

**ANEXO 3**

**MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL CON AISLADORES SÍSMICOS  
DEL HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS DE AYAVIRI DE ACUERDO A LA  
NORMA E.030 2018.**

**4. PLANTEAMIENTO DE UN MODELO MATEMÁTICO CON  
AISLADORES SÍSMICOS.**

**4.1. MODELAMIENTO MATEMÁTICO CON AISLAMIENTO SÍSMICO DEL  
PABELLÓN A.**

**PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES  
DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO.**

Para la realización de la superestructura del modelo matemático del pabellón A, utilizaremos los mismos los elementos estructurales tales columnas, vigas y losas del sistema de base fija, adicionalmente a esto se incluirá un de nivel de aislamiento que contiene elementos estructurales como vigas de aislamiento, pedestales, capiteles y losa sólida.

• **VIGAS PERALTADAS EN LA LOSA MACIZA**

$$h = \frac{L}{10}; b = \frac{h}{2} \quad (14)$$

Donde:

$$L = 7.35$$

Por tanto:

$$h = \frac{7.35}{10} = 0.735 \text{ m} \cong 0.80 \text{ m}$$

Además:

$$b = \frac{0.80}{2} = 0.40 \text{ m} = 0.40 \text{ cm}$$

Finalmente:

$$h = 0.80 \text{ m} \quad y \quad b = 0.40 \text{ m}$$

- **PEDESTALES Y CAPITELES**

$$h = 0.90 \text{ m}$$

$$b = 1.0 * 1.0 \text{ m}$$

- **LOSA MACIZA**

$$h_{L.Maciza} = \frac{L}{40}$$

Donde:

$$L = 7.35$$

Por tanto:

$$h_{L.Maciza} = \frac{7.35}{40} = 0.18 \text{ m}$$

Redondeando:

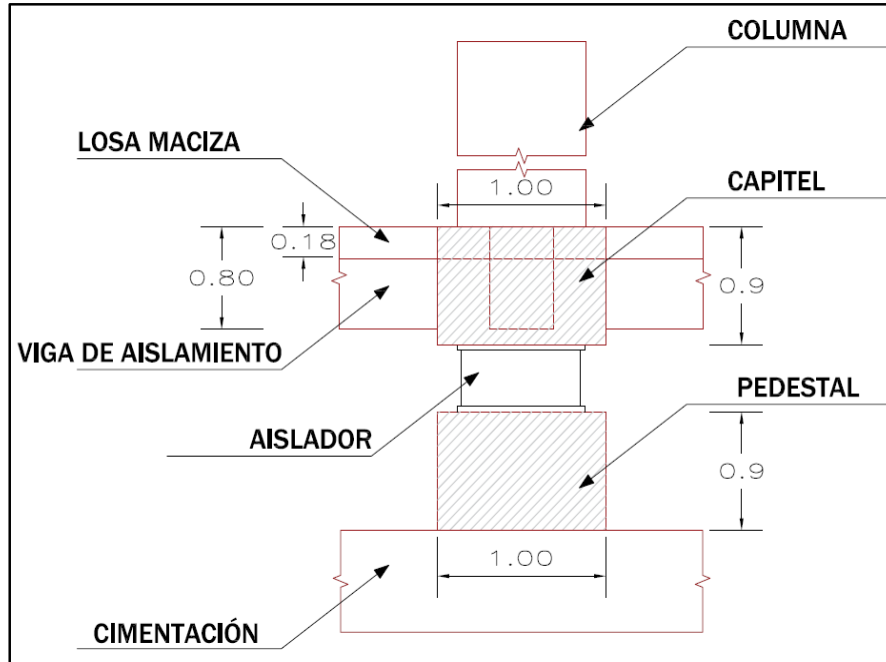
$$h_{L.Maciza} = 0.18 \text{ m}$$

- **MUROS DE CORTE**

$$e = 0.30 \text{ m}$$

**Figura A. 149**

*Elementos Estructurales del Sistema de Aislamiento Pab. A*



### **ANÁLISIS ESTÁTICO.**

#### **Cargas Factorizadas o Amplificadas**

Todos los elementos de la estructura sísmicamente aislada, incluidos los que no forman parte del sistema sismorresistente, deben ser diseñados utilizando las cargas sísmicas establecidas en esta Norma Técnica y las combinaciones de cargas adicionales para el diseño del sistema de aislamiento sísmico y para las pruebas de prototipos de unidades de aislamiento indicadas en el numeral 12.2 del artículo 12 de la RNE E.031.

a) Carga vertical promedio:

$$1,0 CM + 0,5 CV \quad (15)$$

b) Carga vertical máxima:

$$1,25 (CM + CV) + 1,0 (CSH + CSV) + 0,2 CN \quad (16)$$

c) Carga vertical mínima:

$$0,9 CM - 1,0 (CSH + CSV) \quad (17)$$

Donde:

CM : Carga muerta.

CV : Carga viva.

CSH : Carga sísmica horizontal.

CSV : Carga sísmica vertical = 0,5 (1,5 ZS) CM.

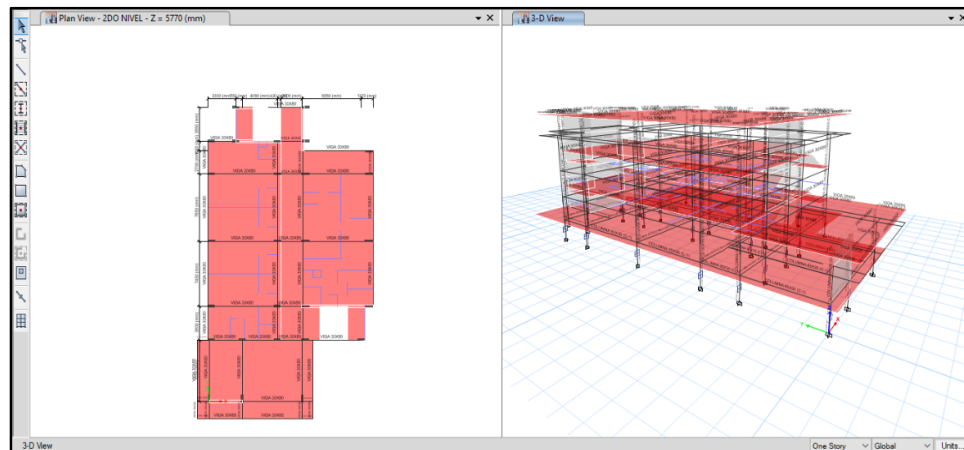
CN : Carga de nieve.

### **PESO DE LA EDIFICACIÓN**

En primer lugar, determinaremos el peso de la edificación utilizando el programa ETABS . La asignación de cargas vivas y cargas muertas serán las mismas que se asignaron al edificio de base fija, que se desarrollaron anteriormente. Para el cálculo del peso del Edificio incluiremos al modelo con base fija, una losa maciza, capiteles y vigas de aislamiento.

**Figura A. 150**

*Modelamiento del Pabellón A, sin Aisladores con ETABS*



**Tabla A. 208**

*Factores Sísmicos Pab. A Según E.030 -2018*

CONCEPTO	FACTOR - TIPO	VALOR
Factor De Zona (Peligro Sísmico) SD	Z2	0.25

Factor De Zona (Peligro Sísmico) SMC	Z2	0.375
Perfil De Suelo	S2	1.20
Factor De Uso	U	1.00
Coefficiente De Reducción	R	6.00
Coefficiente C	C	2.50
Periodo Fijo (Etabs)	T	<b>0.33 s</b>
Periodo Máximo	Tmax	3.0 s

Determinación de la Carga vertical máxima:

a) Carga vertical máxima:

$$P_{Umax} = 1,25 (CM + CV) + 1,0 (CSH + CSV) + 0,2 CN \quad (18)$$

**CM** : Carga Muerta.

**CV** : Cargas Viva.

**CSH** : Carga sísmica horizontal.

**CSV** : Carga sísmica Vertical = 0.5 (1.5 ZS) CM.

**CN** : Carga de Nieve.

$$P = CM + 0.5CV + 0.25 CVT \dots E. 030 - 2018 \quad (19)$$

$$CSH = \frac{(ZUCS)}{R} * P \quad (20)$$

$$CSV = 0.5 (1.5 \times Z \times S) * CM \quad (21)$$

**Tabla A. 209**

*Cargas De Gravedad En Servicio En Los Aisladores Pab. A*

Nivel	Joint Label	Peso Propio (Ton)	CM (Ton)	CV (Ton)	CVT (Ton)	Carga de Nieve (Ton)	P (Ton)	CSH (Ton)	CSV (Ton)	CARGA MAXIMA (Ton)
-------	-------------	-------------------	----------	----------	-----------	----------------------	---------	-----------	-----------	--------------------

Base 3	42.92	22.73	6.61	2.36	0.43	69.55	9.66	14.77	117.80
Base 4	65.49	49.31	19.03	2.77	1.17	125.01	17.36	25.83	214.18
Base 5	67.24	48.86	19.20	3.00	1.19	126.45	17.56	26.12	216.79
Base 7	26.58	14.82	5.10	0.74	0.30	44.13	6.13	9.31	74.55
Base 8	86.94	67.50	26.20	4.13	1.65	168.57	23.41	34.75	289.45
Base 9	97.66	85.44	38.75	4.45	1.78	203.59	28.28	41.20	352.70
Base 10	99.45	83.81	41.48	4.53	1.82	205.13	28.49	41.23	356.67
Base 11	82.85	69.88	28.94	3.50	1.41	168.07	23.34	34.36	289.45
Base 12	77.71	60.83	28.56	3.26	1.31	153.64	21.34	31.17	265.73
Base 13	77.24	55.09	30.79	3.15	1.27	148.51	20.63	29.77	258.49
Base 14	60.19	47.00	22.48	2.01	0.80	118.93	16.52	24.12	205.40
Base 15	68.91	57.44	25.97	2.54	1.07	139.98	19.44	28.43	241.66
Base 16	47.42	32.21	9.64	2.94	0.40	85.18	11.83	17.92	145.08
Base 17	43.31	28.51	10.57	1.78	0.46	77.55	10.77	16.16	132.24
Base 18	52.46	25.30	13.20	2.39	0.41	84.95	11.80	17.49	146.04
Base 19	39.26	25.34	9.64	1.14	0.46	69.71	9.68	14.54	118.54
Base 20	35.83	13.69	5.30	2.62	0.00	52.83	7.34	11.14	90.28
Base 22	33.30	7.82	3.02	1.93	0.08	43.11	5.99	9.25	72.83
Base 23	38.03	17.35	7.07	2.73	-0.08	59.60	8.28	12.46	102.20
Base 26	97.49	50.19	22.90	2.91	1.69	159.86	22.20	33.23	272.63
Base 34	76.88	22.79	18.48	1.00	0.96	109.16	15.16	22.43	186.72
Base 54	113.56	64.34	32.46	3.22	1.98	194.93	27.07	40.03	334.47
Base 129	34.24	10.89	6.46	1.34	0.54	48.70	6.76	10.16	83.20
Base 187	69.77	10.05	11.09	2.21	1.14	85.92	11.93	17.96	146.52
Base 188	49.64	26.41	10.44	0.98	0.56	81.52	11.32	17.11	137.89
Base 43	57.08	16.88	10.01	0.94	0.98	79.19	11.00	16.64	133.96
Base 66	63.15	21.39	11.57	1.01	0.84	90.58	12.58	19.02	153.18

$$P_{Umax} = 5,140.95 \text{ Ton}$$

## CÁLCULO DE LOS DESPLAZAMIENTOS DE DISEÑO Y MÁXIMO.

### a. PARÁMETROS

Debemos tener en cuenta los parámetros de la edificación para poder desarrollar el diseño de una edificación con aislamiento sísmico.

### b. DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO

$$D_M = \frac{S_{aM} \cdot T_M^2}{4\pi^2 B_M} \quad (22)$$

$S_{aM}$  : Ordenada del espectro elástico de pseudo aceleraciones correspondiente al sismo máximo considerado.

$T_M$  : Período efectivo de la estructura sísmicamente aislada, asociado al desplazamiento traslacional DM en la dirección de análisis.

$B_M$  : Factor de amortiguamiento, correspondiente a la razón entre la ordenada espectral para 5% del amortiguamiento crítico y la ordenada espectral para el amortiguamiento efectivo  $\beta_M$  correspondiente al desplazamiento traslacional DM.

