



**INTERNATIONAL
HIRUN**

ENGINEERING SOLUTION

**Aisladores y juntas sísmicas, disipadores,
apoyos para puentes y viaductos**

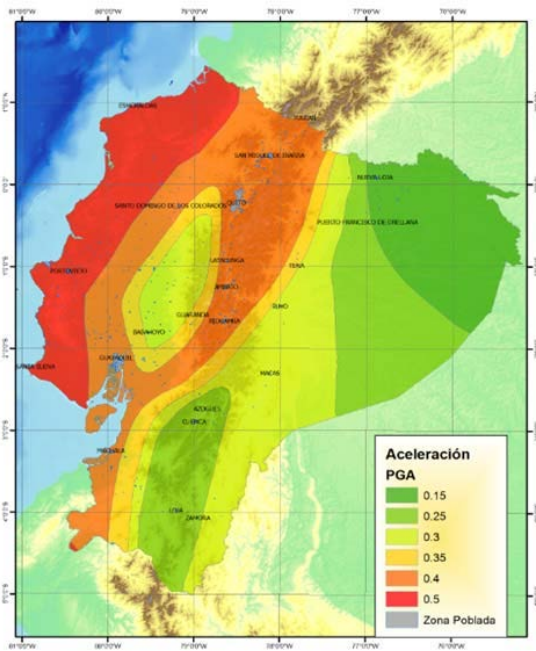


AISLACIÓN SÍSMICA DE ESTRUCTURAS. EXPERIENCIA INTERNACIONAL.

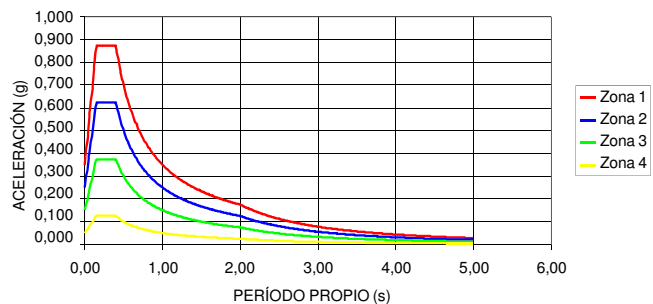
La protección sísmica de las construcciones civiles, edificios industriales e infraestructuras por medio de dispositivos mecánicos de aislación y disipación, representa un objetivo primordial para la ingeniería estructural a los efectos de minimizarlos daños en las construcciones y de salvar vidas en el caso de terremotos de elevada intensidad. Es de vital importancia lograr la ausencia de daños en edificios y estructuras especiales como:

- Estructuras industriales que contienen componentes y materiales peligrosos (centrales nucleares, plantas químicas, etc.)
- Puentes y viaductos estratégicos y de importancia primaria.
- Importantes edificios públicos (prefecturas, hospitales, centros de urgencia, centrales de comunicación y energía)
- Edificios estratégicos para la defensa del territorio nacional.
- Patrimonios arquitectónicos históricos de gran valor.

La protección sísmica de una estructura, a los efectos de la normativa técnica vigente NTC18 y del reciente decreto SismaBonus 2017 para la estructuras existentes se puede obtener, ya sea con refuerzos dirigidos para soportar la creciente demanda de resistencia inducida por eventos sísmicos, por ejemplo a través del uso de materiales compuestos FRP-FRCM-SRG que son ampliamente utilizados en el mercado nacional e internacional o también con la incorporación en estructuras nuevas y existentes de equipamientos de dispositivos particulares, como aisladores y disipadores, de modo de reducir la sollicitaciones demandadas bajo estos eventos. Se presenta a continuación un mapa de Ecuador avalado por la NEC-11 en donde se indican las zonas geográficas con demandas sísmicas y un ejemplo del espectro de respuesta elástica de una estructura para un cierto tipo de suelo y zona sísmica.



ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICA PARA SUELO A



Mayte S.A. es una empresa ecuatoriana de tecnologías avanzadas aplicables al ámbito de la construcción, el mantenimiento y la rehabilitación de estructuras. Cuenta como partners a la G&P Intech, empresa italiana presente desde hace mucho años en el mercado nacional e internacional, participe en la reconstrucción post sísmica de la ciudad del L'Aquila en la Emilia y en el Centro de Italia con tecnologías propias de refuerzo estructural, y Phoenix S.A., empresa argentina que desde hace más de 20 años actúa en el mercado latinoamericano con tecnologías innovadoras, que junto a importantes socios internacionales productores de dispositivos de los cuales son distribuidores exclusivos, estudios de ingeniería estructural y empresas especializadas en instalación, para satisfacer el sector de los aisladores sísmicos, disipadores y apoyos para puentes y viaductos.

Los socios principales para la producción de dispositivos, apoyos y juntas es la Sociedad HIRUN ENGINEERING con sede en Wuhan-Hubei de propiedad de la Wuhan Marine Machinery Plant que a su vez está controlada 100% por la sociedad del estado Chino, la China Shipbuilding Industry Corporation (CSIC), una de las 500 principales empresas del mundo. La actual capacidad productiva es de 60.000 dispositivos anuales. La empresa opera bajo la certificación de las normas de calidad ISO 9000 de CQC miembro de IQNET, con los más severos controles de calidad desde las materias primas al producto final acorde a la norma EN 1090 en materiales. En su interior contiene una de las máquinas de prueba más importante del mundo para dispositivos sísmicos para realizar test de calificación y aceptación en base a las principales normas mundiales.

