N_{sd}}{R} \cdot d$  → fuerza máxima horizontal

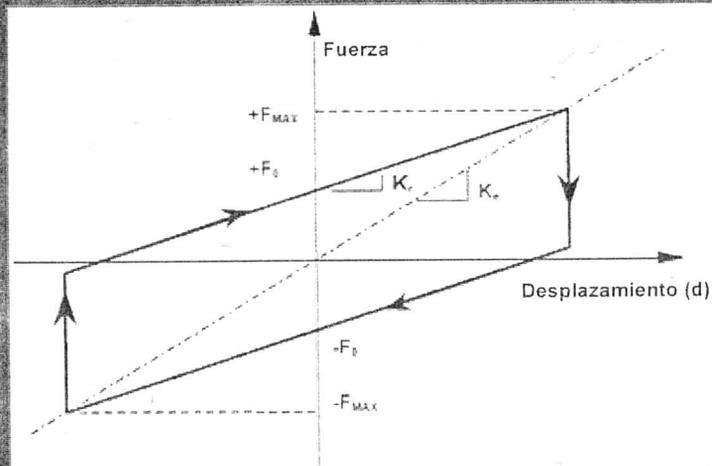
$K_r = \frac{N_{sd}}{R}$  → rigidez de restauración

$\mu$  → coeficiente de fricción

$N_{sd}$  → carga vertical sobre el aislador

$R$  → radio de curvatura equivalente

$d$  → desplazamiento



La carga vertical  $N_{sd}$  utilizada para modelar el comportamiento de los deslizadores en superficie curva durante la acción sísmica es la carga vertical casi-permanente es decir, la masa multiplicada por la aceleración de la gravedad, que es la carga media ejercida sobre el aislador durante el terremoto. Los modelos no-lineales dinámicos que consideran la variación de la carga vertical durante el terremoto no son muy utilizados.

El coeficiente de fricción  $\mu$  en una función de la carga vertical, como explicado más arriba. En general se calcula al valor de carga casi-permanente, de acuerdo con la ley  $\mu(N_{sd}/N_{Ed})$ .

En los dispositivos serie FIP, el radio de curvatura equivalente  $R$  coincide con el radio de curvatura geométrico de la superficie de deslizamiento primaria, mientras que en la serie FIP-D, el valor  $R$  es casi dos veces el radio de curvatura geométrico de cada superficie de deslizamiento.

Si las normas utilizadas para el diseño estructural permiten modelar el comportamiento no-lineal con un comportamiento lineal equivalente, la rigidez efectiva y la amortiguación viscosa efectiva podrán ser calculadas con la siguiente fórmula:

$$K_e = N_{sd} \cdot \left( \frac{1}{R} + \frac{\mu}{d} \right) \quad \xi_e = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{1}{\frac{d}{\mu \cdot R} + 1}$$

Cabe señalar que tanto la rigidez efectiva como la amortiguación viscosa efectiva dependen del desplazamiento; por lo tanto, aún cuando esté permitido modelar un sistema de aislación como lineal equivalente, será necesario aplicar un procedimiento iterativo, hasta que la diferencia entre los valores de desplazamiento de la hipótesis y aquellos calculados sea ínfima.

Gracias a la dependencia de la rigidez efectiva de la carga vertical, el centro de masa y el centro de rigidez del sistema de aislación coinciden en la planta. El periodo efectivo fundamental, es decir el periodo asociado a la rigidez efectiva, de una estructura aislada con deslizadores en superficie curva puede ser estimado como:

$$T_e = 2\pi \sqrt{\frac{1}{g \cdot \left( \frac{1}{R} + \frac{\mu}{d} \right)}}$$

El periodo asociado a la rigidez de restauración  $K_r$  es equivalente al periodo de un péndulo simple de longitud  $R$ :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$$

# CRITERIOS DE DISEÑO Y DE PRODUCCIÓN

## NORMAS

Los deslizadores en superficie curva (FIP y FIP-D) son diseñados según las Normas Europeas EN 15129:2009 *Dispositivos Antisísmicos*. A pedido del cliente, estos pueden ser diseñados según otras normas o especificaciones técnicas.

## CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Los aisladores estándar FIP-D son diseñados para diferentes valores de desplazamiento máximo, de 100 a 400 mm. Este tipo de desplazamiento se entiende como desplazamiento máximo  $d_{Ed}$  de acuerdo con EN 15129:2009. Para edificios y otras estructuras diferentes de los puentes, el  $d_{Ed}$  es dado por el desplazamiento de diseño bajo la acción sísmica  $d_{bd}$ , factorizado por el factor de magnificación  $\gamma$ , según el Eurocode 8 (EN 1998-1:2005, § 10.3 (2)P). Para los puentes, el  $d_{Ed}$  coincide con el  $d_{max}$ , como se define en la norma EN 1998-2:2009 § 7.6.2, es decir, se obtiene agregando al desplazamiento sísmico amplificado de diseño  $\gamma \cdot d_{bd}$ , el desplazamiento potencial de compensación debido a acciones permanentes, las deformaciones a largo plazo de la superestructura, y el 50% de acción térmica.

La carga vertical  $N_{Ed}$  indicada en las tablas, es la carga vertical máxima en las combinaciones de carga en ELU incluyendo la acción sísmica, o en cualquier otra combinación, que considere también el desplazamiento horizontal. La carga vertical, con un desplazamiento horizontal cero, puede ser superior a  $N_{Ed}$ , y en general en las estructuras de hormigón armado depende de la resistencia del hormigón.

El radio de curvatura equivalente es establecido para cada valor del desplazamiento; se utilizaron tres valores diferentes, 2.5 metros para un desplazamiento de entre 100 y 150 mm, 3.1 metros para desplazamientos de entre 200 y 250 mm, y 3.7 m para desplazamientos de 300, 350 y 400 mm.

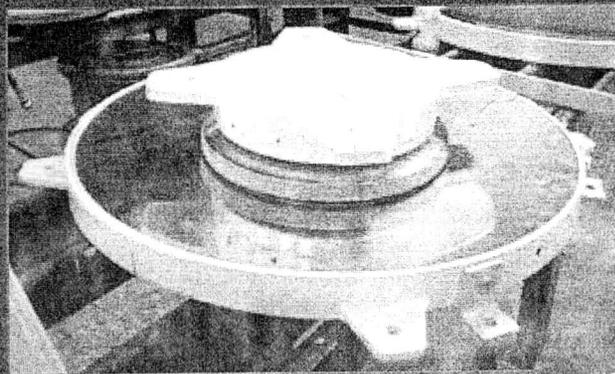
Se recomienda utilizar en una estructura aisladores con el mismo radio de curvatura equivalente, para evitar de esta manera desplazamientos diferenciales verticales asociados al desplazamiento horizontal.

El valor de rotación supuesto en el diseño es de 0.01 rad, combinado con el desplazamiento máximo horizontal  $d_{Ed}$ . Para valores de desplazamiento menores, se permiten valores de rotación mayores.

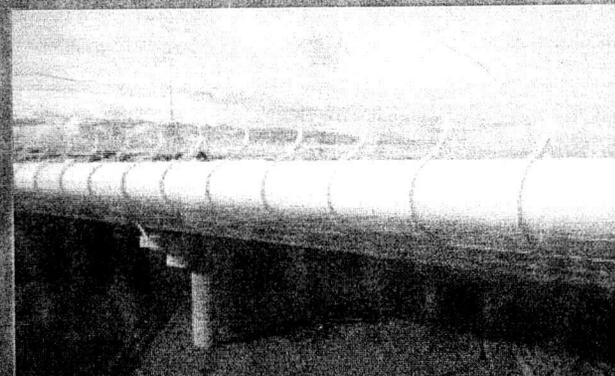
El departamento técnico de FIP Industriale puede diseñar también deslizadores en superficie curva *ad hoc*, diferentes de los dispositivos de tipo estándar, para satisfacer los requisitos del ingeniero diseñador, es decir, con valores diferentes de radio de curvatura, desplazamiento, carga vertical, rotación y coeficiente de fricción.