$D_M$  : Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis.

$$S_{aM} = 1.5 ZCSg \quad (23)$$

$$S_{aM} = 1.5 \times 0.25 \times 2.5 \times 1.20 \times g = 1.125 g$$

**Tabla A. 210**

*Coefficiente De Amortiguamiento*

COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO $B_M$	
	10% 1.20
<b>Dispositivo HDR (alto amortiguamiento)</b>	15% 1.35
	20% 1.50
	25% 1.60
<b>Dispositivo LRB (núcleo de plomo)</b>	25% 1.60
	30% 1.70

*Nota.* Fuente:RNE E.031-2019

**$B_M = 20 \%$  ( *Para dispositivos con Núcleo de plomo* )**

En esta investigación vamos a optar por un dispositivo con núcleo de plomo debido a que en el Perú es el más comercial.

$$D_M = \frac{S_{aM} \cdot T_M^2}{4\pi^2 B_M} \quad (24)$$

$$D_M = \frac{1.125 \times 3^2}{4\pi^2 \times 1.5} = 0.171 \text{ mt.}$$

### c. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO TOTAL

El desplazamiento total (D<sub>TM</sub>) de los elementos del sistema de aislamiento sísmico debe incluir el desplazamiento adicional debido a la torsión real y accidental, calculado con la distribución espacial de la rigidez lateral del sistema de aislamiento sísmico y la ubicación más desfavorable de la masa excéntrica.

$$D_{TM} = D_M \left[ 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] \quad (25)$$

Donde:

b : 19.31 Lado más corto de la edificación

d : 33.5 Lado mayor de la edificación

D<sub>M</sub> : 17.1 cm (Desplazamiento de diseño)

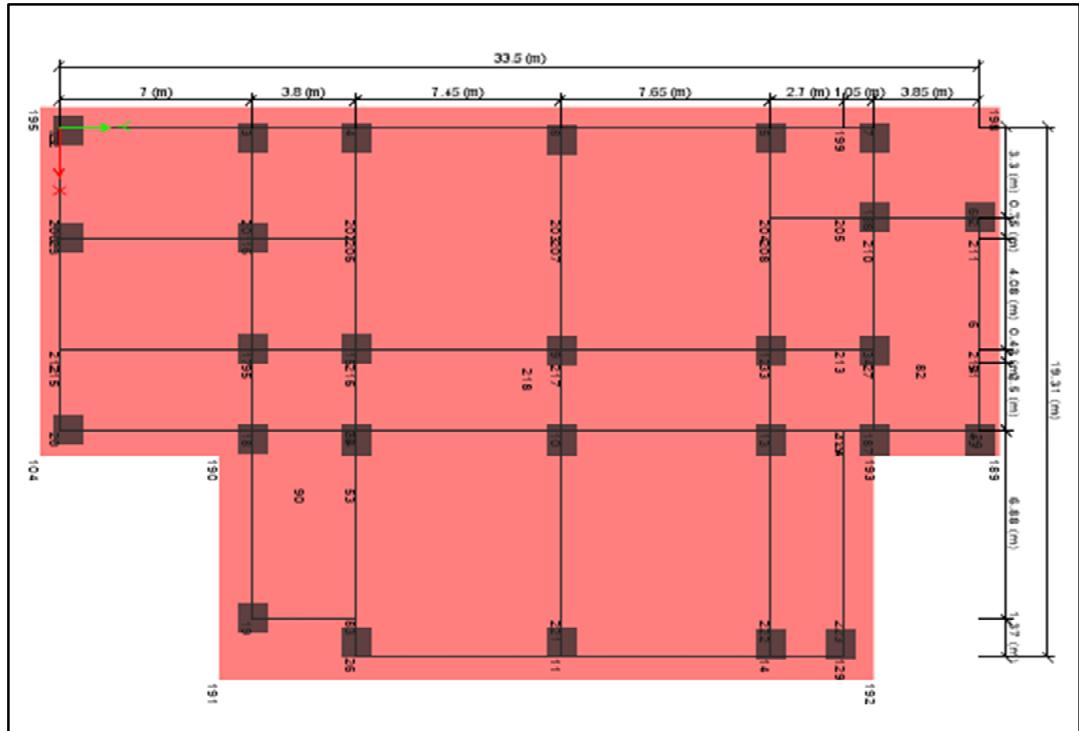
y : 16.75 m Distancia del centro de rigidez al punto más alejado de la estructura

e : (33.5\*0.05) = 1.675 Excentricidad, equivalente al 5% del lado mayor de la edificación.



**Figura A. 151**

*Vista en Planta del Pabellón “A”*



$$D_{TM} = 0.1709 \left[ 1 + (16.75) \frac{12(1.68)}{(19.30)^2 + (33.5)^2} \right]$$

$$D_{TM} = 0.21 \text{ m}$$

**d. DETERMINAR LA RIGIDEZ HORIZONTAL**

**• RIGIDEZ HORIZONTAL DEL SISTEMA**

Es necesario determinar la rigidez de cada uno de los dispositivos mediante:

$$K_h = P_{Umax} * \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 \tag{26}$$

Donde:

$K_h$  : Rigidez horizontal del dispositivo

$P_{Umax}$  : 5,139.67 Tn. Carga axial determinada

$T_D$  : 3.0 s Periodo Objetivo

$$K_h = P_{Umax} * \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2$$

$$K_h = 5,139.67 \text{ tn} * \left( \frac{2\pi}{3.0 \text{ s}} \right)^2$$

$$K_h = 22.54 \text{ Mp.m}$$

$$K_h = 22,540.73 \text{ tn/s}^2$$

**e. DETERMINAR LA RIGIDEZ HORIZONTAL POR DISPOSITIVO**

**• DISPOSITIVOS (LRB - TIPO A)**

Carga Axial = 356.83 tn

$$K_h = P_{Umax} * \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2$$

$$K_h^A = 356.83 \text{ Tn} * \left( \frac{2\pi}{3.0 \text{ s}} \right)^2$$

$$K_h^A = 356.67 (1000\text{m} \cdot \text{s}^2 \cdot \left( \frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} \right)) * \left( \frac{2\pi}{3.0 \text{ s}} \right)^2$$

$$K_h^A = 1.565 \text{ Mp.m}$$

$$K_h^A = 1,564.53 \frac{\text{tn}}{\text{s}^2} - \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

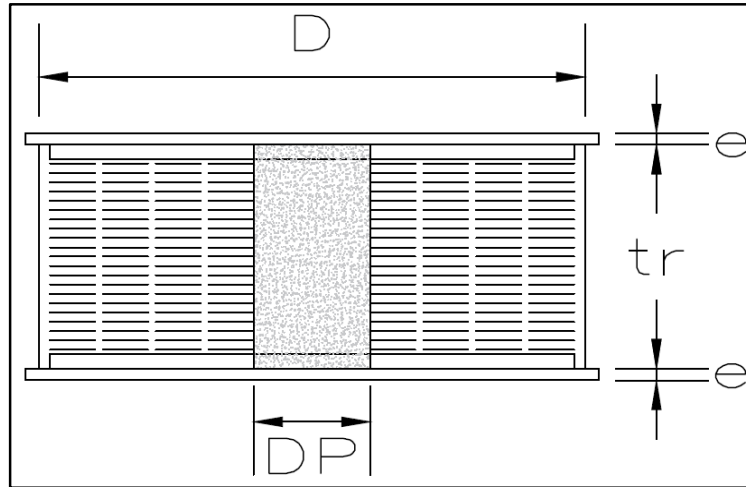
$$K_h^A = 1.565 \text{ KN/mm}$$

**f. DETERMINAR LA ALTURA DE CAUCHO LOS DISPOSITIVOS**

Está determinado por la relación Desplazamiento de diseño – Altura del caucho del dispositivo equivalente a la deformación de corte directo  $\gamma = 1.5$  (Equivalente).

**Figura A. 152**

*Sección de Aislador Sísmico con Núcleo de Plomo LRB*



$$\gamma = \frac{D_D}{t_r} \quad (27)$$

$$t_r = \frac{D_D}{\gamma} \quad (28)$$

$t_r$  : Altura del caucho

$\gamma$  : 1.50 Deformación de corte directa

$D_D$  : 0.171 m Desplazamiento de diseño

$$t_r = \frac{0.171 \text{ m}}{1.50}$$

$$t_r = \mathbf{0.114 \text{ m}}$$

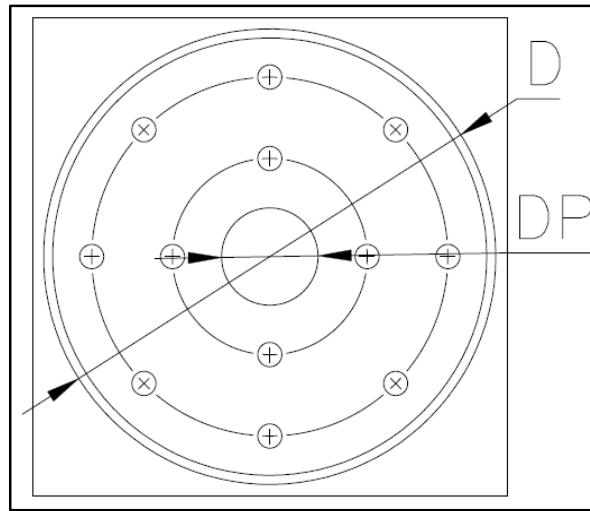
**g. DETERMINAR EL ÁREA REQUERIDA PARA EL DISPOSITIVO**

Está determinado por la rigidez horizontal del dispositivo y es equivalente al Módulo de Corte del Caucho por el área total sometida a la compresión axial, entre la altura del caucho.

• **ÁREA DEL DISPOSITIVO TIPO A**

**Figura A. 153**

*Vista en Planta de Aislador LRB Tipo A*



$$K_h^A = \frac{G * A}{t_r} \quad (29)$$

$$A = \frac{t_r * K_h^A}{G} \quad (30)$$

- |         |                              |   |
|---------|------------------------------|---|
| $K_h^A$ | : 1.565 Mpa.m                | Rigidez horizontal en Mp.m                                  |
| $G$     | : 0.80 Mpa                   | Módulo de Corte del Caucho                                  |
| $t_r$   | : 0.114 m                    | Altura total del caucho                                     |
| $A$     | : <b>0.223 m<sup>2</sup></b> | <b>Área del Dispositivo sometida a compresión axial</b>     |
| $D$     | : <b>0.53 m</b>              | <b>Diámetro del Dispositivo sometida a compresión axial</b> |

**h. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL DISPOSITIVO TIPO “A” (0.53 m)**

- **RIGIDEZ COMPUESTA DEL SISTEMA**

$$K_H = (n)K_h^A \quad (31)$$

$K_h^A$	: 1.56 KN/mm	Rigidez horizontal en Mp.m
$n_A$	: 27.00	Número de Dispositivos tipo A
$K_H$	: 42.24 KN/mm	<b>Rigidez compuesta del sistema</b>

• **CÁLCULO DE LA ENERGÍA DISIPADA**

$$W_D = 2\pi * K_{eff} * D_D^2 * \beta \quad (32)$$

$K_{eff}$	: 1.56 KN/mm	Rigidez horizontal efectiva
$D_M$	: 0.17 m	Desplazamiento de diseño
$\beta$	: 0.20	20 % coeficiente de amortiguamiento
$W_D$	: 57.48 KN.m	<b>Energía disipada</b>

• **DETERMINAR LA FUERZA CARACTERISTICA**

$$Q_A = \frac{W_D}{4 * (D_D - D_y)} \quad (33)$$

$D_y$	: 0.00 m	Donde inicialmente se asume que el desplazamiento de fluencia $D_y$ es igual a cero
$D_D$	: 0.17 m	Desplazamiento de diseño
$W_D$	: 57.48 KN.m	Energía disipada
$Q_A$	: 84.04 KN	<b>Fuerza característica</b>

• **PRIMERA APROXIMACIÓN DE VALORES DE K2 RIGIDEZ POST FLUENCIA**

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_D} \quad (34)$$

- $Q_A$  : 84.04 KN      Fuerza característica  
 $K_{eff}$  : 1,565 KN/m      Rigidez horizontal efectiva  
 $D_D$  : 0.17 m      Desplazamiento de diseño  
 $K_2^A$  : **1,073 KN/m**      **Rigidez post fluencia**

• **PRIMERA APROXIMACIÓN DE VALORES DE K1 RIGIDEZ INICIAL.**

Asumiendo que  $K_2$  es un 10% de  $K_1$

$$K_1^A = 10 * K_2^A \quad (35)$$

- $K_2^A$  : 1,073 KN/m      Rigidez post fluencia  
 $K_1^A$  : **10,730 KN/m**      **Rigidez inicial**

• **DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA**

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)} \quad (36)$$

- $Q_A$  : 84.04 KN      Fuerza característica  
 $K_2$  : 1,073 KN/m      Rigidez post fluencia  
 $K_1$  : 10,730 KN/m      Rigidez inicial  
 $D_y^A$  : **0.0087 m**      **Desplazamiento de fluencia**

• **DETERMINAR LA FUERZA CARACTERÍSTICA.**

$$Q = \frac{w_D}{4 * (D_D - D_y^A)} \quad (37)$$

$D^A_y$	: 0.009 m	Desplazamiento de fluencia
$D_D$	: 0.171 m	Desplazamiento de diseño
$W_D$	: 57.48 KN.m	Energía disipada
$Q_A$	: 88.54 KN	Fuerza característica

- **HALLANDO LA RIGIDEZ POST FLUENCIA  $K_2$**

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_D} \quad (38)$$

$Q_A$	: 88.54 KN	Fuerza característica
$K_{eff}$	: 1,565 KN/m	Rigidez horizontal efectiva
$D_D$	: 0.17 m	Desplazamiento de diseño
$K^{A_2}$	: 1,047 KN/m	<b>Rigidez post fluencia</b>
$K^{A_2}$	: 1.047 KN/mm	<b>Rigidez post fluencia</b>

- **HALLANDO LA RIGIDEZ INICIAL DEL DISPOSITIVO  $K_1$**

$$K_1^A = \frac{Q}{D_y} + K_2^A \quad (39)$$

$Q_A$	: 88.54 KN	Fuerza característica
$D^A_y$	: 0.009 m	Desplazamiento de fluencia
$K^{A_2}$	: 1,047 KN/m	Rigidez post fluencia
$K^{A_1}$	: 11,222 KN/m	Rigidez inicial
$K^{A_1}$	: 11.222 KN/mm	<b>Rigidez inicial</b>

- **FUERZA DE FLUENCIA  $F_y$ .**

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A) \quad (40)$$

$Q_A$	: 88.54 KN	Fuerza característica
$D^A_y$	: 0.009 m	Desplazamiento de fluencia
$K^A_2$	: 1,047 KN/m	Rigidez post fluencia
$F_y$	: 97.65 KN	<b>Fuerza de fluencia</b>

