



## ANÁLISIS DEL USO DE DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSOS PARA EL EDIFICIO ROLES DE LA CIUDAD DE SUCRE

Msc. Ing. Ronald Fernando Gonzales Soto  
INGENIERO CIVIL

### INTRODUCCIÓN

Al introducir disipadores de energía a un edificio, éste se divide en dos sistemas interdependientes: el Sistema Estructural, compuesto por los elementos de concreto armado que componen la estructura, y el Sistema de Amortiguamiento, compuesto por los amortiguadores, conexiones metálicas y elementos de concreto que estén conectados directamente a ellos.

Debido que nuestro país se encuentra en un riesgo sísmico alto y la ciudad de Sucre se encuentra en la franja de riesgo, ya que en años anteriores no solo destruyeron edificaciones, sino se tuvo que lamentar la pérdida de vidas. Es por este motivo que el presente trabajo de investigación se enfoca en el uso de disipadores de energía, más propiamente los disipadores de fluido viscoso que ya fueron utilizados en otros países ya mencionados.

Para poder ver el comportamiento de estos dispositivos se realizó la aplicación en el edificio Roles de la ciudad de Sucre, el cual consta de 24 pisos y dos estacionamientos subterráneos.

### ANÁLISIS SÍSMICO

Se emplearon las recomendaciones de la Norma ASCE 7-10 en su capítulo 18 (requerimientos de diseño sísmico para estructuras con sistemas de disipación) para la determinación del sismo de diseño, el mismo que se empleó para el cálculo de las propiedades de los disipadores. Asimismo, se siguieron los lineamientos de la Guía Boliviana de Diseño Sísmico 2020.

Los pasos que se han de seguir para determinar el sismo de diseño son los siguientes:

De acuerdo con el mapa de probabilidad sísmica para una de excedencia de 10%, tenemos para la ciudad de Sucre una pseudo aceleración sísmica de  $S_o=0.20$ . (mapa 2-5 Guía Boliviana de Diseño Sísmico 2020)

El uso de programa de análisis y diseño estructural ETABs.

### EVALUACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados comparativos en cuanto a desplazamientos, distorsiones, aceleraciones y otros del edificio en estudio (con y sin disipadores de energía) teniendo como sismo de diseño de acuerdo a la Guía Boliviana de Diseño Sísmico 2020.

### DESPLAZAMIENTOS

Dirección X-X

La incorporación de disipadores de energía viscosos en la estructura reduce los desplazamientos de piso en la dirección X-X en un rango de entre 42 a 43% tal como se muestra en la figura 1 y tabla 1.



**Figura 1** Desplazamientos máximos absolutos de cada piso (Dirección X-X)

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 1** Porcentaje de reducción de los desplazamientos máximos de cada piso

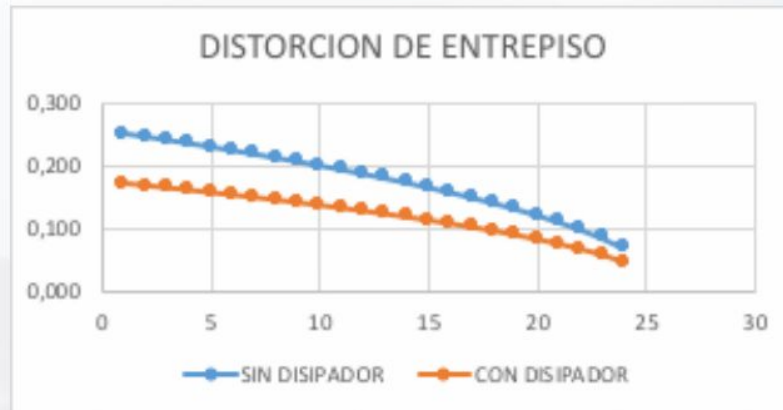
PISO	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	REDUCCION %
EST.	0,00000	0,00000	0,00%
EST,1	0,00000	0,00000	0,00%
SUP MER	0,00000	0,00000	0,00%
1	0,04560	0,02695	40,90%
2	0,07820	0,04872	37,70%
3	0,09440	0,05839	38,15%
4	0,13680	0,08554	37,47%
5	0,14593	0,09975	31,65%
6	0,17033	0,11067	35,03%
7	0,19473	0,11802	39,39%
8	0,20110	0,12285	38,91%
9	0,21480	0,13300	38,08%
10	0,24890	0,14105	43,33%
11	0,26980	0,15338	43,15%
12	0,27990	0,16100	42,48%
13	0,30450	0,17423	42,78%
14	0,30580	0,18109	40,78%
15	0,33698	0,19101	43,32%
16	0,34890	0,19677	43,60%
17	0,35890	0,20797	42,05%
18	0,37800	0,22120	41,48%
19	0,38100	0,22811	40,13%
20	0,38400	0,23436	38,97%
21	0,39258	0,24653	37,20%
22	0,42360	0,25396	40,05%
23	0,45800	0,26474	42,20%
24	0,48660	0,27457	43,57%