## CONTROL DE CALIDAD

El sistema de calidad interno de FIP Industriale asegura la conformidad del producto según los distintos requerimientos, garantizando la calidad de los materiales y del proceso productivo.



apoyo móvil para superficie curva serie FIP fabricado para el Puente Mary, Turkmenistán



TURKMENISTÁN - Puente Mary

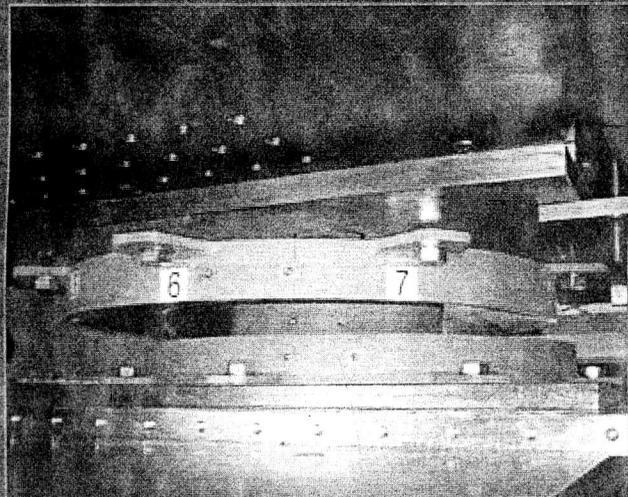


# ENSAYOS DE TIPO Y ENSAYOS DE CONTROL DE PRODUCCIÓN EN FÁBRICA

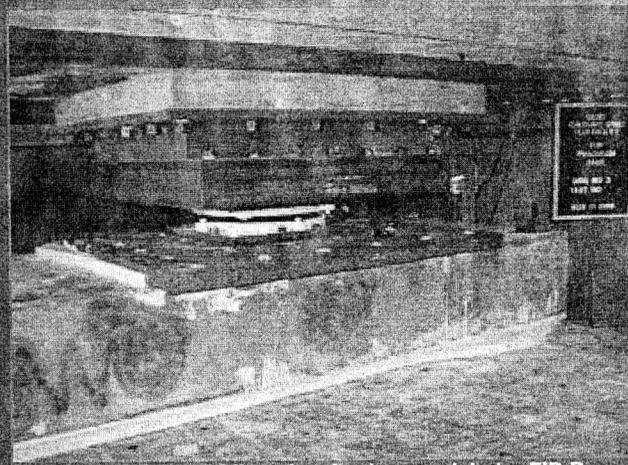
Los dispositivos FIP y FIP-D son ensayados en laboratorios independientes. En particular, los aisladores a escala real de distintos tamaños han sido sometidos a Ensayos de Tipo, de acuerdo con la Norma Europea EN15129, la Norma Italiana NTC 2008 y otras normas nacionales.

Además, dos aisladores FIP-D fueron ensayados en el laboratorio de pruebas SRMD (Seismic Response Modification Device) de la Universidad de San Diego, California EE.UU., para comprobar el comportamiento de los dispositivos cuando son sometidos a movimientos horizontales dinámicos bi-direccionales simultáneos, en presencia de cargas verticales. Los aisladores fueron sometidos a movimientos simultáneos sinusoidales a lo largo de dos ejes primarios (llamados trayectoria en forma de hoja de trébol, según EN 15129), y un análisis sísmico dinámico completo (time-history) bi-direccional de desplazamiento horizontal, el cual reproduce el efecto de un terremoto real.

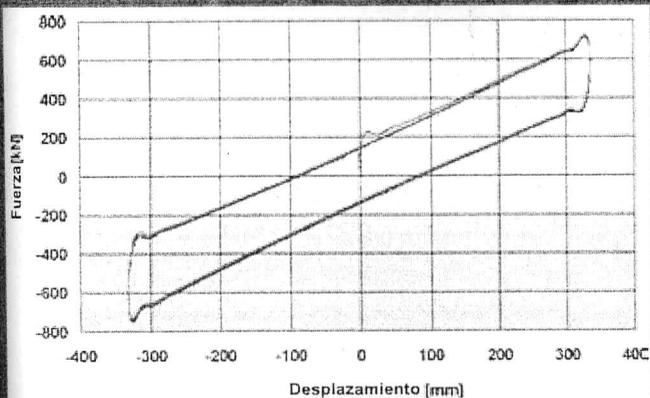
La confiabilidad de la tecnología de FIP Industriale ha sido confirmada a través de los Ensayos de Tipo antes mencionados, así como también por los numerosos ensayos de Control de Producción en Fábrica, realizados ya sea en laboratorios independientes, como en el Laboratorio de FIP Industriale según EN 15129 y la Norma Italiana NTC 2008. Además, se han realizado ensayos dinámicos en edificios enteros aislados sísmicamente con aisladores FIP-D, para el proyecto C.A.S.E. en la localidad de L'Aquila (Italia), llevados a cabo por la Defensa Civil Italiana.



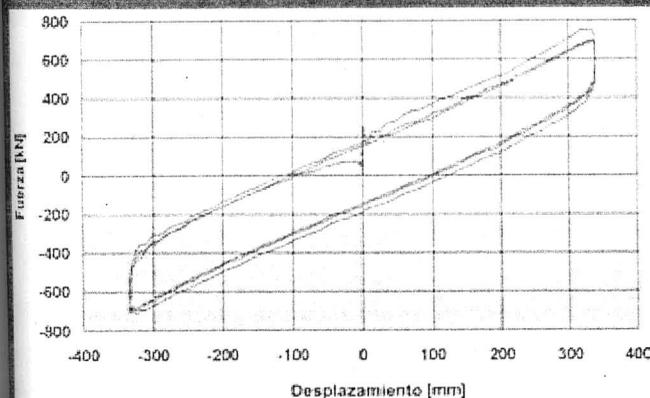
ensayo de Tipo sobre un deslizador cóncavo doble en el Laboratorio Eucentre de Pavía, Italia



ensayos de Tipo bidireccional sobre un aislador FIP-D en la estructura de ensayos SRMD de la Universidad de SanDiego, California en Estados Unidos



ciclos histéricos experimentales de un deslizador cóncavo para superficie curva obtenidos en una prueba a velocidad constante



ciclos histéricos experimentales de un deslizador cóncavo doble para superficie curva obtenidos en una prueba sinusoidal



ensayos dinámicos de un edificio del proyecto CASE en L'Aquila (Italia) aislado con dispositivos FIP-D

# CRITERIOS DE DISEÑO Y PRODUCCIÓN

## SISTEMAS DE ANCLAJE

Los deslizadores en superficie curva están fijados a la estructura por medio de sistemas de anclaje mecánicos los cuales absorben el 100% de la carga horizontal (a pesar de que la Norma Europea EN 15219:2009 permite que solo el 75% de la carga horizontal sea absorbida por los anclajes mecánicos, cuando la carga vertical mínima de los aisladores durante la acción sísmica sea determinada por un análisis dinámico no-lineal).

## INSTALACIÓN

El típico procedimiento de instalación de un aislador anclado en su parte inferior y superior para reforzar las estructuras hormigonadas en obra comprende las siguientes fases:

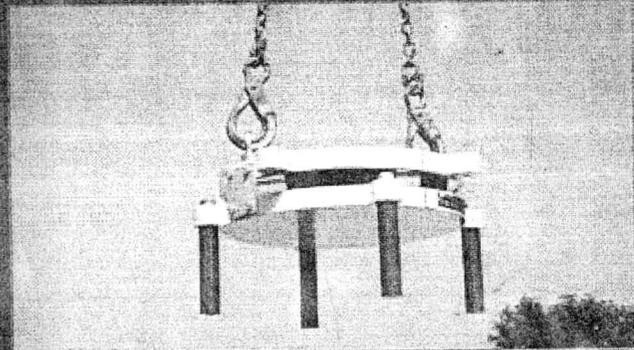
- hormigonado de la subestructura hasta unos centímetros más abajo del aislador, dejando espacio para los casquillos de anclaje con un diámetro de al menos el doble de los casquillos de anclaje mismos;
- posicionamiento del aislador al nivel de diseño y nivelación horizontal de su base;
- construcción de un encofrado un poco más grande que el aislador y un centímetro más alto que el nivel de la malta epoxy;
- enlechado (con un mortero epoxy o cemento anti-retracción) hasta un espesor sugerido de entre 2 y 5cm;
- atornillado de los casquillos de anclaje superiores al aislador (si no han sido ya fijados);
- ajustado del encofrado superior adaptándolo muy cerca de la plancha superior del aislador;
- posicionamiento del refuerzo de la superestructura, seguido del hormigonado.
- luego de la maduración del cemento y en todo caso, antes que la estructura comience a utilizarse, remover los ganchos de transporte (normalmente de color amarillo) destornillando los tornillos; se recomienda atornillar todos los tornillos en sus respectivos huecos roscados de manera que se pueda garantizar la máxima protección contra la corrosión de los huecos mismos.