• **RATIO DE RIGIDEZ.**

$$r = \frac{K_2}{K_1} \quad (41)$$

$K^A_1$	: 11,222 KN/m	Rigidez inicial
$K^A_2$	: 1,047 KN/m	Rigidez post fluencia
$r$	: <b>0.0933</b>	<b>Ratio de rigidez</b>

• **PERIODO REAL DEL SISTEMA.**

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W/g}{K_H}} \quad (42)$$

$$K_H = (n)K_h^A + (n)K_h^B \quad (43)$$

$K^A_h$	: 1.56 KN/mm	Rigidez horizontal Efectiva
$n_A$	: 27.00	Numero de Dispositivos tipo A
$K_H$	: 42.12 kN/mm	Rigidez Horizontal del Sistema
$g$	: 9810.00	Gravedad expresada en mm/s <sup>2</sup> .
$W$	: 5,139 Tn	Peso estructural (Carga Estructura + Carga Impuesta) sin amplificar



$T_D$  : 2.19 s                      Periodo real del sistema de  
aislamiento

• FRECUENCIA ANGULAR DEL SISTEMA

$$\omega = \frac{2\pi}{T_{real}} \quad (44)$$

$T_D$  : 2.19 s                      Periodo real del sistema de  
aislamiento

$\omega$  : 2.867 rad/seg              Frecuencia angular del sistema

• AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO DE CADA AISLADOR.

$$C = \frac{W_D}{\pi * D_D^2 * \omega} \quad (45)$$

$W_D$  : 57.48 KN.m              Energía disipada

$D_D$  : 0.171 m                  Desplazamiento de diseño

$\omega$  : 2.867 rad/seg              Frecuencia Angular del Sistema

$C$  : 218.27 KN. seg/m          Amortiguamiento efectivo de  
cada aislador

$C$  : 0.218 KN.seg/mm          Amortiguamiento efectivo de  
cada aislador

Una vez realizado los cálculos para obtener las propiedades mecánicas del dispositivo tipo A, procedemos a realizar un cuadro de resumen con los valores que el programa ETABS requiere para efectuar el análisis.

**Tabla A. 211**

*Propiedades Mecánicas de Aislador Tipo A*

PROPIEDADES MECÁNICAS DE AISLADOR LRB EN EL PABELLÓN A			
$K_{eff}$	Effective Stiffness	Rigidez efectiva	1.56 KN/mm
$C$	Effective Damping	Amortiguación efectiva	0.218 KN.seg/mm
$K^{A_2}$	Stiffness	Rigidez post fluencia	1.047 KN/mm
$F_Y$	Yield Strength	Fuerza de fluencia	97.653 KN
$r$	Post Yield Stiffness Ratio	Razón de rigidez post rendimiento	0.09778

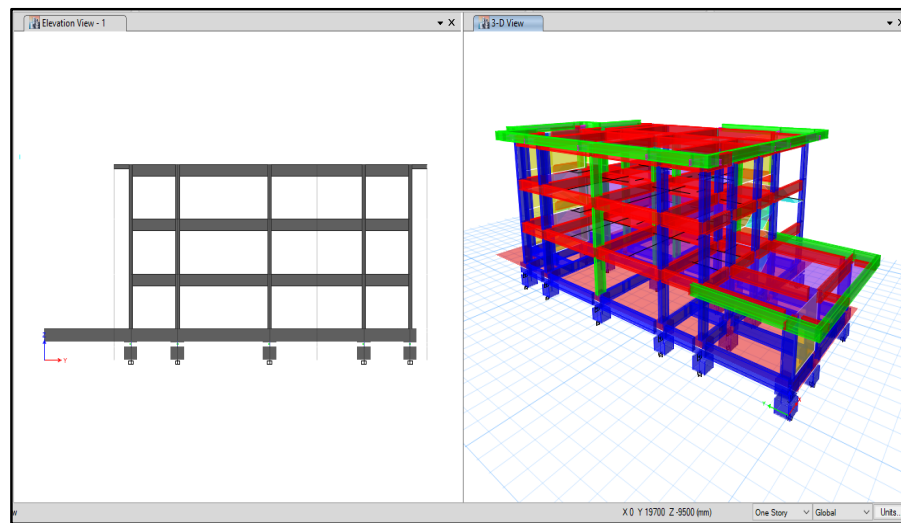
## ANÁLISIS DINÁMICO

### MODELAMIENTO DEL PABELLÓN A CON AISLADOR TIPO LRB.

Para realizar el análisis Bilineal de la estructura aislada se utilizó el programa ETABS En el cual se ingresó el modelo estructural de la misma forma como se definió en el capítulo anterior, con todas las características geométricas, características de los materiales y propiedades de los elementos.

**Figura A. 154**

*Modelado del Pabellón A con Aisladores Sísmicos.*



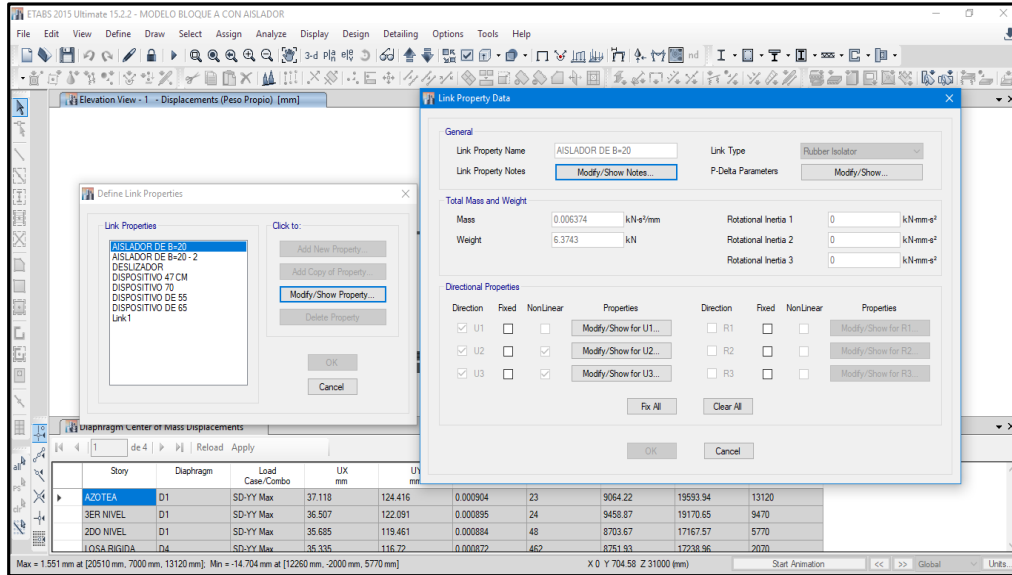
*Nota.* Fuente: Etabs

### DETALLE DEL MODELAMIENTO

Las variaciones de frecuencia de los aisladores son explícitamente modeladas utilizando “NLLink” o “propiedades de enlace” en español, con velocidad de amortiguación dependiente y exponentes no lineales, el elemento RUBER ISOLATOR se utiliza para modelar el aislador elastomérico con los datos obtenidos en la sección anterior resumidos en la Tabla N° 211.

**Figura A. 155**

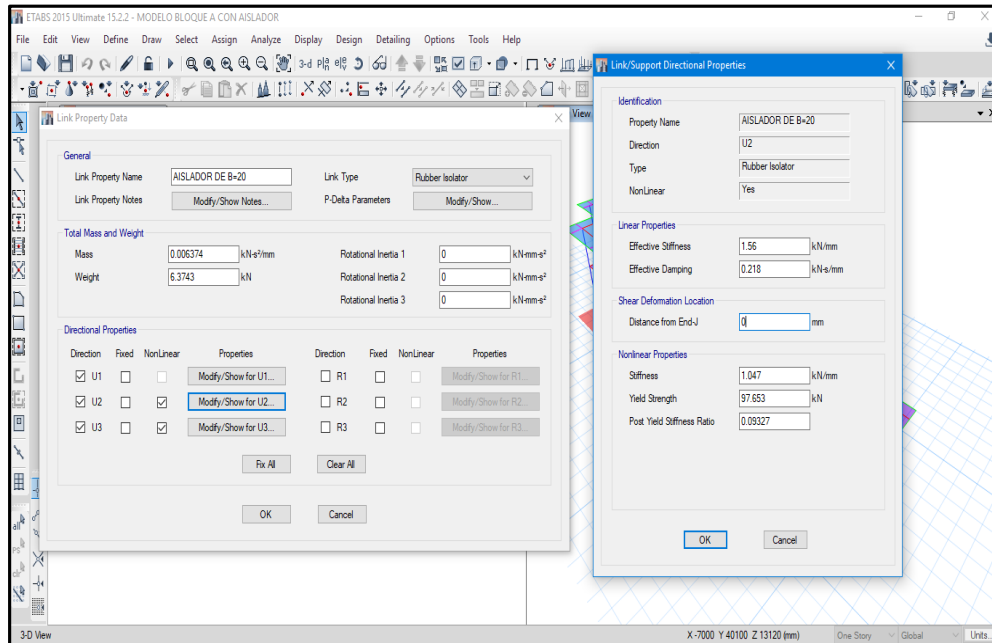
*Selección y Definición Del Tipo De Aislador*



Nota. Fuente: Etabs

**Figura A. 156**

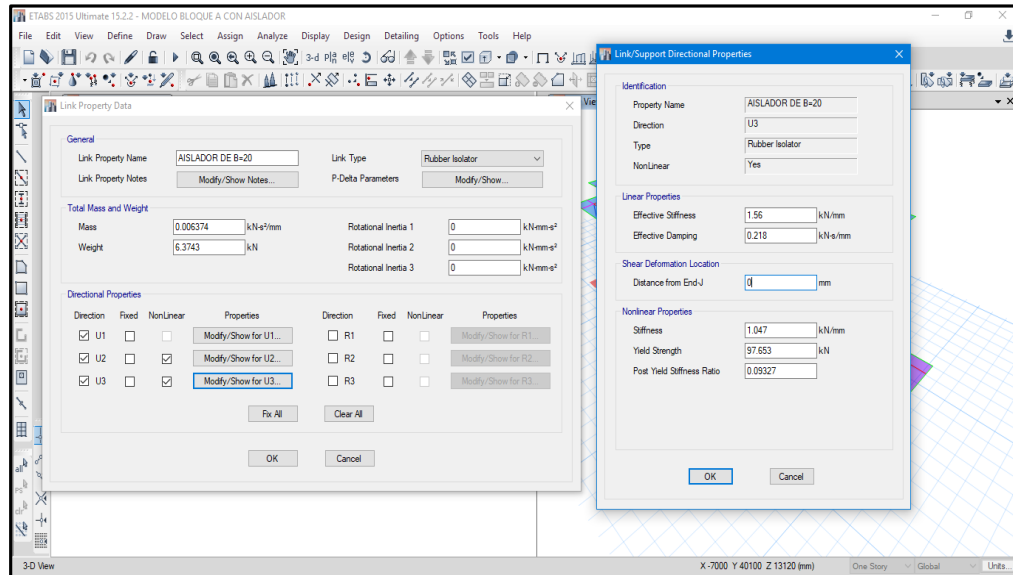
*Asignación de las Propiedades Mec. de los Aisladores en la Dir. X*



Nota. Fuente: Etabs

**Figura A. 157**

*Asignación de las Propiedades Mec. de los Aisladores en la Dir. Y.*



*Nota.* Fuente: Etabs

Después, habiendo seleccionado los puntos en la base donde se colocarán los aisladores, se les asigna el elemento link correspondiente.

Finalmente, se seleccionan todos los puntos en la base y se les asigna un diafragma rígido.

## **FUNCIÓN ESPECTRAL**

Una acción dinámica es aquella cuya variación en el tiempo es rápida y da origen a fuerzas de inercia comparables en magnitud con las fuerzas estáticas. Para realizar el análisis a una estructura es necesario definir su modelo mecánico y definir el movimiento del terreno, de modo que el análisis dinámico puede realizarse mediante procedimientos de análisis espectral o de tiempo historia.

Debido a la carencia de registro de los eventos sísmicos cercanos al lugar de implantación del Bloque “A” del Hospital de San Juan de Dios de Ayaviri, el análisis dinámico se realizará con el espectro de respuesta.