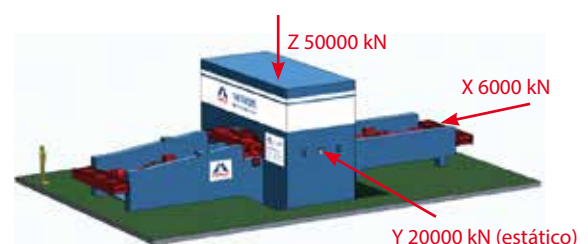


Producción de dispositivos en Wuhan



Máquina de prueba de dispositivos

Los técnicos e ingenieros de Mayte S.A. junto a sus socios de Hirun Engineering se encuentran capacitados para brindar una asistencia y consultoría completa a proyectistas y empresas de construcción con el objetivo de brindar la mejor solución técnico-económica para la protección sísmica. La consultoría que Mayte S.A. ofrece en función de lo que quiere el cliente, va desde el proyecto de la estructura bajo acción sísmica, hasta la optimización del sistema más idóneo para la protección estructural, el proyecto ejecutivo de los dispositivos antisísmicos más adecuados según el tipo de estructura y su suministro e instalación por medio de empresas especializadas.

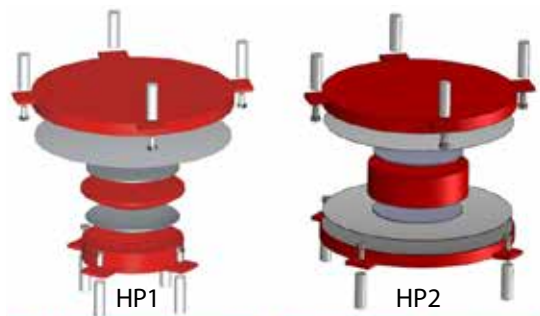


PRINCIPALES DISPOSITIVOS PRODUCIDOS

La gama principal de dispositivos HIRUN con marca CE son los siguientes:

AISLADORES SÍSMICOS: tienen la función de soportar el peso de la estructura, descomponer el período propio de las estructuras y, por lo tanto, reducir la acción sísmica, disipando la energía. Los principales usos son en edificios, construcciones civiles e industriales en zonas sísmicas, puentes viales.

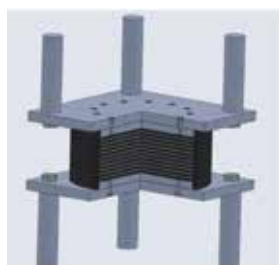
○ HISLIDE HP1 y HP2: Aisladores de péndulo deslizantes (péndulo de fricción) con superficies de deslizamiento simple HP1 y doble HP2. Cumplen con la norma EN 15129 Capítulo 8.3, Anexo ZA. Tienen una alta durabilidad con un mínimo mantenimiento.



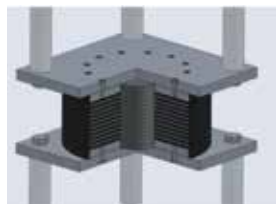
○ HIDAMP – HILEAD: Aisladores elastoméricos.

• HDRB: Aisladores de goma y acero con alta capacidad de disipación de energía.

• LRB: Aisladores de goma y acero con núcleo de plomo y elevada capacidad disipativa. Conformes a la norma EN 15123 Cap. 8.2



HDRB



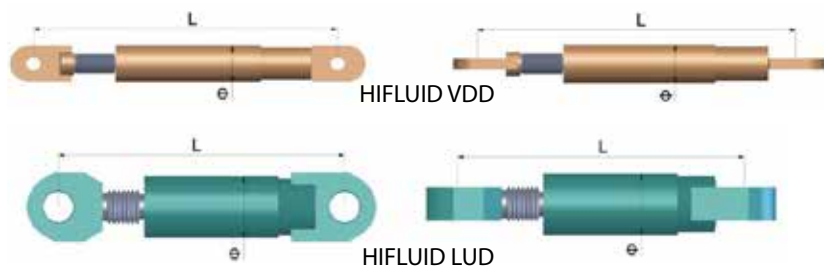
LRB



DISIPADORES FLUODINAMICOS HIFLUID VDD-VSD: tienen la función principal de disipar la energía inducida por el terremoto, reducir las vibraciones y los efectos del viento u otras acciones dinámicas. Están disponibles, también, disipadores viscosos con capacidad de recentrado. Los principales usos son en edificios y estructuras civiles e industriales en zonas sísmicas, puentes viales y ferroviarios. Cumplen con la norma EN 15129 capítulo 7. Los materiales cumplen con la EN 10025 y EN 10088.

DISIPADORES TRANSMISORES DE SHOCK HIFLUID LUD: tienen la función principal de desarrollar la fuerza máxima de proyecto con desplazamientos limitados. Reaccionan solo ante la deformación térmica y los movimientos lentos. No disipan cantidades importantes de energía. Los principales usos son en edificios y estructuras civiles e industriales en zonas sísmicas, puentes viales y ferroviarios. Cumplen con la norma EN 15129 capítulo 5. Los materiales cumplen con la EN 10025 y EN 10088.