Es muy importante prestar atención y proteger las superficies de deslizamiento de los aisladores durante el hormigonado. Si las superficies de deslizamiento se ensucian accidentalmente durante la instalación, deben ser limpiadas lo antes posible.

## RESISTENCIA AL FUEGO

Los deslizadores en superficie curva se caracterizan por la resistencia al fuego, en general más de 240 minutos, si son instalados en estructuras de hormigón armado, es decir cuando la exposición al fuego es solo a través de las superficies laterales.

Sin embargo, podría ser necesario el reemplazo del aislador completo que estuvo en contacto con el fuego, o al menos parte de este (es decir el material de deslizamiento y el acero inoxidable). Para los deslizadores en superficie curva instalados en estructuras de acero, se sugiere un sistema de protección contra el fuego pasivo para los aisladores así como también para los elementos estructurales.

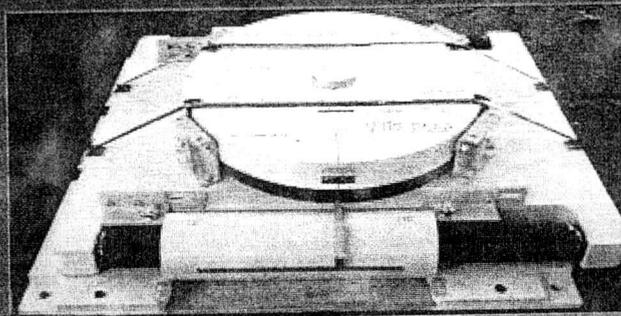


## COMBINACIÓN DE DISPOSITIVOS

Los deslizadores en superficies curvas pueden ser combinados con otros dispositivos antisísmicos para obtener rendimientos especiales, útiles en particular para aplicación en puentes.

Por ejemplo, se pueden combinar con unidades de transmisión de choque para su aplicación sobre pilas móviles de un puente; las unidades de transmisión de choque permiten movimientos lentos, debido a variaciones de la temperatura, sin transmitir una fuerza horizontal

significativa a la pila, mientras que en caso de terremoto, las unidades de transmisión de choque se hacen rígidas y el deslizador para superficie curva se activa, disipando la energía y asegurando la recentralización en la curva fuerza desplazamiento. Este comportamiento puede ser importante para reducir la fuerza horizontal transmitida a la pila durante las condiciones de servicio.



aislador FIP-D combinado con unidades de choque

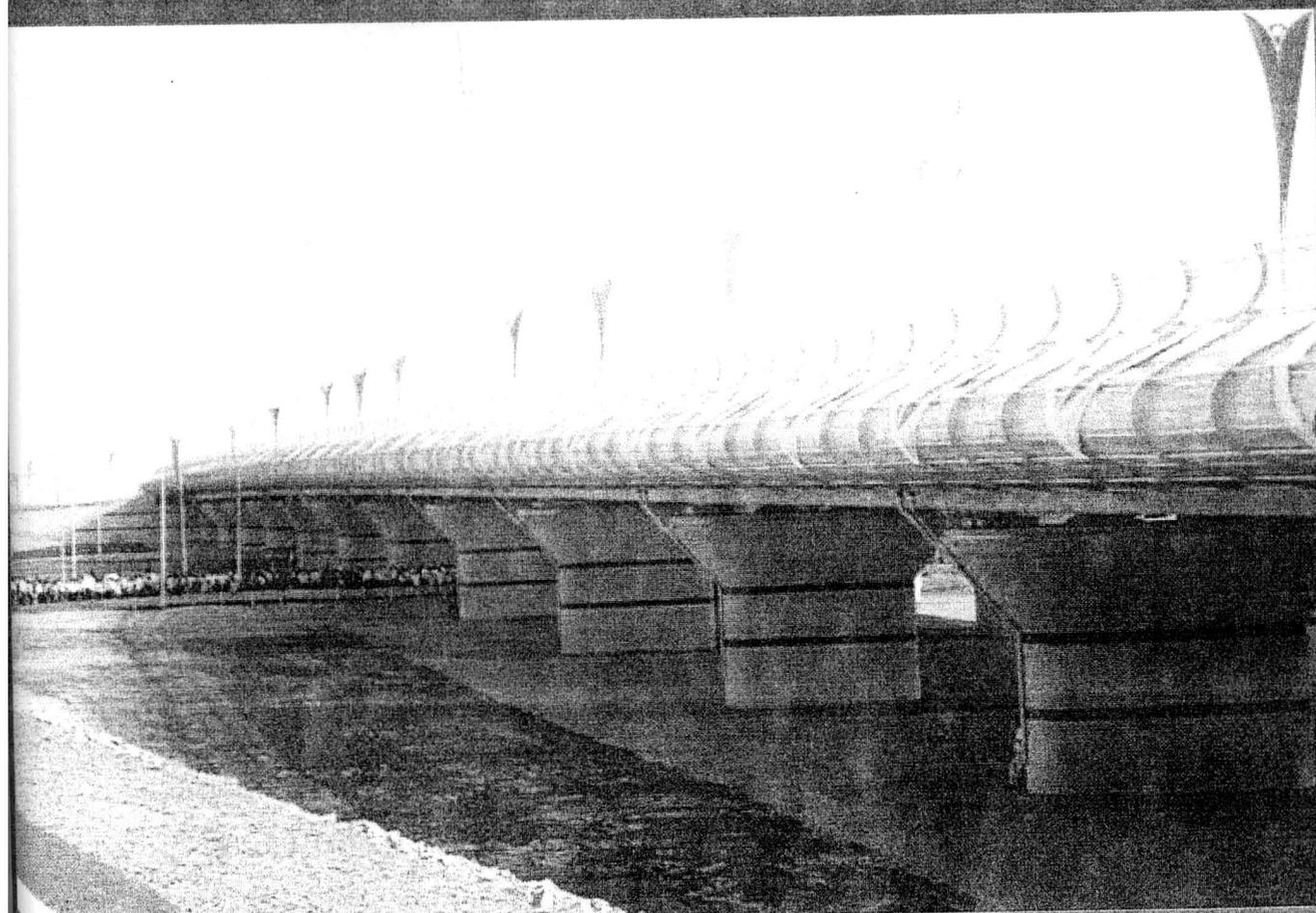
## IDENTIFICACIÓN

Los deslizadores en superficie curva o deslizadores cóncavos en superficie curva dobles están clasificados con el nombre **FIP** o **FIP-D**, respectivamente, seguido por una letra y 3 números. La letra identifica el coeficiente de fricción (L: baja fricción – M: fricción media), el primer número es un número convencional, el segundo representa el desplazamiento total en milímetros, y el tercero (entre paréntesis) es el radio de curvatura equivalente en milímetros.

Ejemplo:

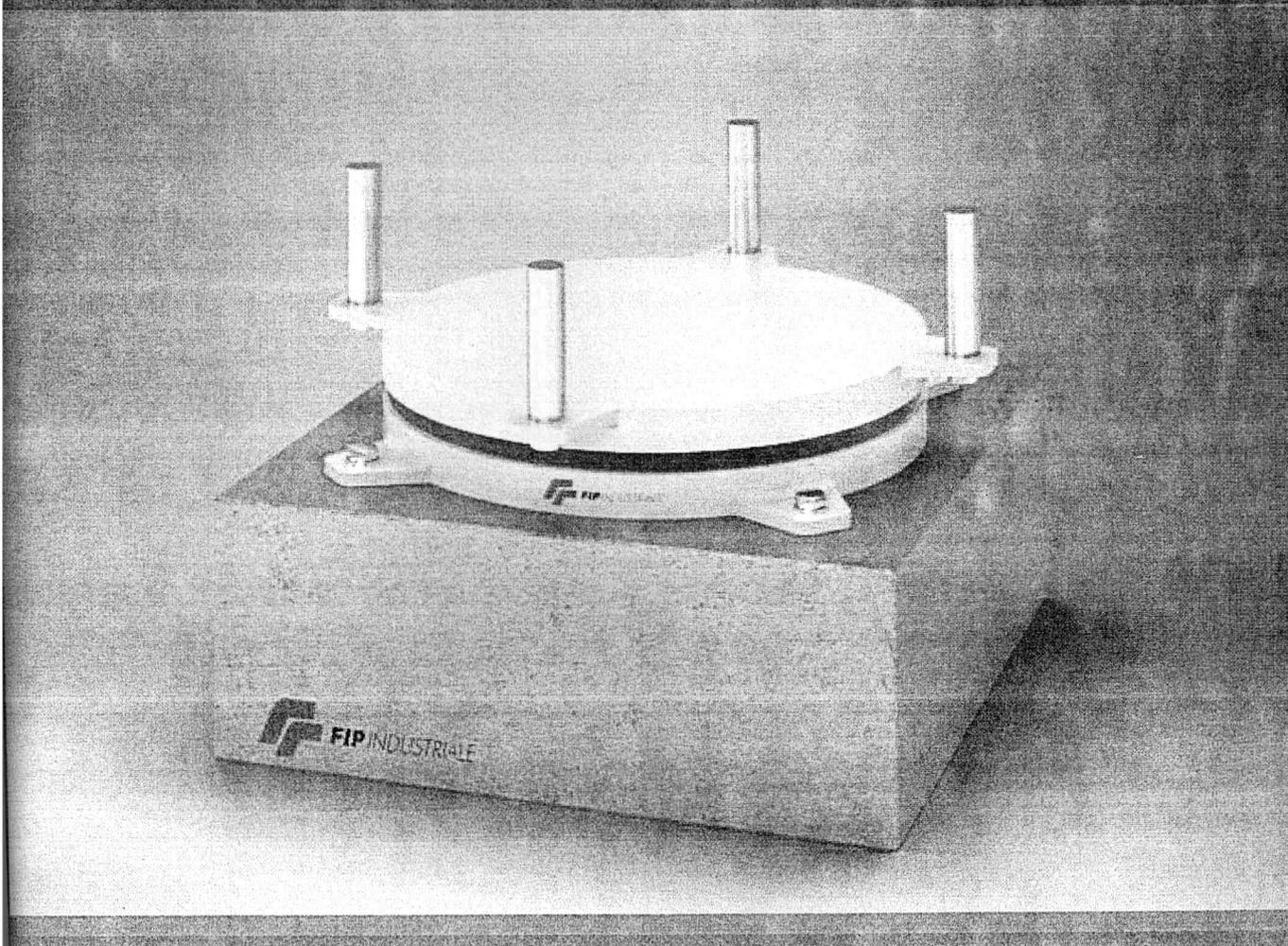
FIP-D L 1200/600 (3700)

deslizador cóncavo de superficie curva doble que permite el desplazamiento en todas las direcciones de  $\pm 300$  mm, con un radio de curvatura equivalente de 3700 mm y utilizando un material de deslizamiento a baja fricción

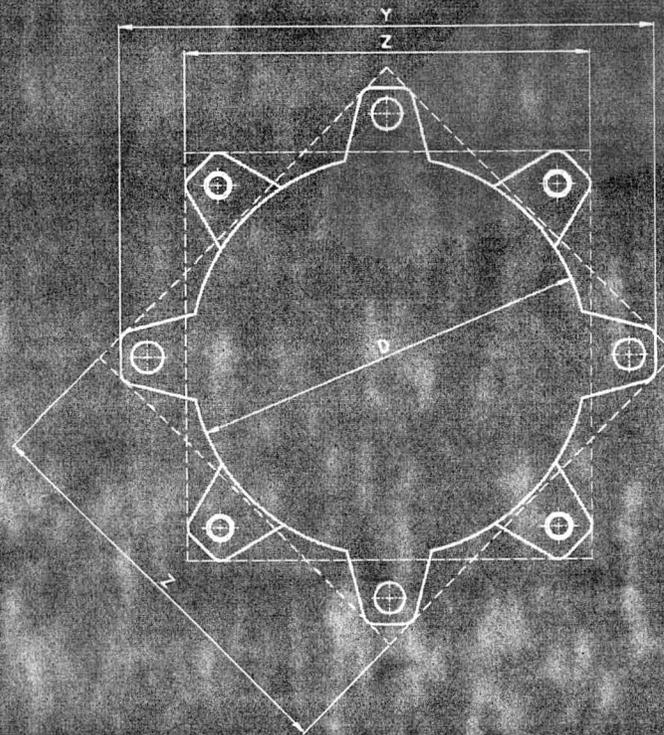
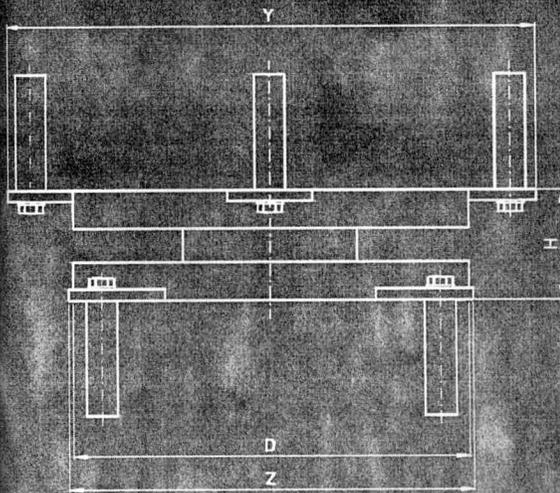




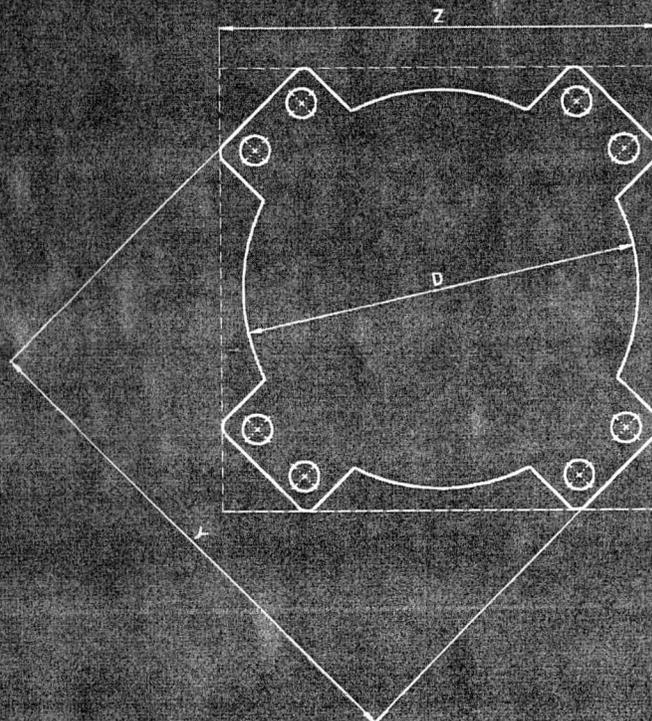
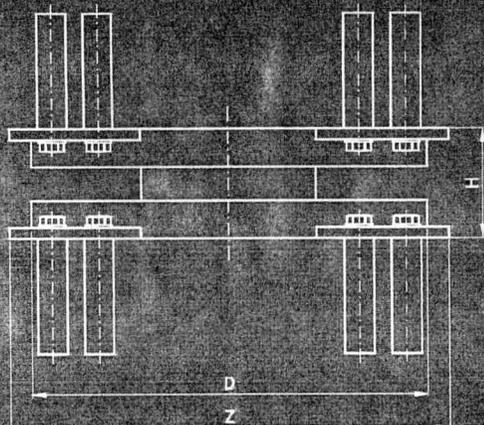
CASTEL DE SANGRO, ITALIA - edificio privato



# ESQUEMA FIP-D



Diseño esquemático para aislador FIP-D con cuatro pernos superiores/inferiores



Diseño esquemático para aislador FIP-D con ocho o más pernos superiores/inferiores