**Tabla A. 212**

*Parámetros Sísmicos*

**Factores Sísmicos según E0.31 -2019**

Z =	0.25	ZONA 2
U =	1.00	ESENCIAL A1
C =	2.50	TP < T < TL
S =	1.20	S2
R =	1.00	COEFICIENTE "R"
SaM = 1.5 Z U C S g		

**Tabla A. 213**

*Espectro de Respuesta Pab "A"*

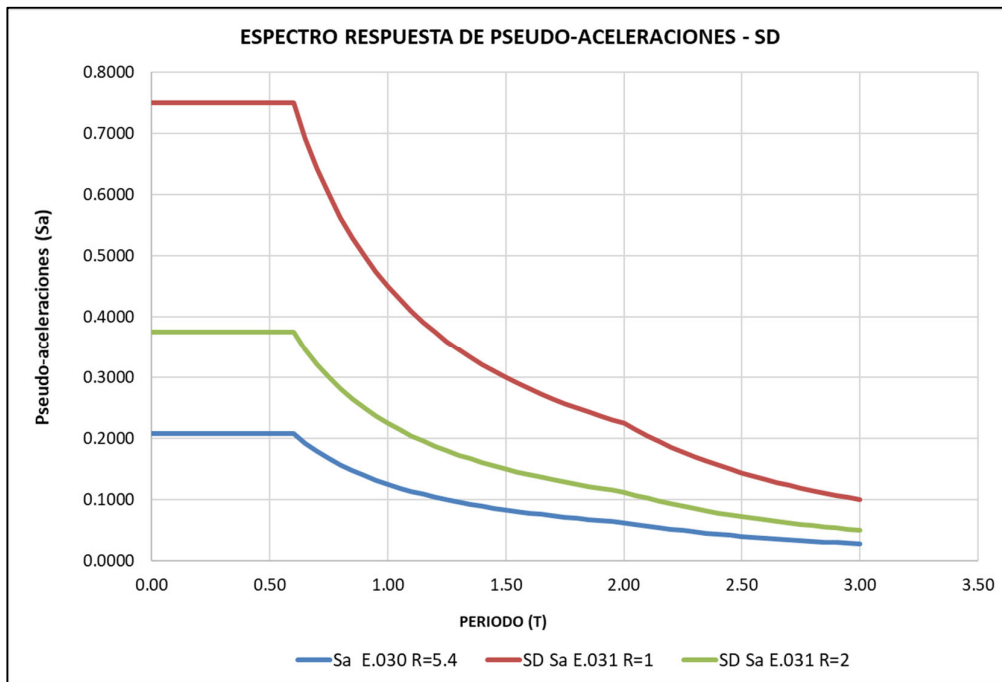
(T)	C	Sa	SD - Sa	SD - Sa	SMC - Sa	SMC - Sa
		E.030	E.031	E.031	E.031	E.031
		R=5.4	R=1	R=2	R=1	R=2
0.00	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.05	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.10	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.15	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.20	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.25	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.30	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.35	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.40	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.45	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.50	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.55	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.60	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.65	2.3077	0.1923	0.6923	0.3462	1.0385	0.5192
0.70	2.1429	0.1786	0.6429	0.3214	0.9643	0.4821
0.75	2.0000	0.1667	0.6000	0.3000	0.9000	0.4500
0.80	1.8750	0.1563	0.5625	0.2813	0.8438	0.4219
0.85	1.7647	0.1471	0.5294	0.2647	0.7941	0.3971
0.90	1.6667	0.1389	0.5000	0.2500	0.7500	0.3750
0.95	1.5789	0.1316	0.4737	0.2368	0.7105	0.3553
1.00	1.5000	0.1250	0.4500	0.2250	0.6750	0.3375

		<b>Sa</b>	<b>SD - Sa</b>	<b>SD - Sa</b>	<b>SMC - Sa</b>	<b>SMC - Sa</b>
<b>(T)</b>	<b>C</b>	<b>E.030</b>	<b>E.031</b>	<b>E.031</b>	<b>E.031</b>	<b>E.031</b>
		<b>R=5.4</b>	<b>R=1</b>	<b>R=2</b>	<b>R=1</b>	<b>R=2</b>
1.05	1.4286	0.1190	0.4286	0.2143	0.6429	0.3214
1.10	1.3636	0.1136	0.4091	0.2045	0.6136	0.3068
1.15	1.3043	0.1087	0.3913	0.1957	0.5870	0.2935
1.20	1.2500	0.1042	0.3750	0.1875	0.5625	0.2813
1.25	1.2000	0.1000	0.3600	0.1800	0.5400	0.2700
1.30	1.1538	0.0962	0.3462	0.1731	0.5192	0.2596
1.35	1.1111	0.0926	0.3333	0.1667	0.5000	0.2500
1.40	1.0714	0.0893	0.3214	0.1607	0.4821	0.2411
1.45	1.0345	0.0862	0.3103	0.1552	0.4655	0.2328
1.50	1.0000	0.0833	0.3000	0.1500	0.4500	0.2250
1.55	0.9677	0.0806	0.2903	0.1452	0.4355	0.2177
1.60	0.9375	0.0781	0.2813	0.1406	0.4219	0.2109
1.65	0.9091	0.0758	0.2727	0.1364	0.4091	0.2045
1.70	0.8824	0.0735	0.2647	0.1324	0.3971	0.1985
1.75	0.8571	0.0714	0.2571	0.1286	0.3857	0.1929
1.80	0.8333	0.0694	0.2500	0.1250	0.3750	0.1875
1.85	0.8108	0.0676	0.2432	0.1216	0.3649	0.1824
1.90	0.7895	0.0658	0.2368	0.1184	0.3553	0.1776
1.95	0.7692	0.0641	0.2308	0.1154	0.3462	0.1731
2.00	0.7500	0.0625	0.2250	0.1125	0.3375	0.1688
2.05	0.7139	0.0595	0.2142	0.1071	0.3212	0.1606
2.10	0.6803	0.0567	0.2041	0.1020	0.3061	0.1531
2.15	0.6490	0.0541	0.1947	0.0973	0.2920	0.1460
2.20	0.6198	0.0517	0.1860	0.0930	0.2789	0.1395
2.25	0.5926	0.0494	0.1778	0.0889	0.2667	0.1333
2.30	0.5671	0.0473	0.1701	0.0851	0.2552	0.1276
2.35	0.5432	0.0453	0.1630	0.0815	0.2445	0.1222
2.40	0.5208	0.0434	0.1563	0.0781	0.2344	0.1172
2.45	0.4998	0.0416	0.1499	0.0750	0.2249	0.1125
2.50	0.4800	0.0400	0.1440	0.0720	0.2160	0.1080

(T)	C	Sa	SD - Sa	SD - Sa	SMC - Sa	SMC - Sa
		E.030	E.031	E.031	E.031	E.031
		R=5.4	R=1	R=2	R=1	R=2
2.55	0.4614	0.0384	0.1384	0.0692	0.2076	0.1038
2.60	0.4438	0.0370	0.1331	0.0666	0.1997	0.0999
2.65	0.4272	0.0356	0.1282	0.0641	0.1922	0.0961
2.70	0.4115	0.0343	0.1235	0.0617	0.1852	0.0926
2.75	0.3967	0.0331	0.1190	0.0595	0.1785	0.0893
2.80	0.3827	0.0319	0.1148	0.0574	0.1722	0.0861
2.85	0.3693	0.0308	0.1108	0.0554	0.1662	0.0831
2.90	0.3567	0.0297	0.1070	0.0535	0.1605	0.0803
2.95	0.3447	0.0287	0.1034	0.0517	0.1551	0.0776
3.00	0.3333	0.0278	0.1000	0.0500	0.1500	0.0750

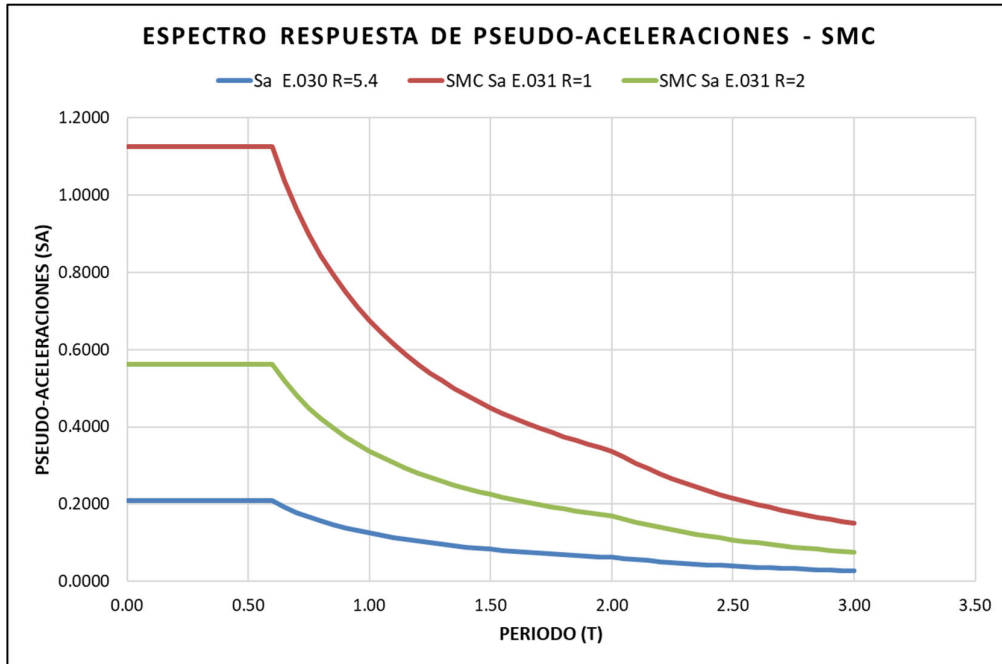
**Figura A. 158**

*Espectro De Respuesta De Pseudo-Aceleraciones – SD*



**Figura A. 159**

*Espectro De Respuesta De Pseudo-Aceleraciones – SMC*



### **VERIFICACIÓN DE RESULTADOS DEL SISTEMA DE AISLACIÓN**

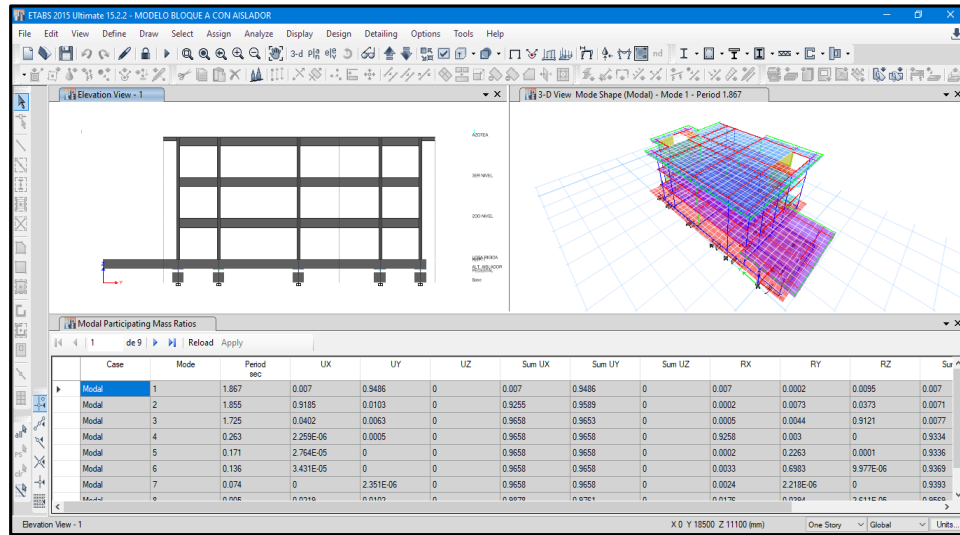
Ante una acción exterior, la respuesta de la estructura dependerá de sus modos de vibrar y sus respectivas frecuencias o períodos; los períodos de vibración dependen de las características geométricas, de la rigidez y de la masa que la estructura opone al movimiento.

Se ha obtenido los períodos y modos de vibración, cabe señalar que el uso de aisladores concentra la vibración de la edificación prácticamente en un solo modo por dirección.



**Figura A. 160**

*Periodos y Modos de Vibración Pab. A (Etabs)*



**Tabla A. 214**

*Periodos Y Modos De Vibración.*

Case	Mode	Period (seg.)	UX	UY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal 1	1	1.867	0.007	0.949	0.010	0.007	0.000	0.010
Modal 2	2	1.855	0.919	0.010	0.037	0.007	0.007	0.047
Modal 3	3	1.725	0.040	0.006	0.912	0.008	0.012	0.959
Modal 4	4	0.263	0.000	0.001	0.000	0.933	0.015	0.959
Modal 5	5	0.171	0.000	0.000	0.000	0.934	0.241	0.959
Modal 6	6	0.136	0.000	0.000	0.000	0.937	0.940	0.959
Modal 7	7	0.074	0.000	0.000	0.000	0.939	0.940	0.959
Modal 8	8	0.005	0.022	0.010	0.000	0.957	0.979	0.959
Modal 9	9	0.005	0.011	0.023	0.000	0.996	0.997	0.959

## CONTROL DE DESPLAZAMIENTOS Y LA DISTORSIÓN DE PISO O DERIVAS

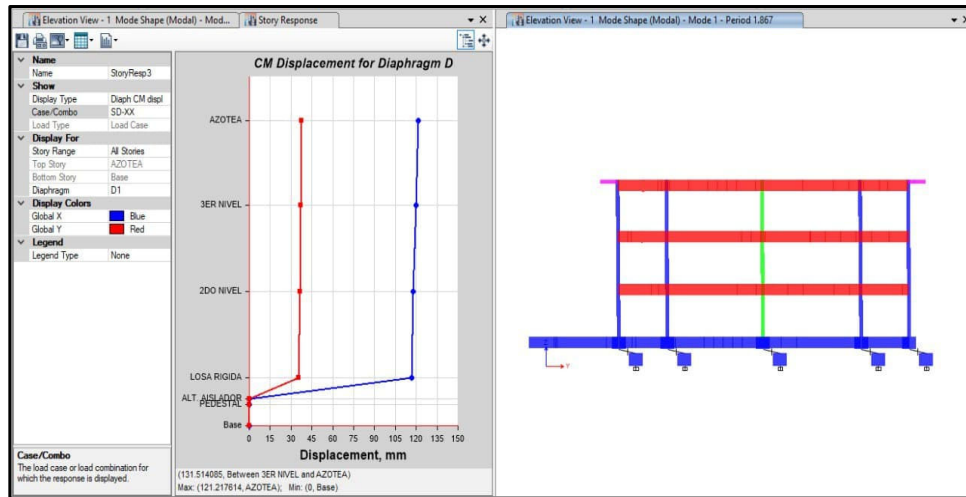
La norma E-030 2018 nos menciona que para estructuras regulares, los desplazamientos últimos laterales se calculan multiplicando por 0.75 R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas y para estructuras irregulares, los desplazamientos últimos laterales se calculan multiplicando por 0.85 R a los resultados obtenidos del análisis lineal

elástico, el edificio de base aislada, para calcular los desplazamientos últimos laterales de la superestructura se multiplicará por el factor de reducción R a los resultados obtenidos del análisis lineal sin importar si es regular o irregular, los resultados se muestran en las figuras A.161, figura A.162 y tabla A. 215, en donde claramente se observa los máximos desplazamientos en el Edificio de base aislada y el cual es absorbido por los aisladores.