Fuente: Elaboración propia

## DISTORSIONES DE ENTREPISO

Dirección X-X

Las distorsiones de entrepiso en la dirección X-X se redujeron en un rango entre el 33% y 54% tal como se aprecia en la figura 2 y tabla 2. Es importante mencionar que la distorsión máxima en la estructura con disipadores de energía viscosos se presenta en el primer piso y es igual a 11.76%, valor que satisface la distorsión objetivo de 12%, es decir la máxima distorsión permitida por la Guía Boliviana de Diseño Sísmico.



**Figura 2** Distorsiones de entrepiso (Dirección X-X)

Fuente: Elaboración propia

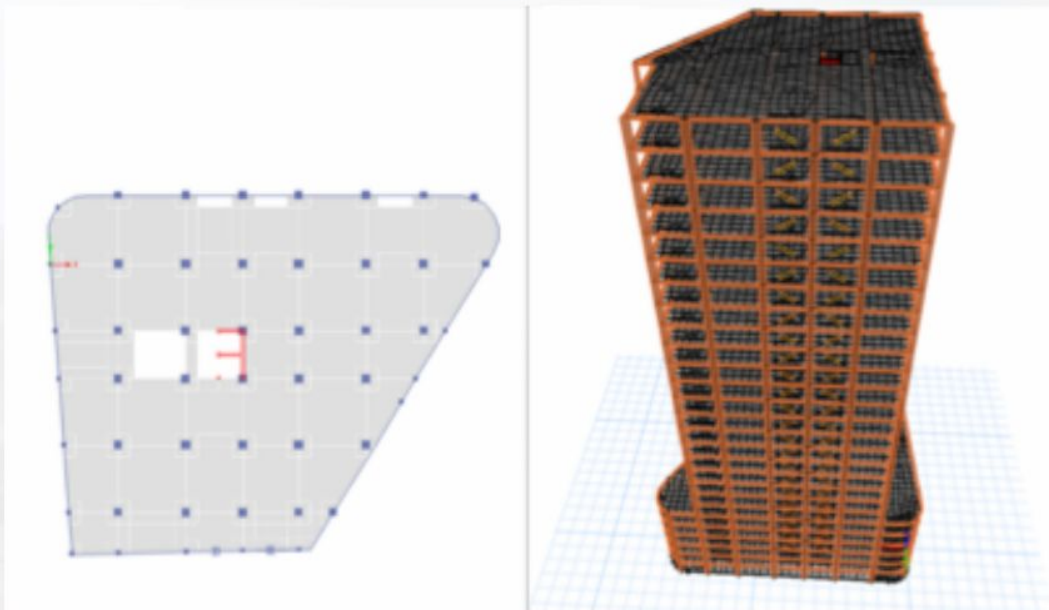
**Tabla 2** Porcentaje de reducción de las distorsiones de entrepiso

PISO	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	REDUCCION %
24	0,02160	0,01155	46,53%
23	0,04010	0,02088	47,93%
22	0,04440	0,02931	33,99%
21	0,06680	0,03666	45,12%
20	0,08593	0,04275	50,25%
19	0,08900	0,04743	46,71%
18	0,09880	0,05058	48,81%
17	0,10500	0,05265	49,86%
16	0,10970	0,05700	48,04%
15	0,11675	0,06045	48,22%
14	0,12310	0,06573	46,60%
13	0,12945	0,06900	46,70%
12	0,13581	0,07467	45,02%
11	0,14216	0,07761	45,41%
10	0,14851	0,08186	44,88%
9	0,15487	0,08433	45,55%
8	0,16122	0,08913	44,72%
7	0,16757	0,09480	43,43%
6	0,17393	0,09776	43,79%
5	0,18028	0,10044	44,29%
4	0,18663	0,10566	43,39%
3	0,20980	0,10884	48,12%
2	0,22200	0,11346	48,89%
1	0,25800	0,11767	54,39%