# TABLAS DE FIP-D ESTÁNDAR

Fricción baja		Fricción media		Desplazamiento $\pm 100$ mm					
Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	D	Y	Z	H	n	W
				mm	mm	mm	mm		kg
FIP-D L 250/200 (2500)	1000	FIP-D M 250/200 (2500)	220	350	460	350	98	4	50
FIP-D L 340/200 (2500)	1500	FIP-D M 340/200 (2500)	560	390	490	380	104	4	65
FIP-D L 440/200 (2500)	2000	FIP-D M 440/200 (2500)	990	410	520	410	99	4	75
FIP-D L 510/200 (2500)	2500	FIP-D M 510/200 (2500)	1330	430	600	470	96	4	85
FIP-D L 590/200 (2500)	3000	FIP-D M 590/200 (2500)	1690	450	620	480	117	4	110
FIP-D L 670/200 (2500)	3500	FIP-D M 670/200 (2500)	2100	470	640	490	113	4	120
FIP-D L 760/200 (2500)	4000	FIP-D M 760/200 (2500)	2540	490	660	510	110	4	130
FIP-D L 910/200 (2500)	5000	FIP-D M 910/200 (2500)	3270	520	690	530	136	4	180
FIP-D L 1100/200 (2500)	6000	FIP-D M 1100/200 (2500)	4380	560	810	630	138	4	230
FIP-D L 1200/200 (2500)	7000	FIP-D M 1200/200 (2500)	4980	580	830	650	144	4	260
FIP-D L 1400/200 (2500)	8000	FIP-D M 1400/200 (2500)	5960	610	860	670	156	4	300
FIP-D L 1600/200 (2500)	9000	FIP-D M 1600/200 (2500)	7030	640	890	690	158	4	340
FIP-D L 1750/200 (2500)	10000	FIP-D M 1750/200 (2500)	7780	660	910	700	164	4	380
FIP-D L 2100/200 (2500)	12500	FIP-D M 2100/200 (2500)	9830	710	1040	810	222	4	560
FIP-D L 2500/200 (2500)	15000	FIP-D M 2500/200 (2500)	12120	760	1090	850	208	4	680
FIP-D L 2950/200 (2500)	17500	FIP-D M 2950/200 (2500)	14630	810	1050	970	213	8	800
FIP-D L 3450/200 (2500)	20000	FIP-D M 3450/200 (2500)	17360	860	1100	1000	259	8	1100
FIP-D L 4150/200 (2500)	25000	FIP-D M 4150/200 (2500)	21600	930	1210	1120	253	8	1300
FIP-D L 4950/200 (2500)	30000	FIP-D M 4950/200 (2500)	26250	1000	1280	1340	332	12	2000
FIP-D L 6500/200 (2500)	40000	FIP-D M 6500/200 (2500)	35300	1120	1400	1430	344	12	2650
FIP-D L 8050/200 (2500)	50000	FIP-D M 8050/200 (2500)	44700	1230	1510	1670	433	16	4000
FIP-D L 9650/200 (2500)	60000	FIP-D M 9650/200 (2500)	54250	1330	1610	1910	474	20	4800

Fricción baja		Fricción media		Desplazamiento $\pm 150$ mm					
Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	D	Y	Z	H	n	W
				mm	mm	mm	mm		kg
FIP-D L 250/300 (2500)	1000	FIP-D M 250/300 (2500)	220	400	510	400	101	4	65
FIP-D L 340/300 (2500)	1500	FIP-D M 340/300 (2500)	560	430	540	430	96	4	75
FIP-D L 440/300 (2500)	2000	FIP-D M 440/300 (2500)	990	460	630	490	101	4	100
FIP-D L 510/300 (2500)	2500	FIP-D M 510/300 (2500)	1330	480	650	500	97	4	110
FIP-D L 590/300 (2500)	3000	FIP-D M 590/300 (2500)	1690	500	670	520	118	4	140
FIP-D L 670/300 (2500)	3500	FIP-D M 670/300 (2500)	2100	520	690	530	114	4	150
FIP-D L 760/300 (2500)	4000	FIP-D M 760/300 (2500)	2540	540	710	540	110	4	160
FIP-D L 910/300 (2500)	5000	FIP-D M 910/300 (2500)	3270	570	820	640	136	4	220
FIP-D L 1100/300 (2500)	6000	FIP-D M 1100/300 (2500)	4380	610	860	670	135	4	260
FIP-D L 1200/300 (2500)	7000	FIP-D M 1200/300 (2500)	4980	630	880	680	140	4	290
FIP-D L 1400/300 (2500)	8000	FIP-D M 1400/300 (2500)	5960	660	910	700	164	4	360
FIP-D L 1600/300 (2500)	9000	FIP-D M 1600/300 (2500)	7030	690	940	720	156	4	380
FIP-D L 1750/300 (2500)	10000	FIP-D M 1750/300 (2500)	7780	710	1040	810	160	4	460
FIP-D L 2100/300 (2500)	12500	FIP-D M 2100/300 (2500)	9830	760	1090	850	208	4	650
FIP-D L 2500/300 (2500)	15000	FIP-D M 2500/300 (2500)	12120	810	1050	970	213	8	770
FIP-D L 2950/300 (2500)	17500	FIP-D M 2950/300 (2500)	14630	860	1100	1000	217	8	910
FIP-D L 3450/300 (2500)	20000	FIP-D M 3450/300 (2500)	17360	910	1190	1110	260	8	1250
FIP-D L 4150/300 (2500)	25000	FIP-D M 4150/300 (2500)	21600	980	1260	1330	254	12	1650
FIP-D L 4950/300 (2500)	30000	FIP-D M 4950/300 (2500)	26250	1050	1330	1380	333	12	2150
FIP-D L 6500/300 (2500)	40000	FIP-D M 6500/300 (2500)	35300	1170	1450	1630	342	16	2950
FIP-D L 8050/300 (2500)	50000	FIP-D M 8050/300 (2500)	44700	1280	1560	1880	429	20	4400
FIP-D L 9650/300 (2500)	60000	FIP-D M 9650/300 (2500)	54250	1380	1660	2120	438	24	5500

Radio de curvatura equivalente  $R = 2500$  m

## LEYENDA

<b>N<sub>Ed</sub></b>	Carga vertical máxima en combinaciones de carga a ELU incluyendo la acción sísmica o cualquier combinación de carga incluyendo el desplazamiento horizontal.
<b>D</b>	Diámetro del aislador excluyendo elementos de anclaje.
<b>Y</b>	Dimensión máxima total en planta.
<b>Z</b>	Longitud del lado del cuadrado que circunscribe el aislador incluyendo los elementos de anclaje.
<b>H</b>	Altura del aislador sin pernos.
<b>n</b>	Número de pernos superiores/inferiores.
<b>W</b>	Peso del aislador excluyendo los pernos.

Fricción baja		Fricción media		Desplazamiento $\pm 200$ mm					
Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	D	Y	Z	H	n	W
				mm	mm	mm	mm		kg
FIP-D L 280/400 (3100)	1000			460	570	460	108	4	85
FIP-D L 370/400 (3100)	1500	FIP-D M 370/400 (3100)	270	490	600	490	114	4	110
FIP-D L 470/400 (3100)	2000	FIP-D M 470/400 (3100)	370	520	690	500	109	4	130
FIP-D L 550/400 (3100)	2500	FIP-D M 550/400 (3100)	480	540	710	540	106	4	140
FIP-D L 630/400 (3100)	3000	FIP-D M 630/400 (3100)	630	560	730	560	125	4	170
FIP-D L 720/400 (3100)	3500	FIP-D M 720/400 (3100)	840	580	750	580	121	4	180
FIP-D L 810/400 (3100)	4000	FIP-D M 810/400 (3100)	1110	600	770	600	128	4	210
FIP-D L 1000/400 (3100)	5000	FIP-D M 1000/400 (3100)	1440	640	890	690	152	4	290
FIP-D L 1150/400 (3100)	6000	FIP-D M 1150/400 (3100)	1800	670	920	710	146	4	310
FIP-D L 1350/400 (3100)	7000	FIP-D M 1350/400 (3100)	2310	700	950	730	150	4	350
FIP-D L 1450/400 (3100)	8000	FIP-D M 1450/400 (3100)	2700	720	970	740	176	4	430
FIP-D L 1650/400 (3100)	9000	FIP-D M 1650/400 (3100)	3600	750	1000	770	169	4	480
FIP-D L 1800/400 (3100)	10000	FIP-D M 1800/400 (3100)	4740	770	1100	850	175	4	550
FIP-D L 2200/400 (3100)	12500	FIP-D M 2200/400 (3100)	6000	820	1150	890	214	4	710
FIP-D L 2600/400 (3100)	15000	FIP-D M 2600/400 (3100)	7920	870	1110	1010	220	8	860
FIP-D L 3050/400 (3100)	17500	FIP-D M 3050/400 (3100)	10440	920	1180	1040	235	8	1100
FIP-D L 3450/400 (3100)	20000	FIP-D M 3450/400 (3100)	13080	960	1240	1140	265	8	1300
FIP-D L 4300/400 (3100)	25000	FIP-D M 4300/400 (3100)	16740	1040	1320	1370	280	12	1800
FIP-D L 5100/400 (3100)	30000	FIP-D M 5100/400 (3100)	20010	1110	1390	1420	351	12	2450
FIP-D L 6650/400 (3100)	40000	FIP-D M 6650/400 (3100)	26700	1230	1510	1670	357	16	3200
FIP-D L 8200/400 (3100)	50000	FIP-D M 8200/400 (3100)	33600	1340	1620	1920	426	20	4500
FIP-D L 9800/400 (3100)	60000	FIP-D M 9800/400 (3100)	40500	1440	1720	2160	426	24	5600