La deriva máxima de entrepiso correspondiente con el factor de reducción R=1, no debe exceder 0,0035.

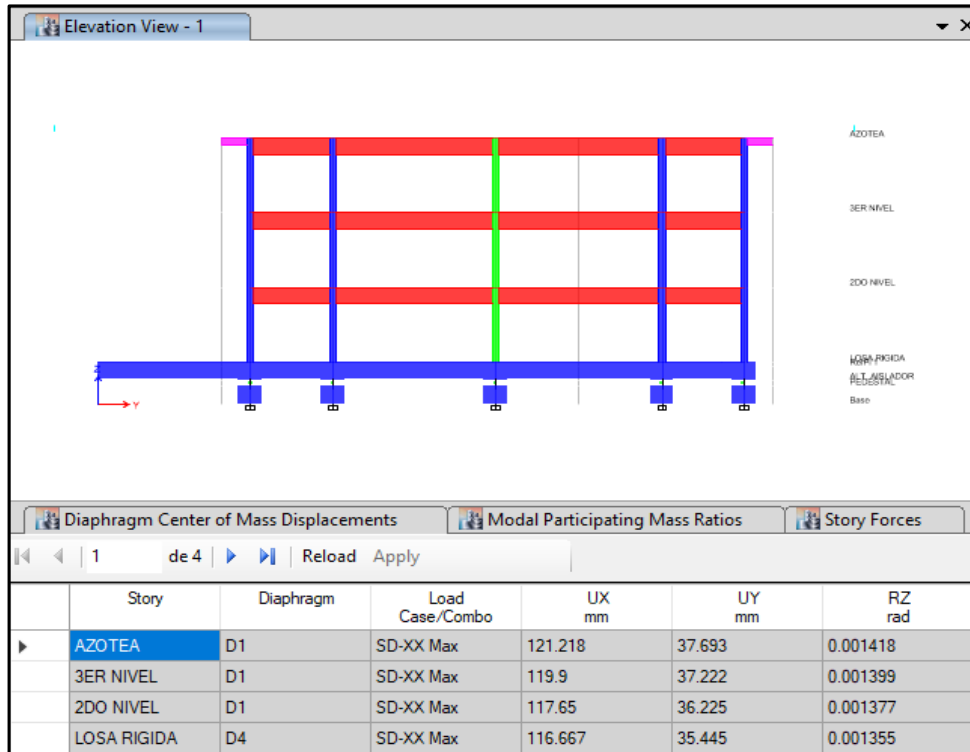
**Figura A. 161**

*Gráfico de Desplazamientos en la Dirección X-X Pab. A (Etabs )*



**Figura A. 162**

*Desplazamientos en la dirección X-X Pab. A (Etabs )*



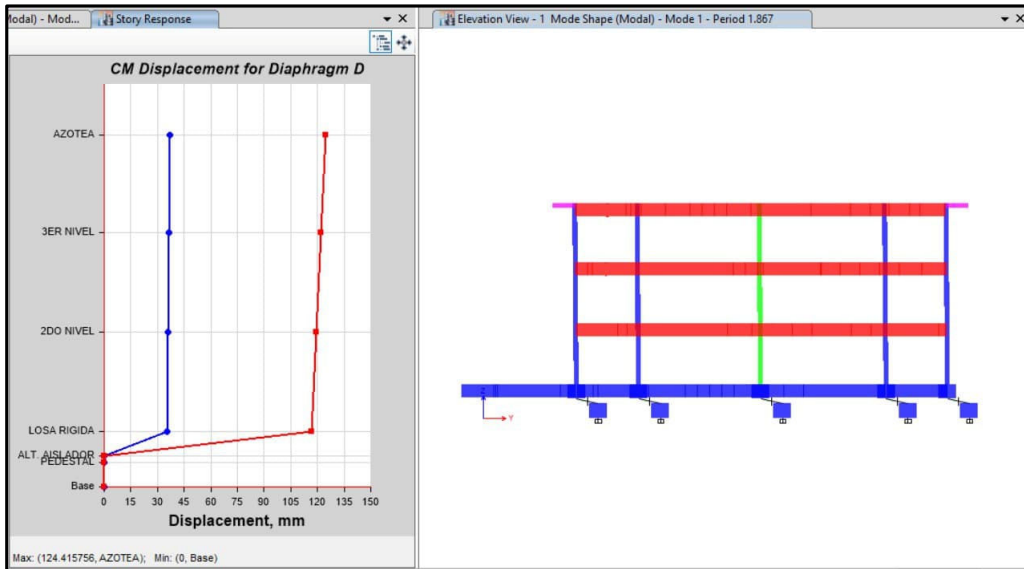
**Tabla A. 215**

*Cuadro de Desplazamientos y Derivas en la dirección X-X*

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX mm	Altura mm	Deriva Elástica $\Delta$	Deriva Inelástica $\Delta xR$	Norma E031 $<0.0035$
Nivel 3	D1	SD-X Max	121.22	3650	$3.61 \times 10^{-4}$	$3.61 \times 10^{-4}$	<b>OK</b>
Nivel 2	D1	SD-X Max	119.90	3700	$6.08 \times 10^{-4}$	$6.08 \times 10^{-4}$	<b>OK</b>
Nivel 1	D1	SD-X Max	117.65	3700	$2.65 \times 10^{-4}$	$2.65 \times 10^{-4}$	<b>OK</b>
Losa Rig.	D4	SD-X Max	116.67	--	--	--	--

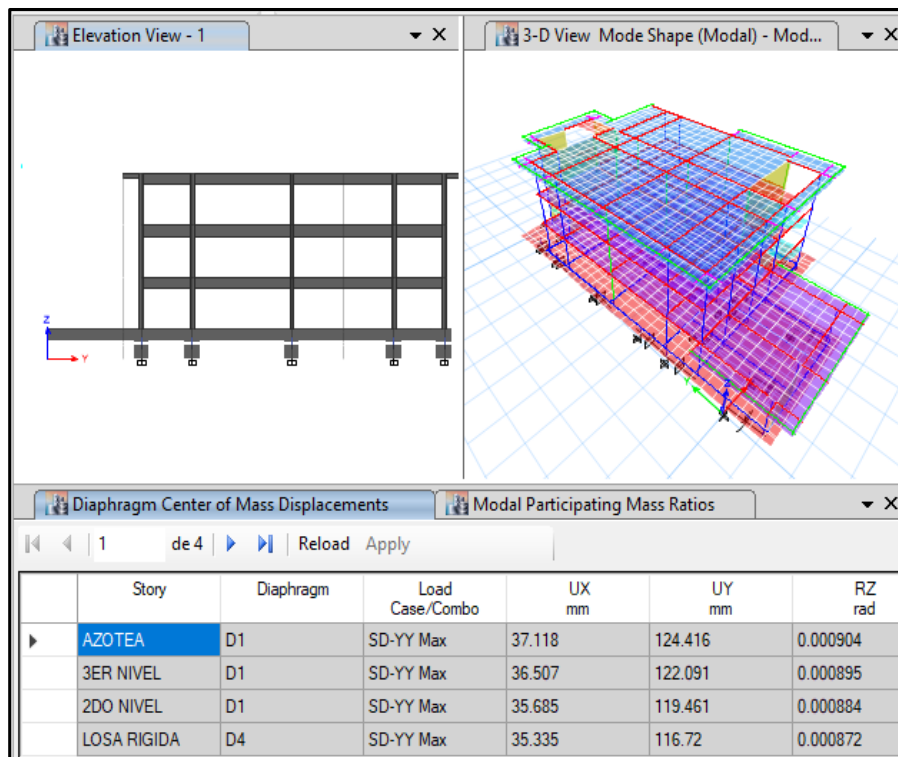
**Figura A. 163**

*Gráfico de Desplazamientos en la Dirección Y-Y Pab. A*



**Figura A. 164**

*Desplazamientos en la Dirección Y-Y Pab. A (Etabs)*



**Tabla A. 216**

*Cuadro de Desplazamientos y Derivas en la Dirección Y-Y*

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UY mm	Altura mm	Deriva Elástica $\Delta$	Deriva Inelástica $\Delta x_R$	Norma E031 <0.0035
Nivel 3	D1	SD-Y Max	124.42	3650	$6.38 \times 10^{-4}$	$6.38 \times 10^{-4}$	OK
Nivel 2	D1	SD-Y Max	122.09	3700	$7.11 \times 10^{-4}$	$7.11 \times 10^{-4}$	OK
Nivel 1	D1	SD-Y Max	119.46	3700	$7.41 \times 10^{-4}$	$7.41 \times 10^{-4}$	OK
Losa Rig.	D4	SD-Y Max	116.72	--	--	--	--

#### 4.2. MODELAMIENTO MATEMÁTICOS CON AISLADORES SÍSMICO DEL PABELLÓN B.

##### PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO.

- **VIGAS PERALTADAS EN LA LOSA MACIZA**

De la ecuación (14)

$$h = \frac{L}{10}; b = \frac{h}{2} \quad (46)$$

Donde:

$$L = 7.35$$

Por tanto:

$$h = \frac{7.35}{10} = 0.735 \text{ m} \cong 0.80 \text{ m}$$

Además:

$$b = \frac{0.80}{2} = 0.40 \text{ m} = 0.40 \text{ cm}$$

Finalmente:

$$h = 0.80 \text{ m} \quad y \quad b = 0.40 \text{ m}$$

- **PEDESTALES Y CAPITELES**

$$h = 0.90 \text{ m}$$

$$b = 1.0 * 1.0 \text{ m}$$

- **LOSA MACIZA**

$$h_{L \text{ Maciza}} = \frac{L}{40}$$

Donde:

$$L = 7.35$$

Por tanto:

$$h_{L \text{ Maciza}} = \frac{7.35}{40} = 0.18 \text{ m}$$

Redondeando:

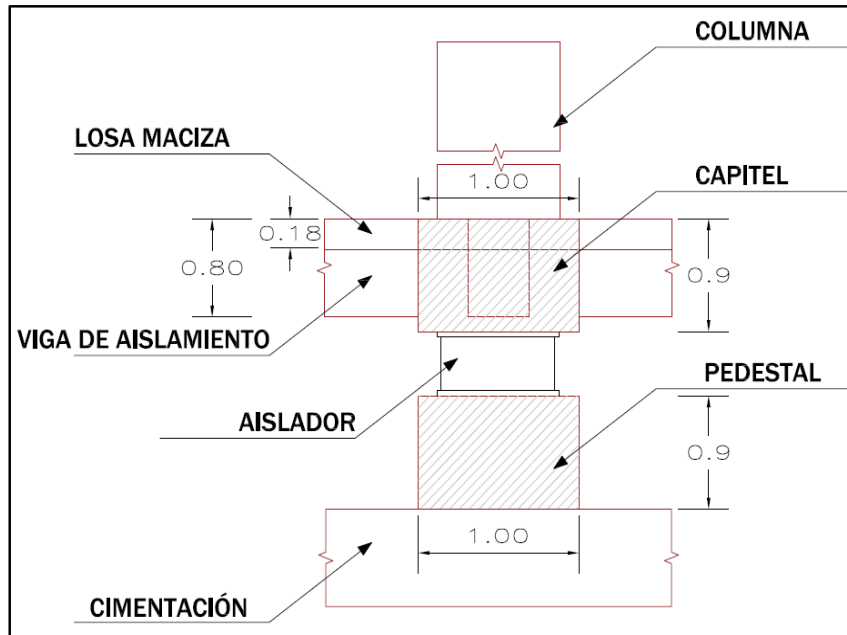
$$h_{L \text{ Maciza}} = 0.18 \text{ m}$$

- **MUROS DE CORTE**

$$e = 0.30 \text{ m}$$

**Figura A. 165**

*Elementos Estructurales del Sistema de Aislamiento Pab. B*



Con estos nuevos elementos estructurales crearemos en el programa ETABS un nuevo modelo matemático, para la definición de materiales y elementos estructurales usaremos los mismos pasos que se usó en los modelos matemáticos con base fija.