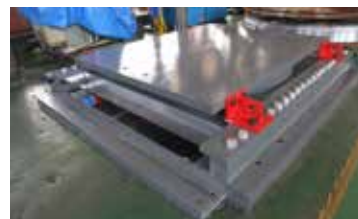
○ HIFLUID: disipadores viscosos fluodinámicos VDD-VSD y transmisores de shock LUD.



APOYOS ESFERICOS HIFLOW: permiten la rotación alrededor de los tres ejes y pueden transmitir la carga en cualquier dirección sin desplazamiento (tipo FS), o permitir el movimiento en una dirección (tipo GS), o permitir el movimiento en las dos direcciones del plano (tipo SS). Cumple con la norma EN 1337.7. Los principales usos son en edificios y estructuras civiles e industriales en zonas sísmicas, puentes viales y ferroviarios. Tienen una durabilidad de más de 100 años con un mantenimiento mínimo.

APOYOS HIPOT: permiten la rotación alrededor de los tres ejes y pueden transmitir la carga en las tres direcciones sin desplazamiento (tipo FP), o transferir la carga en una dirección y permitir el movimiento en las otras direcciones (tipo SP), o transferir la carga en dos direcciones y permitir el movimiento en una dirección (tipo GP). Cumple con las normas EN 1337.2 y 1337.5. Los principales usos son en edificios y estructuras civiles e industriales en áreas sísmicas, puentes viales y ferroviarios. Tienen una durabilidad de más de 100 años con un mantenimiento mínimo.

TODOS LOS DISPOSITIVOS SE SUMINISTRAN CON LA MARCA CE SEGÚN LAS NORMAS NACIONALES Y EUROPEAS EN 15129, EN 1337, NTC18.



EL PENDULO FRICCIONAL EN LA AISLACION SISMICA DE LOS EDIFICIOS

La aislación de la base mediante el uso de dispositivos del tipo “péndulo friccional” con una superficie de deslizamiento simple o doble es una tecnología relativamente reciente y muy interesante desde el punto de vista técnico, ya que permite que la estructura existente tenga una capacidad de resistencia a un evento sísmico muy superior a la de su configuración inicial. Por lo tanto, y de acuerdo a lo que exigen las legislaciones recientes - que la mejora no sea inferior al 80% de la demanda sísmica – se excede ampliamente.

El sistema de aislamiento de la base ofrece las siguientes ventajas:

POCA INVASIVIDAD: esta aplicación se limita a un solo piso de toda la estructura y, por lo tanto, todas las intervenciones de ajuste, el refuerzo local de los pilares y la inserción de los aisladores, se refieren solo a ese nivel específico. Todos los niveles por encima del nivel de aislamiento no requieren ninguna intervención, o en algunos casos intervenciones menores de refuerzo nodal, ya que las tensiones que actúan se reducen considerablemente y, por lo tanto, se pueden mantener las características arquitectónicas originales. El trabajo de corte de pilares y de inserción de los aisladores, técnica de retrofit, se puede realizar sin interferir en las actividades realizadas en los pisos superiores;

PROTECCIÓN DE LAS PIEZAS NO ESTRUCTURALES: el uso de un sistema de aislación sísmica permite que la estructura funcione siempre en el campo lineal y, por lo tanto, no induce ninguna deformación sustancial en los elementos principales. Esta característica preserva la integridad y evita el daño en todos los elementos no estructurales, como los muros cortina; además, garantiza una protección absoluta de lo que está dentro de la estructura. Los costos de mantenimiento de la estructura después de un terremoto son prácticamente nulos.

FACILIDAD DE INSTALACION: los métodos de intervención están bien definidos y la experiencia desarrollada por Mayte S.A. y las compañías fiduciarias en este sector permiten una buena velocidad de intervención; garantizando un nivel de seguridad absoluto.

BAJOS COSTOS DE MANTENIMIENTO: Los aisladores de péndulo deslizante están completamente hechos de metal y materiales sintéticos de alta calidad, resistencia a la corrosión y por lo tanto, no están sujetos a ningún fenómeno de deterioro. Todos los dispositivos mecánicos también están protegidos con un ciclo de recubrimiento anticorrosivo según la EN 12944 y el mantenimiento puede considerarse marginal con controles de acuerdo a las normas a partir de los 15 años desde su instalación. Además, después de un evento sísmico, ninguno de los elementos que componen el dispositivo requiere un reemplazo: solo se debe ejecutar una supervisión extraordinaria.

SIMPLICIDAD EN EL DISEÑO: con el uso de esta tecnología siempre es posible realizar un análisis lineal simplificado, manteniendo la amortiguación por debajo del 30%. Esta es una simplificación notable para el análisis dinámico y también para la verificación de todos los elementos estructurales, ya que permanecen en el campo lineal y por lo tanto, no requieren técnicas de cálculo sofisticadas.

CONVENIENCIA ECONÓMICA: el hecho de tener que intervenir en solo un nivel del edificio permite reducir los costos de la aplicación de un sistema de adaptación típico como lo son los de aislamiento sísmico.