Fricción baja		Fricción media		Desplazamiento $\pm 250$ mm					
Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	D	Y	Z	H	n	W
				mm	mm	mm	mm		kg
FIP-D L 280/500 (3100)	1000			510	620	510	111	4	110
FIP-D L 370/500 (3100)	1500	FIP-D M 370/500 (3100)	270	540	650	540	106	4	120
FIP-D L 470/500 (3100)	2000	FIP-D M 470/500 (3100)	370	570	740	570	111	4	160
FIP-D L 550/500 (3100)	2500	FIP-D M 550/500 (3100)	480	590	760	590	117	4	190
FIP-D L 630/500 (3100)	3000	FIP-D M 630/500 (3100)	630	610	780	610	124	4	200
FIP-D L 720/500 (3100)	3500	FIP-D M 720/500 (3100)	840	630	880	680	130	4	250
FIP-D L 810/500 (3100)	4000	FIP-D M 810/500 (3100)	1110	650	900	700	126	4	260
FIP-D L 1000/500 (3100)	5000	FIP-D M 1000/500 (3100)	1440	690	940	720	152	4	330
FIP-D L 1150/500 (3100)	6000	FIP-D M 1150/500 (3100)	1800	720	970	740	156	4	390
FIP-D L 1350/500 (3100)	7000	FIP-D M 1350/500 (3100)	2310	750	1000	770	159	4	440
FIP-D L 1450/500 (3100)	8000	FIP-D M 1450/500 (3100)	2700	770	1020	780	175	4	490
FIP-D L 1650/500 (3100)	9000	FIP-D M 1650/500 (3100)	3600	800	1130	870	177	4	590
FIP-D L 1800/500 (3100)	10000	FIP-D M 1800/500 (3100)	4740	820	1150	890	182	4	650
FIP-D L 2200/500 (3100)	12500	FIP-D M 2200/500 (3100)	6000	870	1110	1010	220	8	820
FIP-D L 2600/500 (3100)	15000	FIP-D M 2600/500 (3100)	7920	920	1180	1040	235	8	1050
FIP-D L 3050/500 (3100)	17500	FIP-D M 3050/500 (3100)	10440	970	1250	1150	220	8	1150
FIP-D L 3450/500 (3100)	20000	FIP-D M 3450/500 (3100)	13080	1010	1290	1180	269	8	1450
FIP-D L 4300/500 (3100)	25000	FIP-D M 4300/500 (3100)	16740	1090	1370	1410	263	12	1850
FIP-D L 5100/500 (3100)	30000	FIP-D M 5100/500 (3100)	20010	1160	1440	1450	343	12	2500
FIP-D L 6650/500 (3100)	40000	FIP-D M 6650/500 (3100)	26700	1320	1600	1740	342	16	3500
FIP-D L 8200/500 (3100)	50000	FIP-D M 8200/500 (3100)	33600	1390	1670	2130	428	24	5100
FIP-D L 9800/500 (3100)	60000	FIP-D M 9800/500 (3100)	40500	1490	1820	2250	423	20	5550

Radio de curvatura equivalente  $R = 3100$  m

#### LEYENDA

$N_{Ed}$	Carga vertical máxima en combinaciones de carga a ELU incluyendo la acción sísmica o cualquier combinación de carga incluyendo el desplazamiento horizontal.
D	Diámetro del aislador excluyendo elementos de anclaje.
Y	Dimensión máxima total en planta.
Z	Longitud del lado del cuadrado que circunscribe el aislador incluyendo los elementos de anclaje.
H	Altura del aislador sin pernos.
n	Número de pernos superiores/inferiores.
W	Peso del aislador excluyendo los pernos.

# TABLAS DE FIP-D ESTÁNDAR

Fricción baja		Fricción media		Desplazamiento $\pm 300$ mm					
Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	D mm	Y mm	Z mm	H mm	n	W kg
FIP-D L 310/600 (3700)	1000			570	680	570	139	4	160
FIP-D L 400/600 (3700)	1500			600	710	600	134	4	180
FIP-D L 510/600 (3700)	2000	FIP-D M 510/600 (3700)	310	630	800	630	138	4	220
FIP-D L 590/600 (3700)	2500	FIP-D M 590/600 (3700)	600	650	820	650	134	4	230
FIP-D L 670/600 (3700)	3000	FIP-D M 670/600 (3700)	930	670	840	670	143	4	250
FIP-D L 760/600 (3700)	3500	FIP-D M 760/600 (3700)	1300	690	940	720	150	4	300
FIP-D L 860/600 (3700)	4000	FIP-D M 860/600 (3700)	1700	710	960	740	146	4	320
FIP-D L 1050/600 (3700)	5000	FIP-D M 1050/600 (3700)	2650	750	1000	770	171	4	400
FIP-D L 1200/600 (3700)	6000	FIP-D M 1200/600 (3700)	3450	780	1030	790	175	4	460
FIP-D L 1400/600 (3700)	7000	FIP-D M 1400/600 (3700)	4300	810	1060	810	179	4	530
FIP-D L 1600/600 (3700)	8000	FIP-D M 1600/600 (3700)	5250	840	1090	840	196	4	590
FIP-D L 1750/600 (3700)	9000	FIP-D M 1750/600 (3700)	6000	860	1190	920	200	4	680
FIP-D L 1900/600 (3700)	10000	FIP-D M 1900/600 (3700)	6700	880	1210	930	196	4	720
FIP-D L 2250/600 (3700)	12500	FIP-D M 2250/600 (3700)	9650	930	1170	1050	243	8	950
FIP-D L 2700/600 (3700)	15000	FIP-D M 2700/600 (3700)	10900	980	1220	1090	241	8	1100
FIP-D L 3150/600 (3700)	17500	FIP-D M 3150/600 (3700)	13300	1030	1310	1190	247	8	1350
FIP-D L 3550/600 (3700)	20000	FIP-D M 3550/600 (3700)	15500	1070	1350	1220	290	8	1700
FIP-D L 4400/600 (3700)	25000	FIP-D M 4400/600 (3700)	20000	1150	1430	1450	287	12	2100
FIP-D L 5200/600 (3700)	30000	FIP-D M 5200/600 (3700)	24500	1220	1500	1500	356	12	2750
FIP-D L 6750/600 (3700)	40000	FIP-D M 6750/600 (3700)	33500	1340	1620	1750	356	16	3600
FIP-D L 8350/600 (3700)	50000	FIP-D M 8350/600 (3700)	43000	1450	1730	2170	433	24	5300
FIP-D L 9800/600 (3700)	60000	FIP-D M 9800/600 (3700)	51000	1540	1870	2250	418	20	6000