### ANÁLISIS ESTÁTICO.

#### CARGAS FACTORIZADAS O AMPLIFICADAS

a) Carga vertical promedio:

$$1,0 \text{ CM} + 0,5 \text{ CV} \quad (47)$$

b) Carga vertical máxima:

$$1,25 (\text{CM} + \text{CV}) + 1,0 (\text{CSH} + \text{CSV}) + 0,2 \text{ CN} \quad (48)$$

c) Carga vertical mínima:

$$0,9 \text{ CM} - 1,0 (\text{CSH} + \text{CSV}) \quad (49)$$

Donde:

**CM** : Carga muerta.

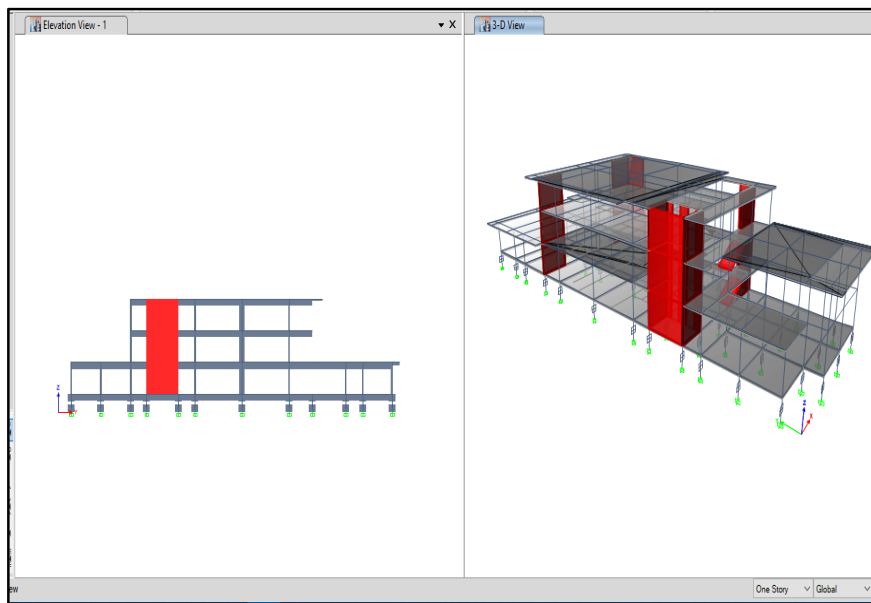
- CV** : Carga viva.
- CSH** : Carga sísmica horizontal.
- CSV** : Carga sísmica vertical = 0,5 (1,5 ZS) CM.
- CN** : Carga de nieve.

### PESO DE LA EDIFICACIÓN

En primer lugar, determinaremos el peso de la edificación utilizando el programa ETABS . La asignación de cargas vivas y cargas muertas serán las mismas que se asignaron al edificio de base fija, que se desarrollaron anteriormente. Para el cálculo del peso del Edificio incluiremos al modelo con base fija, una losa maciza, capiteles y vigas de aislamiento.

**Figura A. 166**

*Modelamiento del Pabellón B con Aisladores con ETABS*



**Tabla A. 217**

*Factores de Sísmicos Pabellón B según E.030 -2018*

CONCEPTO	FACTOR - TIPO	VALOR
Factor De Zona (Peligro Sísmico) SD	Z2	0.25
Factor De Zona (Peligro Sísmico) SMC	Z2	0.375
Perfil De Suelo	S2	1.20



CONCEPTO	FACTOR - TIPO	VALOR
Factor De Uso	U	1.00
Coefficiente De Reducción	R	5.40
Coefficiente C	C	6.00
Periodo Fijo (Etabs)	T	2.50
Periodo Máximo	Tmax	0.183 s
Factor De Zona (Peligro Sísmico) SD	Z2	3.0 s

En este punto determinaremos la Carga vertical máxima:

a) Carga vertical máxima:

$$PU_{max} = 1,25 (CM + CV) + 1,0 (CSH + CSV) + 0,2 CN \quad (50)$$

**CM** : Carga Muerta.

**CV** : Cargas Viva.

**CSH** : Carga sísmica horizontal.

**CSV** : Carga sísmica Vertical = 0.5 (1.5 ZS) CM.

**CN** : Carga de Nieve.

$$P = CM + 0.5CV + 0.25 CVT \dots \dots E.030 - 2018 \quad (51)$$

$$CSH = \frac{(ZUCS)}{R} * P \quad (52)$$

$$CSV = 0.5 (1.5 \times Z \times S) * CM \quad (53)$$

**Tabla A. 218***Cargas De Gravedad En Servicio En Los Aisladores Pab. B*

<b>Nivel</b>	<b>Joint Label</b>	<b>Peso Propio (Ton)</b>	<b>CM (Ton)</b>	<b>CV (Ton)</b>	<b>CVT (Ton)</b>	<b>Carga de Nieve (Ton)</b>	<b>P (Ton)</b>	<b>CSH (Ton)</b>	<b>CSV (Ton)</b>	<b>CARGA MÁXIMA (Ton)</b>
Base 1	1	27.11	6.71	2.87	1.13	0.74	35.54	4.44	7.61	59.48
Base 2	2	28.02	8.22	3.82	1.21	0.78	38.45	4.81	8.15	64.71
Base 3	3	27.87	8.28	3.83	1.20	0.78	38.36	4.79	8.13	64.55
Base 4	4	27.05	6.72	2.87	1.13	0.74	35.49	4.44	7.60	59.40
Base 5	5	30.79	12.42	5.02	2.24	0.90	46.28	5.79	9.72	78.78
Base 6	6	27.15	11.38	4.61	2.08	0.79	41.36	5.17	8.67	70.53
Base 7	7	31.82	15.06	6.61	2.34	0.95	50.77	6.35	10.55	86.87
Base 8	8	28.55	13.62	6.13	2.14	0.82	45.77	5.72	9.49	78.42
Base 9	9	31.64	15.14	6.63	2.33	0.94	50.68	6.33	10.53	86.73
Base 10	10	28.43	13.66	6.15	2.13	0.82	45.69	5.71	9.47	78.30
Base 11	11	29.96	12.04	5.06	2.07	0.83	45.04	5.63	9.45	76.65
Base 12	12	27.35	11.51	4.60	2.13	0.81	41.69	5.21	8.74	71.10
Base 13	13	48.71	31.55	10.85	2.70	1.08	86.36	10.80	18.06	146.34
Base 14	14	47.38	29.94	10.42	2.61	1.04	83.18	10.40	17.40	140.94
Base 15	15	65.20	58.13	18.55	2.91	1.16	133.34	16.67	27.75	225.65
Base 16	16	74.09	65.31	28.45	3.10	1.24	154.40	19.30	31.36	264.60
Base 17	17	72.47	72.18	28.05	2.98	1.20	159.42	19.93	32.55	272.31
Base 18	18	75.96	48.62	15.72	2.82	1.08	133.15	16.64	28.03	223.80
Base 19	19	53.53	55.83	16.30	2.01	0.80	118.01	14.75	24.61	199.11
Base 20	20	69.69	63.05	27.94	2.86	1.15	147.42	18.43	29.87	252.94
Base 21	21	69.72	70.75	24.98	2.83	1.16	153.66	19.21	31.60	261.38
Base 22	22	52.86	57.74	11.49	2.56	1.02	116.98	14.62	24.88	195.52
Base 23	23	26.28	11.52	4.87	0.92	0.36	40.47	5.06	8.51	68.13
Base 24	24	41.70	30.39	11.16	2.11	0.84	78.20	9.78	16.22	132.86
Base 25	25	22.67	9.40	4.00	1.49	0.59	34.45	4.31	7.22	58.60
Base 26	26	44.75	32.51	8.05	3.52	1.41	82.17	10.27	17.38	138.98
Base 27	27	31.88	22.92	3.98	1.97	0.79	57.28	7.16	12.33	95.58
Base 28	28	13.92	4.07	1.85	0.57	0.22	19.06	2.38	4.05	31.99
Base 29	29	32.10	20.71	4.80	2.09	0.74	55.72	6.97	11.88	93.60
Base 30	30	20.36	8.36	0.72	0.95	0.11	29.31	3.66	6.46	48.13
Base 31	31	24.70	16.29	2.90	1.33	0.44	42.76	5.35	9.22	71.17
Base 32	32	20.15	8.45	0.85	0.96	0.11	29.27	3.66	6.44	48.13
Base 33	33	25.20	10.65	1.58	1.27	-0.05	36.95	4.62	8.07	61.05
Base 34	34	38.46	18.56	7.96	2.94	1.18	61.74	7.72	12.83	105.68
Base 35	35	41.32	24.28	10.55	1.80	0.71	71.32	8.92	14.76	121.25
Base 36	36	30.56	13.25	5.79	1.98	0.56	47.20	5.90	9.86	80.34
Base 50	50	51.89	9.52	6.42	0.73	0.20	64.81	8.10	13.82	107.67
Base 51	51	56.74	7.37	6.00	0.88	0.31	67.33	8.42	14.42	111.64
Base 52	52	51.50	13.28	12.66	0.93	0.44	71.35	8.92	14.58	121.55
Base 57	57	48.08	14.79	13.22	0.97	0.44	69.73	8.72	14.15	119.28
Base 66	66	73.31	19.19	14.56	1.45	0.63	100.14	12.52	20.81	169.09
Base 67	67	30.85	18.84	5.35	1.22	0.49	52.67	6.58	11.18	88.19
Base 70	70	81.57	76.73	23.96	4.09	1.63	171.30	21.41	35.62	290.29
Base 71	71	43.04	15.16	16.85	1.07	0.50	66.89	8.36	13.10	116.71
Base 72	72	27.78	26.66	4.40	0.90	0.40	56.86	7.11	12.25	94.10
Base 73	73	43.86	18.09	17.86	1.20	0.51	71.18	8.90	13.94	124.19
Base 58	58	84.45	36.03	12.05	4.08	1.63	127.53	15.94	27.11	214.14
Base 59	59	97.88	97.49	39.70	4.72	1.89	216.40	27.05	43.96	371.12

Nivel	Joint Label	Peso Propio (Ton)	CM (Ton)	CV (Ton)	CVT (Ton)	Carga de Nieve (Ton)	P (Ton)	CSH (Ton)	CSV (Ton)	CARGA MÁXIMA (Ton)
Base	74	43.44	12.80	14.52	0.73	0.39	63.68	7.96	12.65	110.05
Base	75	43.53	26.79	12.56	0.87	0.70	76.81	9.60	15.82	130.24
Base	76	95.31	102.41	38.58	4.52	1.81	218.14	27.27	44.49	373.13
Base	77	82.22	75.69	24.51	4.13	1.65	171.20	21.40	35.53	290.45
Base	78	100.99	40.68	16.28	4.61	1.89	150.97	18.87	31.88	254.33

$$PU_{max} = 7,299.79 \text{ Ton}$$

## CÁLCULO DE LOS DESPLAZAMIENTOS DE DISEÑO Y MÁXIMO.

### a. PARÁMETROS

Debemos tener en cuenta los parámetros de la edificación para poder desarrollar el diseño de una edificación con aislamiento sísmico.

### b. DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO

$$D_M = \frac{S_{aM} \cdot T_M^2}{4\pi^2 B_M} \quad (53)$$

$S_{aM}$  : Ordenada del espectro elástico de pseudo aceleraciones correspondiente al sismo máximo considerado.

$T_M$  : Período efectivo de la estructura sísmicamente aislada, asociado al desplazamiento traslacional DM en la dirección de análisis.

$B_M$  : Factor de amortiguamiento, correspondiente a la razón entre la ordenada espectral para 5% del amortiguamiento crítico y la ordenada espectral para el amortiguamiento efectivo  $\beta_M$  correspondiente al desplazamiento traslacional DM.

$D_M$  : Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis.

$$S_{aM} = 1.5 ZCSg \quad (54)$$

$$S_{aM} = 1.5 \times 0.25 \times 2.5 \times 1.20 \times g = 1.125 g$$

**Tabla A. 219***Coeficiente De Amortiguamiento*

COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO $B_M$	
<b>Dispositivo HDR (alto amortiguamiento)</b>	10% 1.20
	15% 1.35
	20% 1.50
<b>Dispositivo LRB (núcleo de plomo)</b>	25% 1.60
	30% 1.70

*Nota.* Fuente: RNE E.031-2018

$$B_M = 20 \% \text{ (Para dispositivos con Núcleo de plomo)}$$

En esta investigación vamos a optar por un dispositivo con núcleo de plomo debido a que en el Perú es el más comercial.

$$D_M = \frac{S_{aM} \cdot T_M^2}{4\pi^2 B_M} \quad (55)$$

$$D_M = \frac{1.125 \times 3^2}{4\pi^2 \times 1.5} = 0.171 \text{ mt.}$$

### c. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO TOTAL

El desplazamiento total ( $D_{TM}$ ) de los elementos del sistema de aislamiento sísmico debe incluir el desplazamiento adicional debido a la torsión real y accidental, calculado con la distribución espacial de la rigidez lateral del sistema de aislamiento sísmico y la ubicación más desfavorable de la masa excéntrica.

$$D_{TM} = D_M \left[ 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] \quad (56)$$

Donde:

b : 19.22 Lado más corto de la edificación

d : 53.78 Lado mayor de la edificación

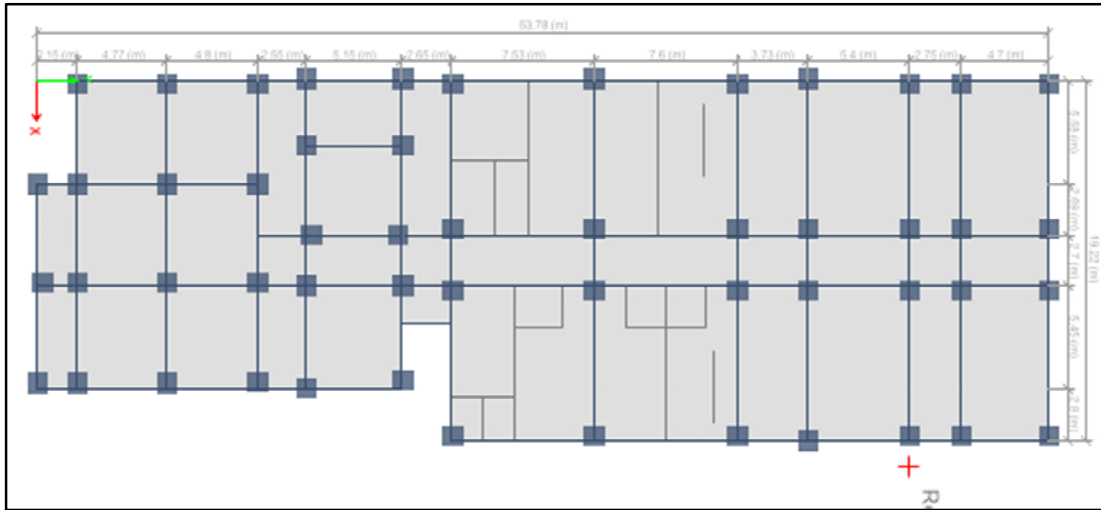
$D_M$  : 17 cm (Desplazamiento de diseño)

y : 26.89 m Distancia del centro de rigidez al punto más alejado de la estructura

e :  $(53.78 * 0.05) = 2.69$  Excentricidad, equivalente al 5% del lado mayor de la edificación.