PRINCIPIO DE LA AISLACIÓN SISMICA

La aislación sísmica se basa en el principio de desacoplar el comportamiento dinámico de la estructura con respecto al suelo. En la fig. 1 es posible ver el esquema clásico de posicionamiento de los aisladores. Es importante tener en cuenta que para el uso adecuado de la tecnología es necesario instalar los aisladores entre dos planos rígidos, el primero en contacto con el suelo y el segundo con la estructura (fig.2). Ante la ausencia de tales planos, deberán crearse utilizando piezas de hormigón o vigas de acero. Las estructuras en mampostería merecen una mención aparte, ya que su aislamiento debe estudiarse de forma diferente.

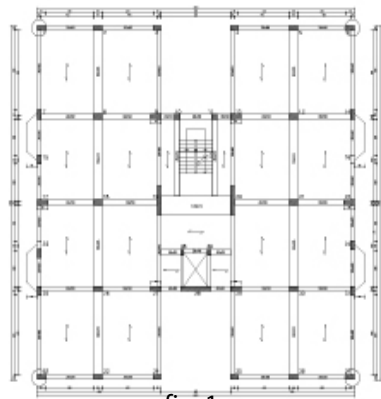


fig. 1



Prueba FPCT HISLIDE

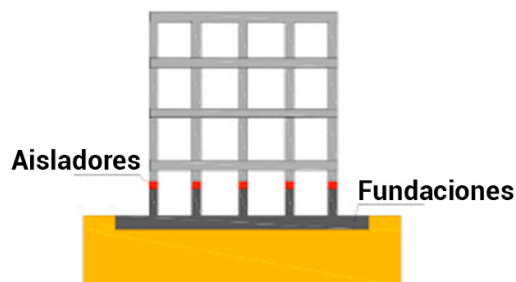


fig. 2

En referencia al espectro de respuesta del terreno en la zona en que se está trabajando, se puede observar que para las estructuras tradicionales, es decir, rígidas, el período propio de vibración es inferior a un segundo. De ello se deduce que las aceleraciones resultantes por un terremoto serán altas. Gracias al uso de los aisladores, podemos insertar en el edificio un elemento de amortiguación, es decir, capaz de disipar energía (en algunos casos se puede asumir un valor que no sea superior al 5%). Mientras que la superficie deslizante del aislador, que tiene un radio de curvatura bien definido, permite que el edificio aumente su propio período de vibración. La combinación de estas dos ventajas reduce drásticamente las aceleraciones sísmicas.

La tecnología que optimiza ambas contribuciones es precisamente el aislamiento en la base; los valores alcanzables de amortiguamiento están entre el 10% y el 30%, mientras que el período de vibración real puede alcanzar valores incluso superiores a 3 segundos (Fig. 3).

La combinación de las contribuciones mencionadas anteriormente reduce la aceleración sísmica de diseño en al menos un 80%.

En el caso que se presenta, el edificio se ha calculado de acuerdo con las regulaciones anteriores, es decir con solicitaciones horizontales aproximados al 7% del propio peso. Con la nueva regulación sísmica; la aceleración y por lo tanto la sollicitación horizontal para la zona bajo estudio, y teniendo en cuenta la estructura rígida será superior al 50% del propio peso. Con el aislamiento sísmico en la base, como se especifica a continuación, las sollicitaciones sísmicas esperadas son del orden del 7%, sin la necesidad de realizar intervenciones en los planos superiores.

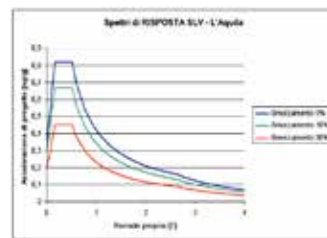


fig. 3

ELECCIÓN DEL AISLADOR

Los aisladores de péndulo ofrecen una gran ventaja en la fase de diseño porque el centro de las masas siempre coincide con el centro de gravedad de las estructuras, por lo que se diseña un solo tipo de aislador, se repite el mismo para todos los pilares, mientras que en el caso de los aisladores de goma-acero tipo HDRB, para un mismo proyecto, a veces se deben utilizar diferentes tipos de productos, además de otros soportes multidireccionales.

En nuestro caso, además, la posibilidad de utilizar un péndulo con una doble superficie deslizante permite reducir a la mitad el desplazamiento con enormes ventajas estructurales.

La durabilidad y los costos son las otras dos ventajas del péndulo en comparación con la HDRB. En lo que respecta a la colocación, siempre con las mismas cargas y desplazamientos, el aislador de caucho reforzado resulta más voluminoso y pesado, por lo que en el caso de las estructuras existentes, es claro que siempre se prefiere la fricción.