Fricción baja		Fricción media		Desplazamiento $\pm 350$ mm					
Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	D mm	Y mm	Z mm	H mm	n	W kg
FIP-D L 310/700 (3700)	1000			620	730	620	129	4	170
FIP-D L 400/700 (3700)	1500			650	820	650	134	4	210
FIP-D L 510/700 (3700)	2000	FIP-D M 510/700 (3700)	310	680	850	680	129	4	230
FIP-D L 590/700 (3700)	2500	FIP-D M 590/700 (3700)	600	700	870	700	136	4	270
FIP-D L 670/700 (3700)	3000	FIP-D M 670/700 (3700)	930	720	890	720	154	4	320
FIP-D L 760/700 (3700)	3500	FIP-D M 760/700 (3700)	1300	740	990	780	150	4	360
FIP-D L 860/700 (3700)	4000	FIP-D M 860/700 (3700)	1700	760	1010	770	146	4	370
FIP-D L 1050/700 (3700)	5000	FIP-D M 1050/700 (3700)	2650	800	1050	800	171	4	460
FIP-D L 1200/700 (3700)	6000	FIP-D M 1200/700 (3700)	3450	830	1080	830	174	4	520
FIP-D L 1400/700 (3700)	7000	FIP-D M 1400/700 (3700)	4300	850	1110	860	178	4	600
FIP-D L 1600/700 (3700)	8000	FIP-D M 1600/700 (3700)	5250	890	1220	940	193	4	700
FIP-D L 1750/700 (3700)	9000	FIP-D M 1750/700 (3700)	6000	910	1240	950	207	4	810
FIP-D L 1900/700 (3700)	10000	FIP-D M 1900/700 (3700)	6700	930	1260	970	202	4	830
FIP-D L 2250/700 (3700)	12500	FIP-D M 2250/700 (3700)	9650	980	1220	1090	241	8	1050
FIP-D L 2700/700 (3700)	15000	FIP-D M 2700/700 (3700)	10900	1030	1310	1190	247	8	1300
FIP-D L 3150/700 (3700)	17500	FIP-D M 3150/700 (3700)	13300	1080	1360	1230	254	8	1550
FIP-D L 3550/700 (3700)	20000	FIP-D M 3550/700 (3700)	15500	1120	1360	1330	275	12	1700
FIP-D L 4400/700 (3700)	25000	FIP-D M 4400/700 (3700)	20000	1200	1480	1480	291	12	2300
FIP-D L 5200/700 (3700)	30000	FIP-D M 5200/700 (3700)	24500	1270	1650	1700	360	16	3100
FIP-D L 6750/700 (3700)	40000	FIP-D M 6750/700 (3700)	33500	1390	1870	1960	358	20	4050
FIP-D L 8350/700 (3700)	50000	FIP-D M 8350/700 (3700)	43000	1500	1780	2200	414	24	5350
FIP-D L 9800/700 (3700)	60000	FIP-D M 9800/700 (3700)	51000	1590	1920	2320	417	20	6300

Radio de curvatura equivalente R = 3700 mm

## LEYENDA

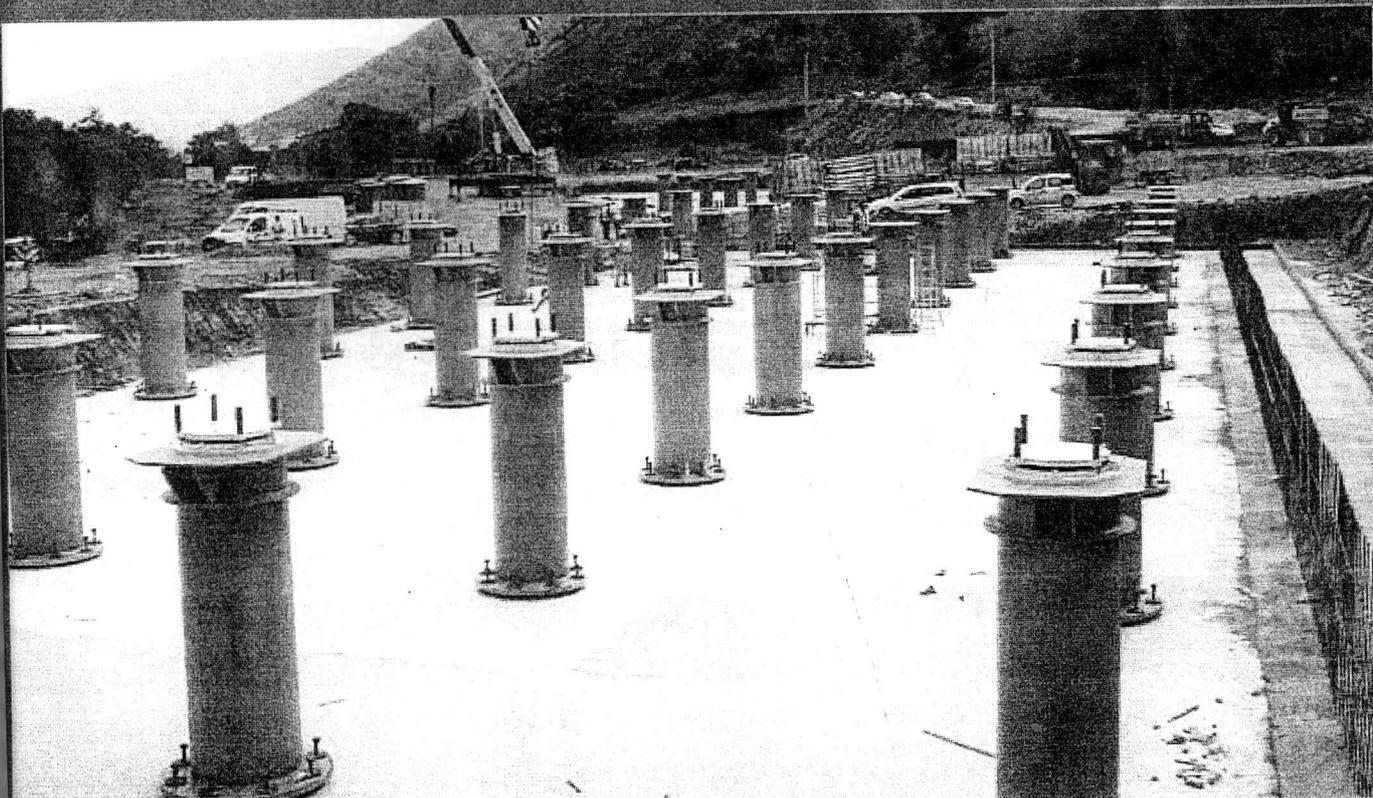
$N_{Ed}$	Carga vertical máxima en combinaciones de carga a ELU incluyendo la acción sísmica o cualquier combinación de carga incluyendo el desplazamiento horizontal.
D	Diámetro del aislador excluyendo elementos de anclaje.
Y	Dimensión máxima total en planta.
Z	Longitud del lado del cuadrado que circunscribe el aislador incluyendo los elementos de anclaje.
H	Altura del aislador sin pernos.
n	Número de pernos superiores/inferiores.
W	Peso del aislador excluyendo los pernos.

Fricción baja		Fricción media		Desplazamiento $\pm 400$ mm					
Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	Marco de aislación	$N_{Ed}$ kN	D mm	Y mm	Z mm	H mm	n	W kg
FIP-D L 310/800 (3700)	1000			670	760	670	131	4	210
FIP-D L 400/800 (3700)	1500			700	870	700	136	4	260
FIP-D L 510/800 (3700)	2000	FIP-D M 510/800 (3700)	310	730	900	730	140	4	310
FIP-D L 580/800 (3700)	2500	FIP-D M 590/800 (3700)	600	750	920	750	136	4	320
FIP-D L 670/800 (3700)	3000	FIP-D M 670/800 (3700)	930	770	1020	780	154	4	360
FIP-D L 760/800 (3700)	3500	FIP-D M 760/800 (3700)	1300	790	1040	790	150	4	410
FIP-D L 860/800 (3700)	4000	FIP-D M 860/800 (3700)	1700	810	1060	810	156	4	460
FIP-D L 1050/800 (3700)	5000	FIP-D M 1050/800 (3700)	2650	850	1100	850	160	4	560
FIP-D L 1200/800 (3700)	6000	FIP-D M 1200/800 (3700)	3450	880	1130	880	173	4	590
FIP-D L 1400/800 (3700)	7000	FIP-D M 1400/800 (3700)	4300	910	1240	950	184	4	750
FIP-D L 1600/800 (3700)	8000	FIP-D M 1600/800 (3700)	5250	940	1270	970	199	4	810
FIP-D L 1750/800 (3700)	9000	FIP-D M 1750/800 (3700)	6000	960	1290	990	204	4	900
FIP-D L 1900/800 (3700)	10000	FIP-D M 1900/800 (3700)	6700	980	1220	1090	199	5	910
FIP-D L 2250/800 (3700)	12500	FIP-D M 2250/800 (3700)	8650	1030	1270	1120	247	5	1200
FIP-D L 2700/800 (3700)	15000	FIP-D M 2700/800 (3700)	10900	1080	1360	1230	254	5	1500
FIP-D L 3150/800 (3700)	17500	FIP-D M 3150/800 (3700)	13300	1130	1410	1260	259	8	1750
FIP-D L 3650/800 (3700)	20000	FIP-D M 3650/800 (3700)	15600	1170	1450	1450	260	12	2000
FIP-D L 4400/800 (3700)	25000	FIP-D M 4400/800 (3700)	20000	1250	1530	1520	275	12	2350
FIP-D L 5200/800 (3700)	30000	FIP-D M 5200/800 (3700)	24500	1320	1600	1740	343	15	3150
FIP-D L 6750/800 (3700)	40000	FIP-D M 6750/800 (3700)	33500	1440	1720	1990	360	20	4350
FIP-D L 8350/800 (3700)	50000	FIP-D M 8350/800 (3700)	43000	1550	1830	2240	414	24	5650
FIP-D L 9800/800 (3700)	60000	FIP-D M 9800/800 (3700)	51000	1640	1970	2560	416	24	6750