**Figura A. 167**

*Vista En Planta Del Pabellón "B"*



$$D_{TM} = 0.17 \left[ 1 + (26.89) \frac{12(2.69)}{(19.22)^2 + (53.78)^2} \right]$$

$$D_{TM} = 0.22 \text{ m}$$

**d. DETERMINAR LA RIGIDEZ HORIZONTAL**

**• RIGIDEZ HORIZONTAL DEL SISTEMA**

Es necesario determinar la rigidez de cada uno de los dispositivos mediante:

$$K_h = P_{Umax} * \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 \tag{57}$$

Donde:

$K_h$  : Rigidez horizontal del dispositivo

$P_{Umax}$  : 7,299.79 Tn. Carga axial determinada

$T_D$  : 3.00 s Periodo Objetivo

$$K_h = P_{Umax} * \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2$$

$$K_h = 7,299.79 \text{ tn} * \left( \frac{2\pi}{3.0 \text{ s}} \right)^2$$

$$K_h = 32.02 \text{ Mp.m}$$

$$K_h = 32,020.46 \text{ tn/s}^2$$

**e. DETERMINAR LA RIGIDEZ HORIZONTAL POR DISPOSITIVO**

**• DISPOSITIVOS (LRB TIPO A)**

Carga Axial = 373.13 tn (Redondeando)

$$K_h = P_{Umax} * \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2$$

$$K_h^A = 373.13 \text{ Tn} * \left( \frac{2\pi}{2.5 \text{ s}} \right)^2$$

$$K_h^A = 373.13 (1000 \text{m} \cdot \text{s}^2 \cdot \left( \frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} \right)) * \left( \frac{2\pi}{2.5 \text{ s}} \right)^2$$

$$K_h^A = 1.637 \text{ Mp.m}$$

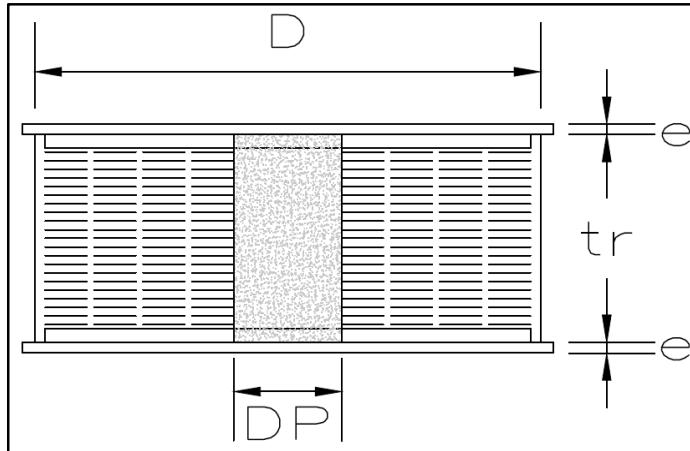
$$K_h^A = 1,636.73 \frac{\text{tn}}{\text{s}^2} - \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

**f. DETERMINAR LA ALTURA DE CAUCHO LOS DISPOSITIVOS**

Está determinado por la relación Desplazamiento de diseño – Altura del caucho del dispositivo equivalente a la deformación de corte directo  $\gamma = 1.5$  (Equivalente)

**Figura A. 168**

*Sección de Aislador Sísmico con Núcleo de Plomo LRB*



$$\gamma = \frac{D_D}{t_r}$$

$$t_r = \frac{D_D}{\gamma}$$

$t_r$  : Altura del caucho

$\gamma$  : 1.50 Deformación de corte directa

$D_D$  : 0.171 m Desplazamiento de diseño

$$t_r = \frac{0.171 \text{ m}}{1.50}$$

$$t_r = \mathbf{0.114 \text{ m}}$$

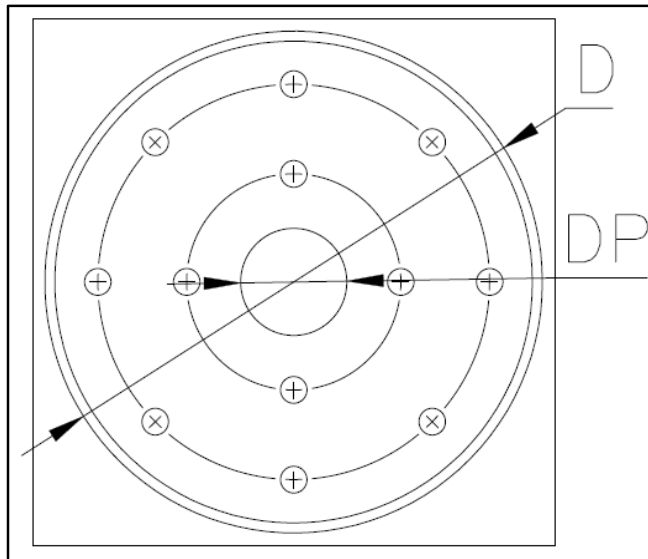
**g. DETERMINAR EL ÁREA REQUERIDA PARA EL DISPOSITIVO**

Está determinado por la rigidez horizontal del dispositivo y es equivalente al Módulo de Corte del Caucho por el área total sometida a la compresión axial, entre la altura del caucho.

• **ÁREA DEL DISPOSITIVO TIPO A**

**Figura A. 169**

*Vista en planta de Aislador LRB tipo A*



$$K_h^A = \frac{G * A}{t_r} \quad (58)$$

$$A = \frac{t_r * K_h^A}{G} \quad (59)$$

- $K_h^A$  : 1.637 Mpa.m      Rigidez horizontal en Mp.m
- $G$  : 0.80 Mpa      Módulo de Corte del Caucho
- $t_r$  : 0.114 m      Altura total del caucho
- $A$  : **0.233 m<sup>2</sup>**      **Área del Dispositivo sometida a compresión axial**
- $D$  : **0.54 m**      **Diámetro del Dispositivo sometida a compresión axial**

**h. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL DISPOSITIVO TIPO “A” (0.54m)**

**• RIGIDEZ COMPUESTA DEL SISTEMA**

$$K_H = (n)K_h^A \quad (60)$$



$K_h^A$  : 1.637 KN/mm Rigidez horizontal en Mp.m

$n_A$  : 53 número de Dispositivos tipo A

$K_H$  : 86.75 KN/mm Rigidez compuesta del sistema

• **CÁLCULO DE LA ENERGÍA DISIPADA**

$$W_D = 2\pi * K_{eff} * D_D^2 * \beta \quad (61)$$

$K_{eff}$  : 1.637 KN/mm Rigidez horizontal efectiva

$D_D$  : 0.17 m Desplazamiento de diseño

$\beta$  : 0.20 20 % coeficiente de amortiguamiento

$W_D$  : 60.13 KN.m Energía disipada

• **DETERMINAR LA FUERZA CARACTERÍSTICA**

$$Q_A = \frac{w_D}{4 * (D_D - D_y)} \quad (62)$$

$D_y$  : 0.00 m Donde inicialmente se asume que el desplazamiento de fluencia  $D_y$  es igual a cero

$D_D$  : 0.17 m desplazamiento de diseño

$W_D$  : 60.13 energía disipada  
KN.m

$Q_A$  : 87.92 KN fuerza característica

• **PRIMERA APROXIMACIÓN DE VALORES DE K2 RIGIDEZ POST FLUENCIA**

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_D} \quad (63)$$

$Q_A$	: 87.92 KN	Fuerza característica
$K_{eff}$	: 1,637 KN/m	Rigidez horizontal efectiva
$D_D$	: 0.17 m	Desplazamiento de diseño
$K_{A_2}$	: 1,123 KN/m	<b>Rigidez post fluencia</b>

- **PRIMERA APROXIMACIÓN DE VALORES DE K1 RIGIDEZ INICIAL.**

Asumiendo que  $K_2$  es un 10% de  $K_1$

$$K_1^A = 10 * K_2^A \quad (64)$$

$K_{A_2}$	: 1,123 KN/m	Rigidez post fluencia
$K_{A_1}$	: 11,225 KN/m	<b>Rigidez inicial</b>

- **DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA**

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)} \quad (65)$$

$Q_A$	: 87.92 KN	Fuerza característica
$K_2$	: 1,123 KN/m	Rigidez post fluencia
$K_1$	: 11.225 KN/m	Rigidez inicial
$D_{A_y}$	: 0.0087 m	<b>Desplazamiento de fluencia</b>

- **DETERMINAR LA FUERZA CARACTERÍSTICA.**

$$Q = \frac{w_D}{4 * (D_D - D_y^A)} \quad (66)$$

$D_{A_y}$	: 0.009 m	Desplazamiento de fluencia
-----------	-----------	----------------------------

$D_D$  : 0.171 m Desplazamiento de diseño

$W_D$  : 60.13 KN.m Energía disipada

$Q_A$  : 92.63 KN Fuerza característica

• HALLANDO LA RIGIDEZ POST FLUENCIA  $K_2$

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_D} \quad (67)$$

$Q_A$  : 92.63 KN Fuerza característica

$K_{eff}$  : 1,637 KN/m Rigidez horizontal efectiva

$D_D$  : 0.17 m Desplazamiento de diseño

$K_2^A$  : 1,095 KN/m **Rigidez post fluencia**

$K_2^A$  : 1.095 KN/mm **Rigidez post fluencia**

• HALLANDO LA RIGIDEZ INICIAL DEL DISPOSITIVO  $K_1$

$$K_1^A = \frac{Q}{D_y} + K_2^A \quad (68)$$

$Q_A$  : 92.63 KN Fuerza característica

$D_y^A$  : 0.009 m Desplazamiento de fluencia

$K_2^A$  : 1,095 KN/m Rigidez post fluencia

$K_1^A$  : 11,740KN/m **Rigidez inicial**

$K_1^A$  : 11.740 KN/mm **Rigidez inicial**

• FUERZA DE FLUENCIA  $F_y$ .

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A) \quad (69)$$

$Q_A$	: 92.63 KN	Fuerza característica
$D^A_y$	: 0.009 m	Desplazamiento de fluencia
$K^A_2$	: 1,095 KN/m	Rigidez post fluencia
$F_y$	: 102.16 KN	<b>Fuerza de fluencia</b>

• **RATIO DE RIGIDEZ.**

$$r = \frac{K_2}{K_1} \quad (70)$$

$K^A_1$	: 11.740 KN/m	Rigidez inicial
$K^A_2$	: 1,095 KN/m	Rigidez post fluencia
<b>r</b>	: <b>0.0933</b>	<b>Ratio de rigidez</b>

• **PERIODO REAL DEL SISTEMA.**

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W/g}{K_H}} \quad (71)$$

$$K_H = (n)K_h^A + (n)K_h^B \quad (72)$$

$K^A_h$	: 1.64 KN/mm	Rigidez horizontal
$n_A$	: 53.00	Número de Dispositivos tipo A
$K_H$	: 8.85 TN.mm	Rigidez Horizontal del Sistema
$g$	: 9800.00	Gravedad expresada en mm/s <sup>2</sup> .
$W$	: 7,300 Tn	Peso estructural (Carga Estructura + Carga Impuesta) sin amplificar

$T_D$  : 1.82 s                      Periodo real del sistema de  
aislamiento

• **FRECUENCIA ANGULAR DEL SISTEMA**

$$\omega = \frac{2\pi}{T_{real}} \quad (73)$$

$T_D$  : 1.82 s                      periodo real del sistema de  
aislamiento

$\omega$  : 3.447 rad/seg              frecuencia angular del  
sistema

• **AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO DE CADA AISLADOR.**

$$C = \frac{W_D}{\pi * D_D^2 * \omega} \quad (74)$$

$W_D$  : 60.13 KN.m              Energía disipada

$D_D$  : 0.171 m                      Desplazamiento de diseño

$\omega$  : 3.447 rad/seg              Frecuencia Angular del Sistema

$C$  : 189.92 KN. seg/m              Amortiguamiento efectivo de cada  
aislador

$C$  : **0.190 KN.seg/mm**              **Amortiguamiento efectivo de cada  
aislador**

Una vez realizado los cálculos para obtener las propiedades mecánicas del dispositivo tipo A, procedemos a realizar un cuadro de resumen con los valores que el programa Etabs requiere para efectuar el análisis.