MODALIDAD DE INTERVENCIÓN RETROFIT

La inserción de los aisladores de péndulo en una estructura existente se lleva a cabo de acuerdo a una tecnología que permite el corte de los pilares con un soporte temporal de la carga vertical, por medio de estructuras metálicas especiales y martinetes. Esta tecnología consiste en la aplicación en cada pilar de dos abrazaderas de acero especiales colocadas a una distancia adecuada entre ellas (aproximadamente 70 - 80 cm). Después de verificar cuidadosamente la correcta colocación de las abrazaderas, se agarran al pilar mediante barras especiales de acero de alta resistencia. En la siguiente etapa y por medio de gatos hidráulicos especiales, se descarga la parte del pilar ubicada entre las dos abrazaderas. Posteriormente, por medio de una sierra de diamante, es posible cortar y, por lo tanto, remover una faja de concreto, que obviamente pertenece a la sección del pilar descargado e insertar el dispositivo de aislamiento en su lugar, previa disposición de los dispositivos de anclaje en el pilar. A esta intervención, si es necesario, también se le puede acoplar un refuerzo estructural del pilar mediante capas de tejidos de fibra de carbono: CFRP, que de realizarse, debe hacerse antes del corte. Otras ventajas que deben considerarse para una intervención de este tipo son la simplicidad y la velocidad de las operaciones descritas anteriormente, sin embargo siempre las realiza personal altamente calificado. De hecho, estas son operaciones que requieren un método de aplicación muy preciso y delicado (aunque sea muy simple desde un punto de vista teórico) para garantizar la perfecta funcionalidad de todo el sistema. También desde el punto de vista de la seguridad, este tipo de intervención no presenta ninguna criticidad: de hecho, al operar simultáneamente solo en un par de pilares y tener la posibilidad de minimizar las deformaciones inducidas en la estructura (la descompresión de los pilares requiere un desplazamiento relativo del orden de los 2 mm), lo que garantiza la estabilidad estructural durante la intervención.

Cada abrazadera consta esencialmente de dos piezas transversales principales, dispuestas en forma paralela al lado mayor de pilar, y de dos piezas transversales secundarias, paralelas al lado menor. Las piezas transversales principales, a través de las cuales se ejerce aproximadamente el 80% de la fuerza de sujeción, también tienen la función de transmitir por medio de 4 gatos hidráulicos en ambos extremos la tensión vertical presente en el pilar, mientras que las secundarias, a través de las cuales se ejerce el 20% restante de la fuerza de sujeción, al ser más livianas y fáciles de manejar, se colocan primero, lo que permite un posicionamiento más sencillo de las piezas transversales principales. Mediante pruebas de laboratorio que reproducen con la mayor precisión posible la situación real, se determinó el coeficiente de fricción en el cual es posible confiar en condiciones de temperatura y humedad normales: variando la presión ejercida sobre el concreto, el coeficiente de fricción resultó variar entre un mínimo del 45% y un máximo del 60%, por lo que para en el dimensionamiento de las morsas, se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

Coeficiente de fricción acero-hormigón	$\mu = 0.40$
Factor de seguridad respecto a la carga vertical	1.3
Factor de seguridad respecto a la fricción	1.5
Factor de seguridad general	$1.3 \times 1.5 = 1.95 \approx 2.0$

Por lo tanto, indicada con V_0 la carga permanente que actúa sobre el pilar, la fuerza de sujeción que se debe ejercer con las abrazaderas debe ser, en general, igual a: $F_s = 2.0 \times V_0 / \mu = 5 \cdot V_0$.

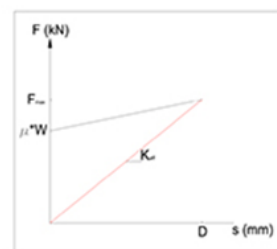
FICHA DE DISEÑO DEL DISPOSITIVO

A modo de ejemplo se describen los detalles del dispositivo referido a una columna de borde tipo. Las características principales a definir son aquellas que determinan el comportamiento dinámico de la estructura (período propio de oscilación): en un sistema como el hipotético, depende exclusivamente de las características geométricas del dispositivo, o del radio de curvatura y del coeficiente de fricción de diseño.

Es asimismo importante decir que el período de oscilación no depende de la masa de la estructura y así entonces son anuladas todas las contribuciones de excentricidad; este hecho permite separar perfectamente el comportamiento según los ejes principales y hace que sean más precisas las aproximaciones de cálculo conferidas a un análisis lineal.

De hecho, en esta etapa de pre dimensionamiento se hará referencia a un análisis lineal simplificado: o se efectúa un cálculo lineal iterativo que obviamente tenga en cuenta el espectro de respuesta de la condición de diseño (SLV) y de las características del diseño geométrico establecido; este tipo de cálculo se hace necesario por el hecho de que el comportamiento de la estructura depende también del desplazamiento.

A continuación se presentan los resultados obtenidos bajo la condición SLV para la columna en estudio:



W = masa sísmica relativa a cada dispositivo igual a 931 kN.

R = Radio de curvatura de la superficie esférica principales igual a 2050 mm.

μ = Fricción dinámica de la superficie de desplazamiento (determina el amortiguamiento viscoso equivalente) igual a 3%.

D = Desplazamiento relativo de la estructura según dos superficies esféricas igual a 155 mm.