Fuente: Elaboración propia

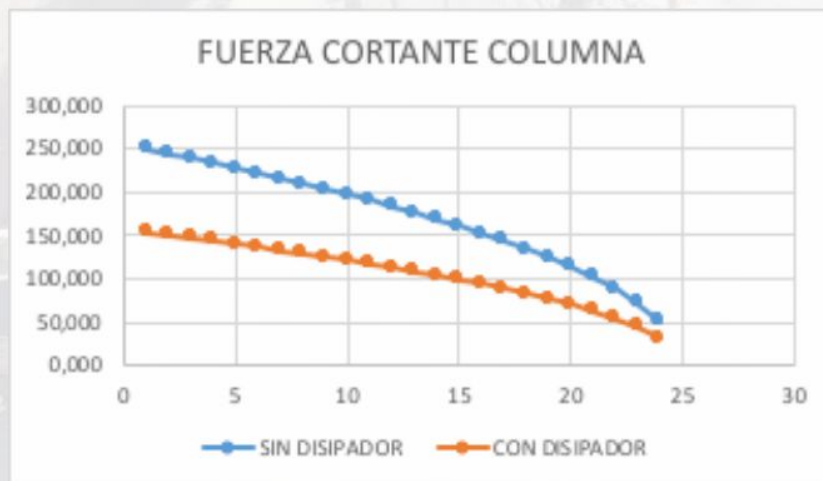
## ESFUERZOS MÁXIMOS EN LOS ELEMENTOS DE CORTE

Las fuerzas cortantes y los momentos flectores de todas las columnas se redujeron. A manera de ejemplo se realizó una comparación de estas fuerzas (edificio con y sin disipadores) en la columna que se muestra en la siguiente imagen seleccionando una columna cualquiera.



**Figura 3** Vista en planta de la estructura columna seleccionada

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4** Fuerza cortante máxima en cada piso para la columna seleccionada

Fuente: Elaboración propia

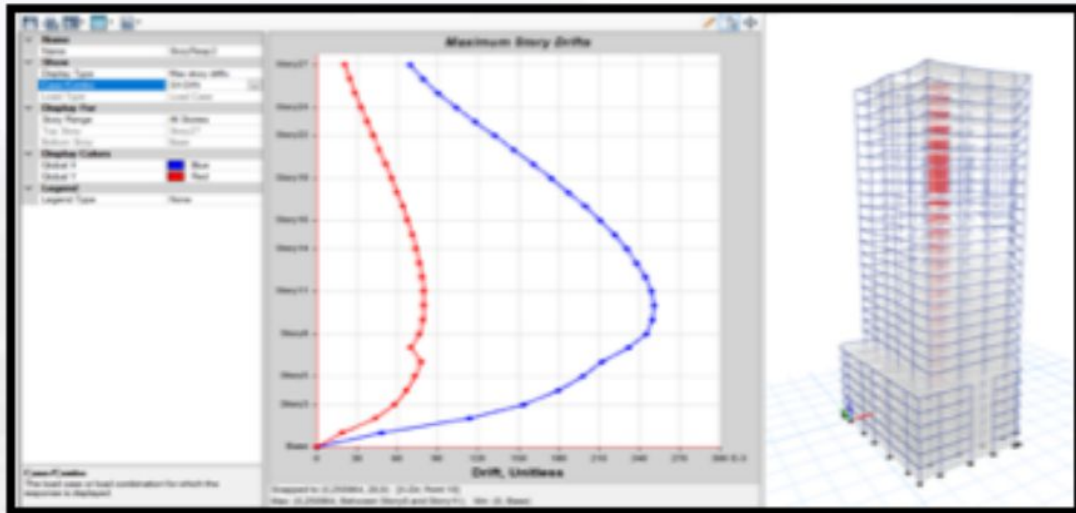
Se consideró como máxima deriva de piso el valor de 12‰, es decir, la distorsión máxima permitida para estructuras de concreto armado tal como lo indica la Guía Boliviana de Diseño Sísmico 2020, como se muestra a continuación:

**Tabla 3** Máxima deriva de piso

Material predominante	$\Delta_t = \delta_t/h_t$
Hormigón armado	0.012
Muros de ductilidad limitada	0.005
Acero	0.010
Albañilería confinada y/o armada	0.004
Madera	0.007