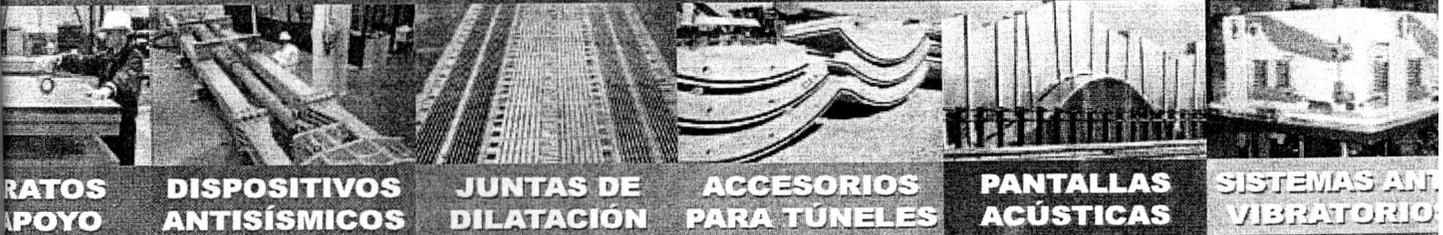
Radio de curvatura equivalente  $R = 3700$  mm

#### LEYENDA

$N_{Ed}$	Carga vertical máxima en combinaciones de carga a ELU incluyendo la acción sísmica o cualquier combinación de carga incluyendo el desplazamiento horizontal.
D	Diámetro del aislador excluyendo elementos de anclaje.
Y	Dimensión máxima total en planta.
Z	Longitud del lado del cuadrado que circunscribe el aislador incluyendo los elementos de anclaje.
H	Altura del aislador sin pernos.
n	Número de pernos superiores/inferiores.
W	Peso del aislador excluyendo los pernos.



LAQUILA, ITALIA - Proyecto C.A.S.E. instalación de deslizadores de superficie cóncava dobles de la serie FIP-D



**BRACKETOS DE APOYO**

**DISPOSITIVOS ANTISÍSMICOS**

**JUNTAS DE DILATACIÓN**

**ACCESORIOS PARA TÚNELES**

**PANTALLAS ACÚSTICAS**

**SISTEMAS ANTIVIBRATORIOS**



**FIP INDUSTRIALE**  
leading technologies



**FIP INDUSTRIALE SpA**  
via Scapacchiò 41, Casella Postale 97  
35030 Selvazzano (PD) ITALY  
T +39 0498225511 F +39 049638567  
fip@fip-group.it  
[fipindustriale.it](http://fipindustriale.it)

RECATEGORIZACION DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD  
RED DE SALUD EL COLLAO

RESOLUCIÓN DIRECTORAL REGIONAL N° 0964-08/DRS-PUNO/DEA/PER. 29.12.2008

Nº	PROVIN CIA	DISTRITO	RED DE SALUD	MICRORRED	EE.SS.	DENOMINACION DEL EE.SS.	RECATEGOR IZACION	
1	El Collao	Ilave	El Collao	Hospital	H.	Hospital de Ilave	II-1	
2	El Collao	Ilave	El Collao	Ilave	C.S.	Mullacontihueco	I-3	
3	El Collao	Ilave	El Collao		C.S.	Metropolitano-Ilave	I-3	
4	El Collao	Ilave	El Collao		P.S.	Ancoamaya	I-2	
5	El Collao	Ilave	El Collao		P.S.	Chucaraya	I-2	
6	El Collao	Ilave	El Collao		P.S.	Chilacollo	I-1	
7	El Collao	Ilave	El Collao		P.S.	Ocoña	I-1	
8	El Collao	Ilave	El Collao		Camicachi	C.S.	Camicachi	I-3
9	El Collao	Ilave	El Collao	P.S.		Pharata	I-2	
10	El Collao	Ilave	El Collao	P.S.		Rosacani	I-2	
11	El Collao	Ilave	El Collao	P.S.		Pacuncani Callata	I-2	
12	El Collao	Ilave	El Collao	P.S.		Challapujo Suyo	I-2	
13	El Collao	Ilave	El Collao	P.S.		Santa Rosa de Huayllata	I-2	
14	El Collao	Ilave	El Collao	Checca	C.S.	Checca	I-3	
15	El Collao	Ilave	El Collao		C.S.	Chijichaya	I-3	
16	El Collao	Ilave	El Collao		P.S.	Churo Lopez	I-2	
17	El Collao	Ilave	El Collao		P.S.	Pacco Risalazo	I-2	
18	El Collao	Ilave	El Collao		P.S.	Siraya	I-2	
19	El Collao	Ilave	El Collao		P.S.	Ullacachi	I-2	
20	El Collao	Ilave	El Collao		P.S.	Cangalli	I-1	
21	El Collao	Ilave	El Collao		P.S.	Coraraca	I-1	
22	El Collao	Ilave	El Collao		P.S.	Jachoco Huaracco	I-1	
23	El Collao	Pilcuyo	El Collao		Pilcuyo	C.S.	Pilcuyo	I-4
24	El Collao	Pilcuyo	El Collao	C.S.		Chipana	I-3	
25	El Collao	Pilcuyo	El Collao	P.S.		Accaso	I-2	
26	El Collao	Pilcuyo	El Collao	P.S.		Maquercota	I-2	
27	El Collao	Pilcuyo	El Collao	P.S.		Marcuyo	I-2	
28	El Collao	Pilcuyo	El Collao	P.S.		Sarapi Arroyo	I-2	
29	El Collao	Pilcuyo	El Collao	P.S.		Cachipura	I-1	
30	El Collao	Pilcuyo	El Collao	P.S.		San Pedro de Huayllata	I-1	
31	El Collao	Santa Rosa	El Collao	Mazocruz		C.S.	Mazocruz	I-4
32	El Collao	Santa Rosa	El Collao			P.S.	Santa Rosa del Collao	I-2
33	El Collao	Santa Rosa	El Collao		P.S.	Chichillapi	I-1	
34	El Collao	Santa Rosa	El Collao		P.S.	Huanacamaya	I-1	
35	El Collao	Santa Rosa	El Collao		P.S.	Providencia	I-1	
36	El Collao	Santa Rosa	El Collao		P.S.	Punta Perdida	I-1	
37	El Collao	Conduriri	El Collao		C.S.	Conduriri	I-3	
38	El Collao	Conduriri	El Collao		P.S.	Sales Grande	I-1	
39	El Collao	Capaso	El Collao		P.S.	Capaso	I-2	
40	El Collao	Capaso	El Collao		P.S.	Tupala	I-2	
41	El Collao	Capaso	El Collao		P.S.	Rosario Alto Ancomarca	I-1	
42	El Collao	Capaso	El Collao		P.S.	Chua	I-1	
43	El Collao	Capaso	El Collao		P.S.	Viluta	I-1	

Fuente: Oficina Ejecutiva de Planeamiento y Desarrollo de Servicios de Salud - DIRESA PUNO.

Resumen EE.SS Categorizados	
I - 1	: 15
I - 2	: 18
I - 3	: 7
I - 4	: 2
II - 1	: 1
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>

Clasificación EE.SS		Microrredes de Salud
P.S.	33	Ilave
C.S.	9	Camicachi
Hospital	1	Checca
		Pilcuyo
		Mazocruz
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>	<b>TOTAL 05 Microrredes</b>

01 Hospital de Ilave