K_{eff} = Rigidez horizontal eficaz igual a: $K_{eff} = W \times \left(\frac{1}{2 \times (R - h)} \right) + \frac{\mu}{D} = 0.412 \text{ N/mm}$

T_{eff} = Período propio independiente de la masa de la estructura igual a: $T_{eff} = 2 \times \pi \times \sqrt{\frac{W}{g \times K_{eff}}} = \sqrt{\frac{1}{g \times \left(\frac{1}{2 \times (R - h)} + \frac{\mu}{D} \right)}} = 3.01 \text{ seg}$

ξ_{eff} = amortiguamiento eficaz del sistema igual a: $\xi_{eff} = 2 \times \pi \times \left[\frac{\mu}{D} \right] = 28\%$

F = Solicitaciones horizontales máximas de diseño igual a 64 kN.

Tal valor de sollicitación horizontal es aproximadamente igual al 6.8% de la masa sísmica; como estimado previamente tal valor es inferior a aquellos utilizados por el cálculo de la superestructura de acuerdo a la normativa existente.

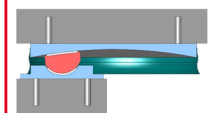
También, como contribución adicional de seguridad, se considera que el diseño del dispositivo de péndulo a fricción tenga en cuenta un desplazamiento superior: debe ser de acuerdo a un espectro de respuesta calculada a la condición de colapso (SLC):

D = Desplazamiento relativo de la estructura según dos superficies esféricas igual a 260 mm.

Se muestra al lado un esquema del dispositivo en condiciones de máximo desplazamiento a la condición SLV:

Se considera que los dispositivos centrales y para aquellos relativos a cajas de escaleras y ascensores las cargas de diseño serán diferentes: serán en consecuencia modificadas las dimensiones en planta del dispositivo específico:

- APOYO INTERNO: dimensiones generales 480 x 480 mm.
- APOYO DE CAJAS DE ESCALERAS Y ASCENSORES: dimensiones generales 400 x 400 mm.



INTERVENCIÓN DE AJUSTE SÍSMICO PARA UN COMPLEJO INDUSTRIAL CON EL USO DE REFUERZOS DISIPADORES EQUIPADOS CON DISPOSITIVOS VISCOELÁSTICOS.

El edificio industrial, objeto de la adecuación sísmica, consistió en dos cuerpos independientes adyacentes. El primero en elevación sobre tres elementos horizontales y el segundo, una extensión lateral de un solo piso realizada en un período posterior (Figura 1). La estructura en su conjunto tenía el gran problema de estar deformada por acciones sísmicas incompatibles con los pocos centímetros de juntas técnicas que se habían previsto en su momento entre los dos edificios causando un importante riesgo de fenómenos de "martilleo".

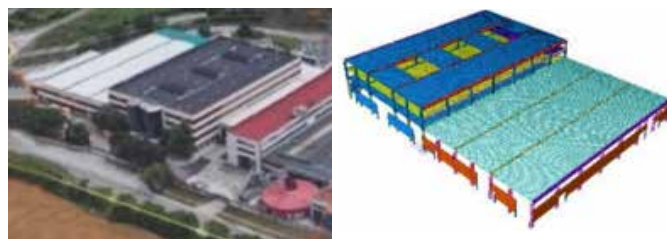


Figura 1. Complejo industrial en cuestión

RELEVAMIENTO ESTRUCTURAL

El cuerpo industrial en cuestión, que reside en la zona sísmica 3, retoma las técnicas de construcción típicas para los almacenes industriales de los 80'-90 ' , (Figura 2): pilares prefabricados, vigas en hormigón armado pretensado y losas constituidas por paneles estructurales TT con una capa de compresión en hormigón. Las dimensiones del plano que abarcan ambos cuerpos son de unos 70x40 metros.

Precisamente, este esquema de estantería estática, con pilares verticales altos y flexibles, implicaba cargas sísmicas muy disímiles que, a causa de los diferentes modos de vibración de las dos estructuras adyacentes, podrían causar fenómenos de "martilleo". De hecho, la conexión entre los dos edificios presentaba un simple soporte tipo "sileta" y las uniones técnicas se diseñaron de acuerdo con las regulaciones de la época, antes del OPCM 3274, que aún no contemplaba la clasificación sísmica del territorio nacional.



Figura 2. Juntas técnicas al estado de hecho.

OBJETIVOS Y ALCANCES DEL PROYECTO

El principal problema fue encontrar una solución que pudiera conciliar al mismo tiempo una reducción de las aceleraciones y del desplazamiento en los diferentes pisos con una reducción de la invasión provocada por la intervención, de manera tal que no altere la funcionalidad de los edificios e interfiriera con la producción industrial que se lleva a cabo en los pisos inferiores, tal como lo solicitó expresamente el cliente.



Modelo F.E.M. del edificio

TIPO DE INTERVENCIÓN

Después de una campaña exhaustiva de pruebas de caracterización de los materiales que permitieron obtener un nivel de conocimiento LC2, a partir de los análisis lineales del modelo F.E.M. se encontró que la condición más grave del edificio era en términos de desplazamiento (del orden de 40 cm) más que en términos de estrés: los pilares en condición sísmica no presentaban una falta de resistencia excesiva con respecto a las tensiones de flexión y corte. Por lo tanto, el análisis del complejo ha llevado a optar por una intervención de disipación sísmica. Esta intervención ha previsto el uso de refuerzos disipativos de acero equipados con disipadores viscoelásticos (Figura 3).