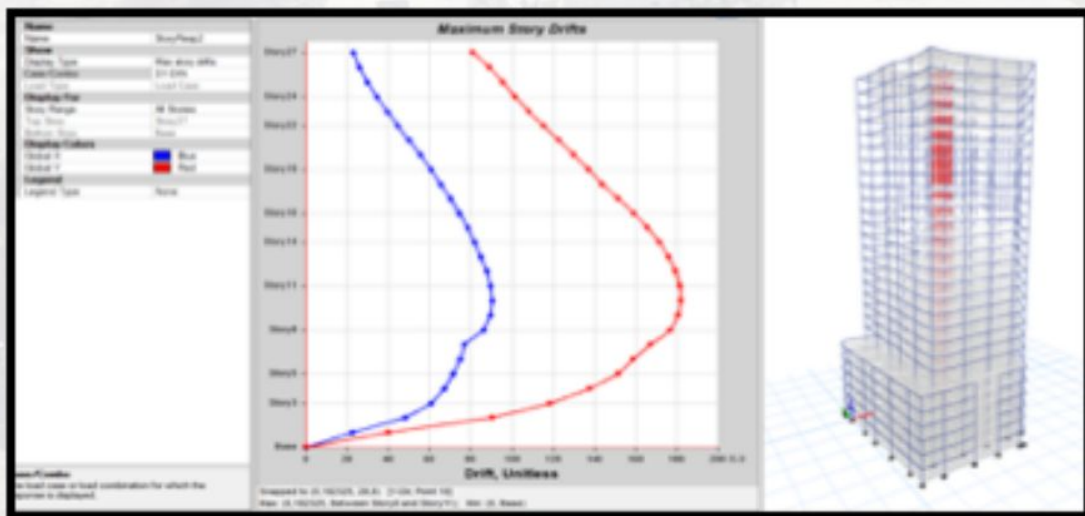
Fuente: Guía Boliviana de diseño Sísmico 2020 (tabla 7-4)

Del diseño sísmico que se realizó con base a nuestra guía, y extrayendo datos de las derivas máximas debido a sismo, tendremos la siguiente distribución:



**Figura 5** Máximas distorsiones debido al sismo en la dirección X-X

Fuente: Elaboración propia



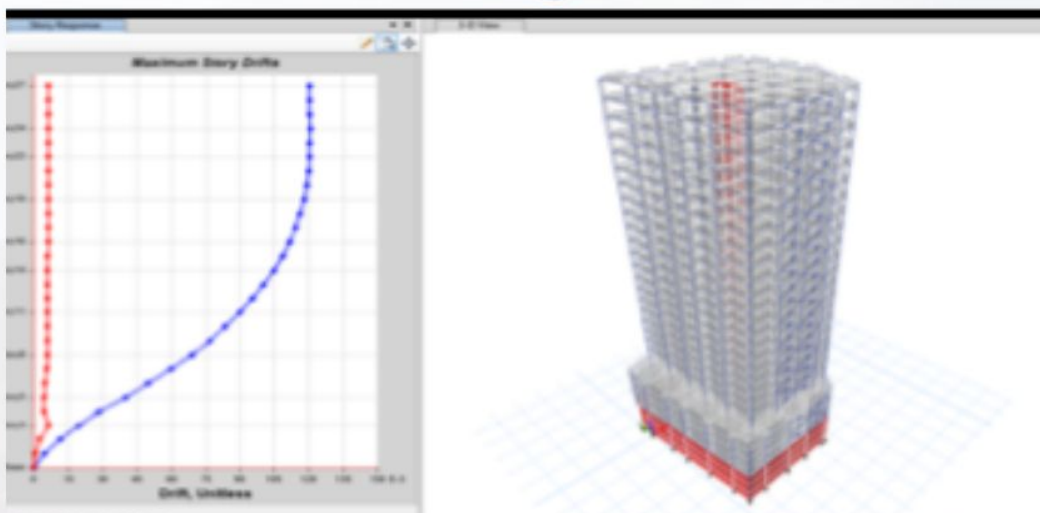
**Figura 6** Máximas distorsiones debido al sismo en la dirección YY

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos se realizaron para ambos ejes, en donde la distorsión máxima en el eje XX (25.10%) es superior a la permitida; el eje YY por tener una distorsión de 18.23% se requiere de disipadores en ambas direcciones. Para calcular el amortiguamiento viscoso necesario para llegar a la distorsión objetivo (12%) se sigue el siguiente calculo reemplazando en las anteriores ecuaciones:

**DESPLAZAMIENTO EN LOS NIVELES DEL EDIFICIO Y CONTROL DE DISTORSIONES**

Los desplazamientos y las distorsiones obtenidas del Análisis Dinámico de nuestro edificio con disipadores de energía se muestran a continuación:



**Figura 7** Verificamos las distorsiones de entepiso  
Fuente: Elaboración propia

Sacando las tablas de distorsiones máximas debidos al sismo.