Esta técnica ha permitido adaptar sísmicamente la estructura permitiendo alcanzar los objetivos establecidos, a saber:

- Reducción de las desviaciones entre pisos evitando fenómenos de martilleo excesivos entre los dos edificios;
- Aumento de las aceleraciones respecto al suelo del edificio sin causar crisis en términos de estrés en los elementos de soporte estructurales;
- Reducción de la invasión de la intervención, ya que operando externamente en el perímetro de los edificios, se logró no interferir con la producción de la planta.

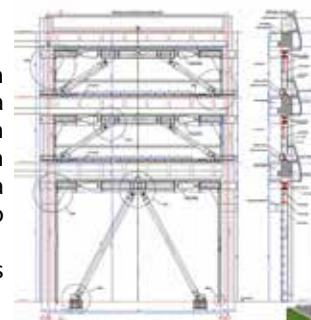


Figura 3. Bosquejo de elaboración de proyecto del edificio con tres secciones horizontales con introducción de disipadores viscoelásticos



Aplicación particular del refuerzo disipativo y posicionamiento de los disipadores.



DISIPADORES VISCOELÁSTICOS:

Los disipadores fluidodinámicos HIFLUID VSD de HIRUN Engineering (Figura 4), distribuidos por Mayte S.A., pertenecen a la categoría de disipadores "dependientes de la velocidad" y tienen la función principal de disipar la energía inducida por el terremoto a través de la no linealidad de su propio ciclo de histéresis (Figura 5), reduciendo las vibraciones y efectos de las acciones dinámicas. Estos dispositivos se aplican dentro de una malla reforzada y consisten en un pistón que se mueve dentro de un cilindro lleno de un compuesto altamente viscoso y equipado con válvulas para controlar el paso del fluido. Con esta configuración, la disipación de energía tiene lugar mediante el movimiento del pistón sumergido en el fluido que fuerza el paso del mismo a través de las válvulas: la acción viscosa primaria se acompaña de un retorno elástico. En vista de la ya conocida jerarquía de resistencia, la adopción de tales refuerzos implica por un lado una mayor rigidez en la estructura causando una fuerte disminución de la fuerza sísmica y por el otro, permite concentrar gran parte de la disipación en estos dispositivos especiales. Los disipadores viscoelásticos responden a la fórmula $F = C_v \alpha$ y los parámetros que caracterizan a estos dispositivos son:

- velocidad relativa del pistón v_r ;
- Factor exponencial α dependiendo del tipo de circuito hidráulico $0 \leq \alpha \leq 2$
- Constante de disipación o coeficiente de amortiguación C



Figura 4. Disipador HIFLUID VSD

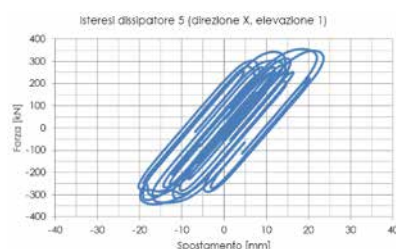


Figura 5. Ejemplo de un ciclo de histéresis de un disipador VSD derivado de un análisis no lineal.



Detalle particular en dispositivo HIFLUID VSD

Para el proyecto en estudio, calibrando adecuadamente estos parámetros mediante un proceso iterativo mediante análisis dinámicos no lineales, fue posible obtener un nivel aceptable de amortiguamiento y una reducción significativa de los movimientos entre pisos. En total, se colocaron 44 dispositivos, 28 en la dirección X y 16 en la dirección Y (Figura 6), utilizando dos tipos de disipadores con diferentes características mecánicas, uno para cada dirección. La tabla 1 muestra las características mecánicas de los dos tipos de disipadores utilizados. Los perfiles de soporte de acero que constituyen los tirantes se han sobredimensionado adecuadamente para soportar las condiciones más desfavorables en términos de estrés e inestabilidad. Los disipadores VSD de HIRUN Engineering están homologados por la CE y cumplen con las normas EN 15129. Como lo exige el Capítulo 11 de las Normas Técnicas, las pruebas de calificación y aceptación se han realizado en al menos el 20% de los dispositivos, y llevados a cabo en una de las máquinas de prueba más importantes del mundo para dispositivos antisísmicos; propiedad de HIRUN (Figura 7).

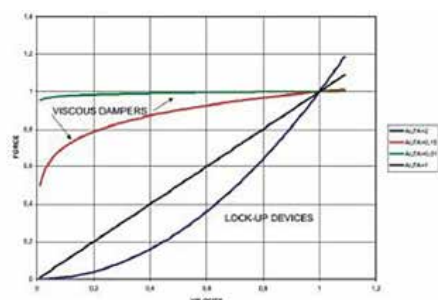


Diagrama típico de Fuerza-Velocidad de un VSD

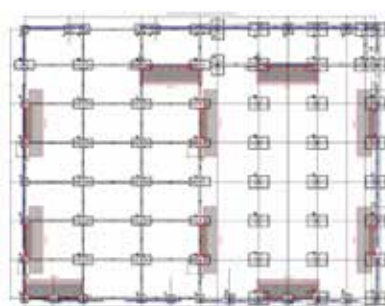


Figura 6. Disposición en planta de los disipadores.



Figura 7. Máquina de test para dispositivos sísmicos propiedad de HIRUN, Wuhan (China).

DIRECCIÓN X			DIRECCIÓN Y		
F	421.14	kN	F	1824.92	kN
V	250	mm/s	V	250	mm/s
LINEAL			LINEAL		
Kel	11	kN/mm	Kel	47	kN/mm
NO LINEAL			NO LINEAL		
C	139.58	kN	C	604.86	kN
V _{rif}	1	mm/s	V _{rif}	1	mm/s
α	0.2		α	0.2	
Knl	22	kN/mm	Knl	94	kN/mm

Tabla 1. Características mecánicas de los dispositivos utilizados para el proyecto de adecuación sísmica.

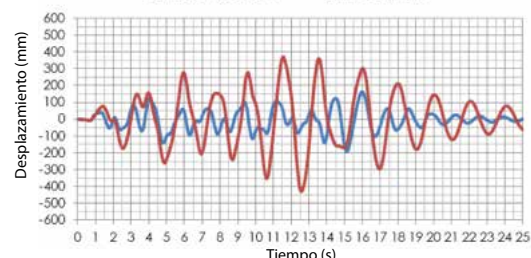
COEFICIENTE DE SEGUIRIDAD PRE Y POST INTERVENCIÓN

Uno de los principales parámetros para estimar la vulnerabilidad sísmica de un edificio es el índice de riesgo (IS-V), definido en el Anexo A de las "Pautas para la clasificación del riesgo de construcción sísmica" como la relación entre la capacidad efectiva del sistema estructural para resistir sin daños a un terremoto y la demanda real en términos de aceleración máxima del terreno (PGA) en el sitio donde se encuentra la construcción. Entonces, la vulnerabilidad sísmica es mayor cuanto menor es el índice de riesgo. Para evaluar el caso en cuestión, se realizó un análisis de serie de tiempo tanto en el SLC como en el SLV, insertando las distribuciones de armadura como se relevaron en las visitas realizadas en el sitio y tomadas del proyecto original. En términos de sollicitación, el complejo estructural previo a la intervención presentó un IS-V igual a 0,831. Mientras que razonando en términos de desplazamiento e investigando el problema del "martilleo", el edificio involucrado se comportaba, en términos de indicadores de riesgo con un valor de IS-V igual a 0.131, extremadamente por debajo del umbral de seguridad proporcionado por la norma. Los análisis dinámicos del modelo, una vez que se produjo la inserción de refuerzos de disipación viscoelásticos, han podido demostrar un aumento sustancial en el índice de seguridad que logra obtener un valor unitario, es decir IS-V=1 (Figura 8). El complejo industrial por lo tanto ha sido sísmicamente adecuado y es ahora es capaz de cumplir con los requisitos reglamentarios en términos de la aceleración del terreno esperada para los nuevos edificios ubicados en la zona en cuestión.

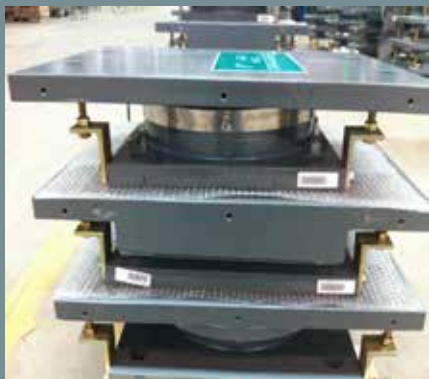
$IS - V = \frac{PGA_{capacidad}}{PGA_{solicitación}}$	IS - V Pre-intervención	IS - V Post-intervención
En términos de sollicitación	0.831	1.00
En términos de desplazamiento	0.131	1.00

Figura 8. Índice de riesgo antes y después de la intervención.

SLV_1 - MOVIMIENTO DEL PLANO DE COBERTURA - DIRECCIÓN X
— ESTADO DEL PROYECTO — ESTADO DE HECHO



Análisis de serie de tiempo. En términos de desplazamiento - pre intervención post intervención



Apoyos esféricos HIFLOW



Puente de carretera y ferroviario Wuhu Yangtze River Bridge (China)



Posicionamiento del aislador



Edificio residencial multipisos Tainan City (China)



2° Puente de carretera Zhuhai (China)



Hospital Regional en Bursa (Turquía)



Posicionamiento del aislador



Apoyos esféricos HIFLOW



Edificio residencial de 15 pisos



Mayte S.A.

Plaza Lagos Town Center - Edificio Promenade Sur, 1er piso
Km. 6,5 Vía a Samborondon. Guayaquil, Ecuador (092302)
Tel: +593 99 950 0815
E mail: maytesa.ec@gmail.com



Copyright 2018

Todos los derechos reservados Rev. 01/18

Las indicaciones contenidas en este documento técnico responden de manera real y veraz a nuestro mejor y actual conocimiento. Dependiendo de la atención y la precisión de las diversas fases de instalación de las cuales no tenemos responsabilidad, pueden ocurrir variaciones. Por lo tanto, nuestra garantía se limita a la calidad y la constancia del producto suministrado según las indicaciones dadas.