**Tabla 4** Distorsiones máximas de piso control según la GBDS 2020

PISO	DESPLZAMIENTO	DISTORSION DE ENTREPI-SO D/h	DISTORSION SEGÚN GBDS 2020	CONTROL
EST.	0,0000	0,0000	0,012	SI
EST,1	0,0000	0,0000	0,012	SI
SUP_MER	0,0000	0,0000	0,012	SI
1	0,02695	0,01130	0,012	SI
2	0,04872	0,01100	0,012	SI
3	0,06839	0,01080	0,012	SI
4	0,08554	0,01060	0,012	SI
5	0,09975	0,01040	0,012	SI
6	0,11067	0,01016	0,012	SI
7	0,11802	0,00994	0,012	SI
8	0,12285	0,00972	0,012	SI
9	0,13300	0,00950	0,012	SI
10	0,14105	0,00928	0,012	SI
11	0,15338	0,00906	0,012	SI
12	0,16100	0,00884	0,012	SI
13	0,17423	0,00862	0,012	SI
14	0,18109	0,00840	0,012	SI
15	0,19101	0,00818	0,012	SI
16	0,19677	0,00796	0,012	SI
17	0,20797	0,00774	0,012	SI
18	0,22120	0,00752	0,012	SI
19	0,22811	0,00730	0,012	SI
20	0,23436	0,00708	0,012	SI
21	0,24653	0,00686	0,012	SI
22	0,25396	0,00664	0,012	SI
23	0,26474	0,00642	0,012	SI
24	0,27457	0,00620	0,012	SI

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, las distorsiones de entrepiso se han reducido casi en un 50% de las iniciales cuando no se tenía los disipadores; de la misma manera los desplazamientos por tal motivo los esfuerzos en vigas, columnas y losa también sufrieron una disminución.

## CONCLUSIONES

Se concluye que, una metodología adecuada permitirá realizar el modelado, análisis y diseño de los disipadores, pues como se vio después de los procesos desarrollados en esta investigación, se pudo llegar a determinar un proceso metodológico consecuente para el análisis y diseño de los disipadores sísmicos de fluido viscoso.

Para este fin se tomó como modelo de aplicación el edificio Roles que se encuentra en la ciudad de Sucre, el cual cuenta con 24 niveles, los disipadores que se eligieron para el análisis son los de fluido viscoso, que se adaptan a las condiciones estructurales y las ventajas que estos tienen para la puesta en obra. Con el uso del programa ETABS con el cual se realizó el análisis y diseño de estos dispositivos.

Se concluye que la incorporación de los disipadores sísmicos de fluido viscoso influye en el control de la respuesta sísmica de las edificaciones pues en todas las edificaciones se lograron controlar las distorsiones excesivas de entrepiso y ponerlas por debajo de la máxima permisible de acuerdo con la Guía Boliviana de Diseño Sísmico 2020 que es de 0.012 para concreto armado, en el ejemplo de aplicación esta distorsión se reduce entre el 33% y 54%.

La gran mayoría de los esfuerzos de cortante y momentos flectores que se presentaban en la edificación en vigas y columnas se ven disminuidas gracias a la incorporación de estos disipadores.

## BIBLIOGRAFÍA

ACI. (2008). *American concrete institute (ACI) (2008). ACI 318-08 Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario*. Estados Unidos.

ASCE. (2010). *American Society of Civil Engineers (ASCE). ASCE 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. EEUU.

FEMA. (2017). *Federal Emergency Management Agency (FEMA). Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings – NEHRP. FEMA 273-274*. Washington, D.C. EEUU.

Grandi, R. (2020). *Guía Boliviana de Diseño Sísmico*. La Paz, Bolivia .

Villarreal Castro, G., & Diaz La Rosa Sánchez, M. (2016.). *Edificaciones con disipadores viscosos* . Lima.