**Tabla A. 220**

*Propiedades Mecánicas de Aislador LRB Tipo B*

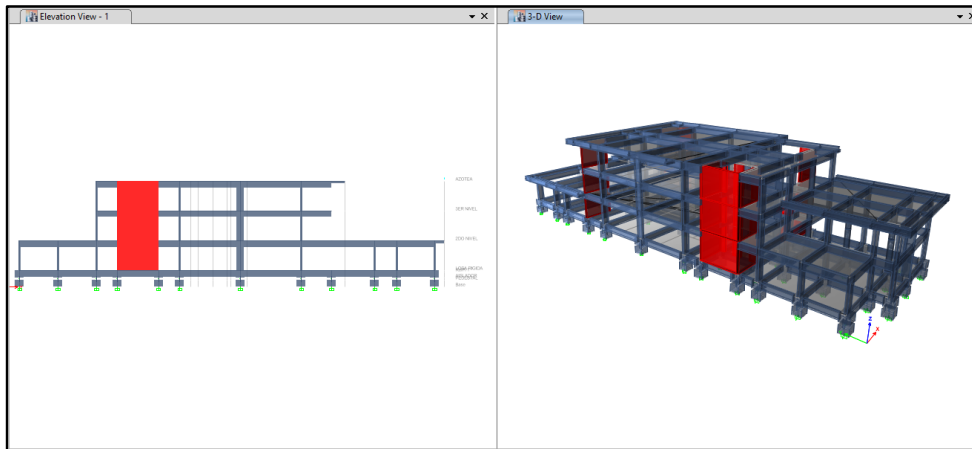
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS DE AISLADOR LRB EN EL PABELLÓN B</b>			
$K_{eff}$	Effective Stiffness	Rigidez efectiva	1.64 KN/mm
C	Effective Damping	Amortiguación efectiva	0.190 KN.seg/mm
$K^A_2$	Stiffness	Rigidez post fluencia	1.095 KN/mm
$F_Y$	Yield Strength	Fuerza de fluencia	120.160 KN
r	Post Yield Stiffness Ratio	Razón de rigidez post rendimiento	0.09327

## ANÁLISIS DINÁMICO

### MODELAMIENTO DEL PABELLÓN CON AISLADOR TIPO LRB.

**Figura A. 170**

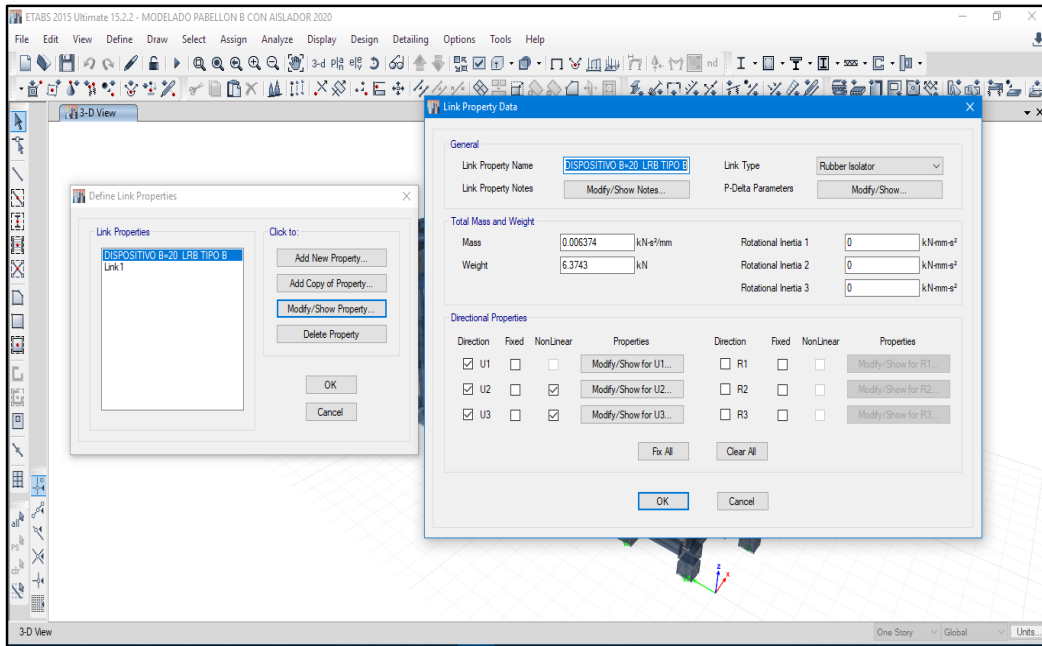
*Modelado del Pabellón B con Aisladores Sísmicos.*



### DETALLE DEL MODELAMIENTO

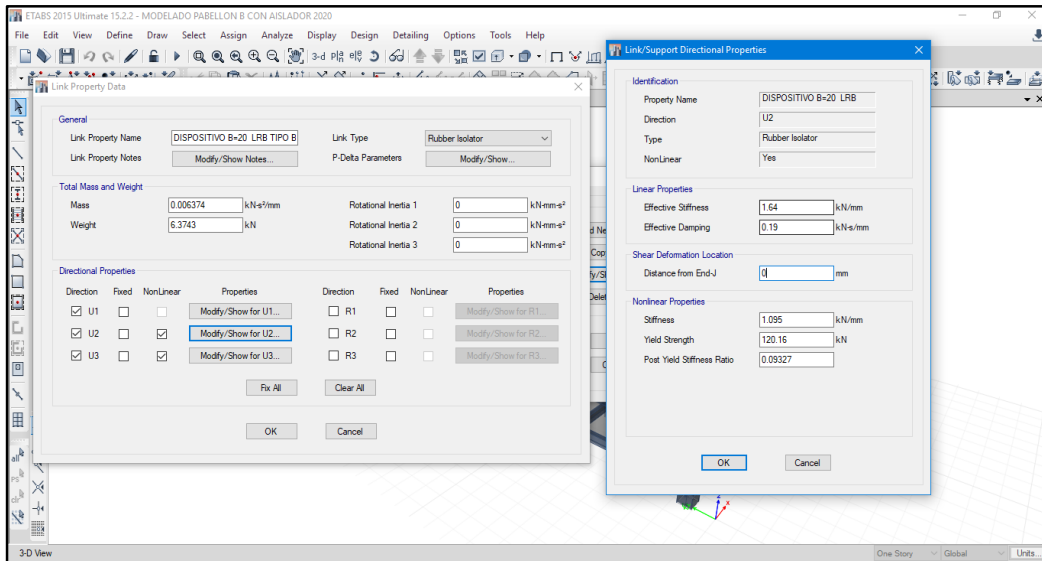
**Figura A. 171**

***Selección y Definición Del Tipo De Aislador***



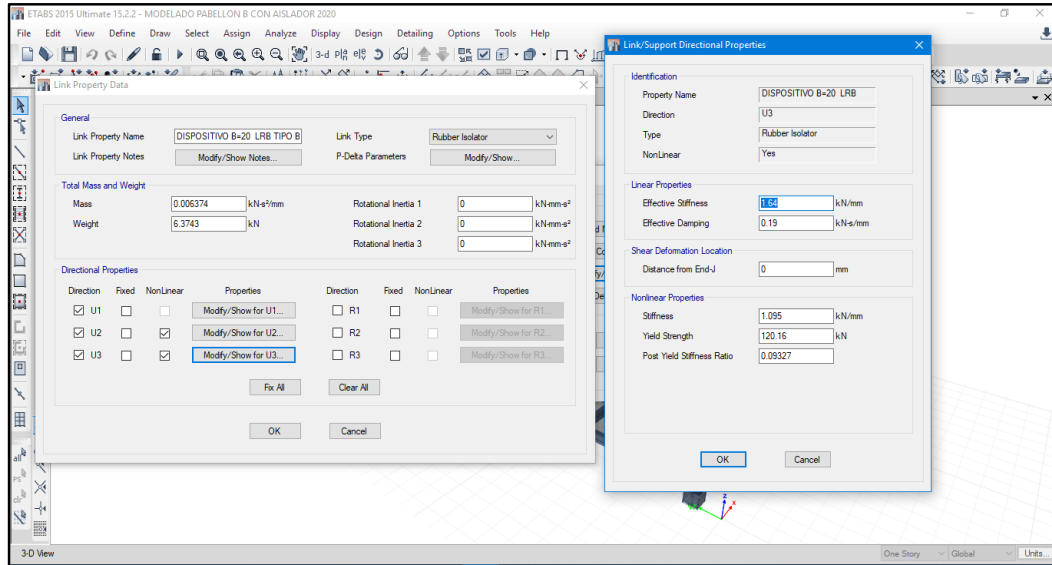
**Figura A. 172**

***Asignación de las Propiedades Mec. de los Aisladores en la Dir. XX***



**Figura A. 173**

*Asignación de las Propiedades Mec. de los Aisladores en la Dir. YY*



Después, habiendo seleccionado los puntos en la base donde se colocarán los aisladores, se les asigna el elemento link correspondiente.

Finalmente, se seleccionan todos los puntos en la base y se les asigna un diafragma rígido.

## **FUNCIÓN ESPECTRAL**

Una acción dinámica es aquella cuya variación en el tiempo es rápida y da origen a fuerzas de inercia comparables en magnitud con las fuerzas estáticas. Para realizar el análisis a una estructura es necesario definir su modelo mecánico y definir el movimiento del terreno, de modo que el análisis dinámico puede realizarse mediante procedimientos de análisis espectral o de tiempo historia.

Debido a la carencia de registro de los eventos sísmicos cercanos al lugar de implantación del Bloque “A” del Hospital de San Juan de Dios de Ayaviri, el análisis dinámico se realizará con el espectro de respuesta.

**Tabla A. 221**

*Cuadro de Parámetros Sísmicos*

<b>PARÁMETROS SÍSMICOS</b>	
Z=	0.25 ZONA 2
U=	1.00 ESENCIAL A1



C=	2.50	TP < T < TL
S=	1.20	S2
R=	1.00	COEFICIENTE "R"
<b>SaM = 1.5 Z U C S g</b>		

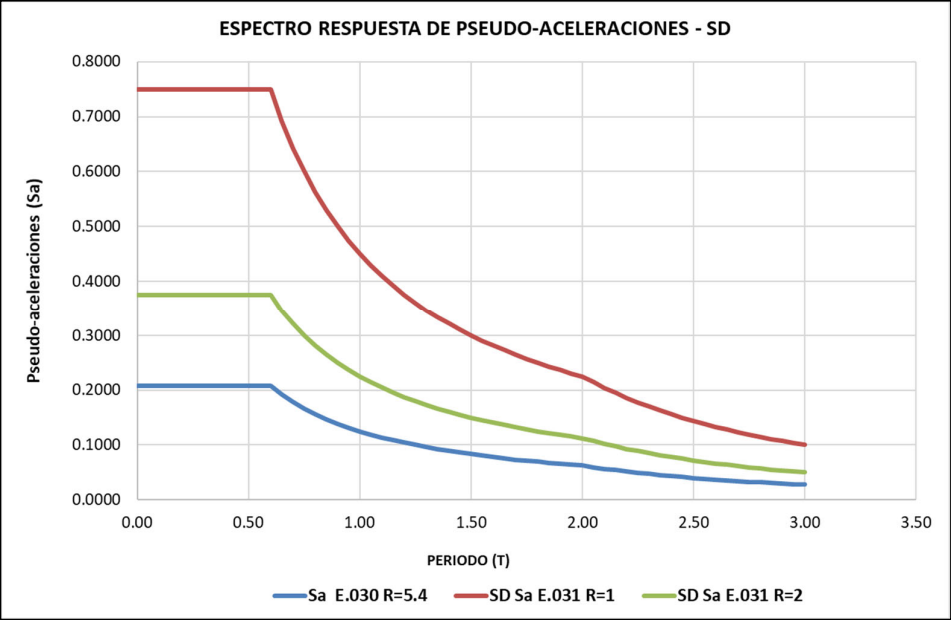
**Tabla A. 222**

*Espectro de Respuesta DIR. X Pab. "B"*

(T)	C	Sa	SD - Sa	SD- Sa	SMC- Sa	SMC - Sa
		E.030 R=5.4	E.031 R=1	E.031 R=2	E.031 R=1	E.031 R=2
0.00	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.10	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.20	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.30	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.40	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.50	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.60	2.5000	0.2083	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.70	2.1429	0.1786	0.6429	0.3214	0.9643	0.4821
0.80	1.8750	0.1563	0.5625	0.2813	0.8438	0.4219
0.90	1.6667	0.1389	0.5000	0.2500	0.7500	0.3750
1.00	1.5000	0.1250	0.4500	0.2250	0.6750	0.3375
1.10	1.3636	0.1136	0.4091	0.2045	0.6136	0.3068
1.20	1.2500	0.1042	0.3750	0.1875	0.5625	0.2813
1.30	1.1538	0.0962	0.3462	0.1731	0.5192	0.2596
1.40	1.0714	0.0893	0.3214	0.1607	0.4821	0.2411
1.50	1.0000	0.0833	0.3000	0.1500	0.4500	0.2250
1.60	0.9375	0.0781	0.2813	0.1406	0.4219	0.2109
1.70	0.8824	0.0735	0.2647	0.1324	0.3971	0.1985
1.80	0.8333	0.0694	0.2500	0.1250	0.3750	0.1875
1.90	0.7895	0.0658	0.2368	0.1184	0.3553	0.1776
2.00	0.7500	0.0625	0.2250	0.1125	0.3375	0.1688
2.10	0.6803	0.0567	0.2041	0.1020	0.3061	0.1531
2.20	0.6198	0.0517	0.1860	0.0930	0.2789	0.1395
2.30	0.5671	0.0473	0.1701	0.0851	0.2552	0.1276
2.40	0.5208	0.0434	0.1563	0.0781	0.2344	0.1172
2.50	0.4800	0.0400	0.1440	0.0720	0.2160	0.1080
2.60	0.4438	0.0370	0.1331	0.0666	0.1997	0.0999
2.70	0.4115	0.0343	0.1235	0.0617	0.1852	0.0926
2.80	0.3827	0.0319	0.1148	0.0574	0.1722	0.0861
2.90	0.3567	0.0297	0.1070	0.0535	0.1605	0.0803
3.00	0.3333	0.0278	0.1000	0.0500	0.1500	0.0750

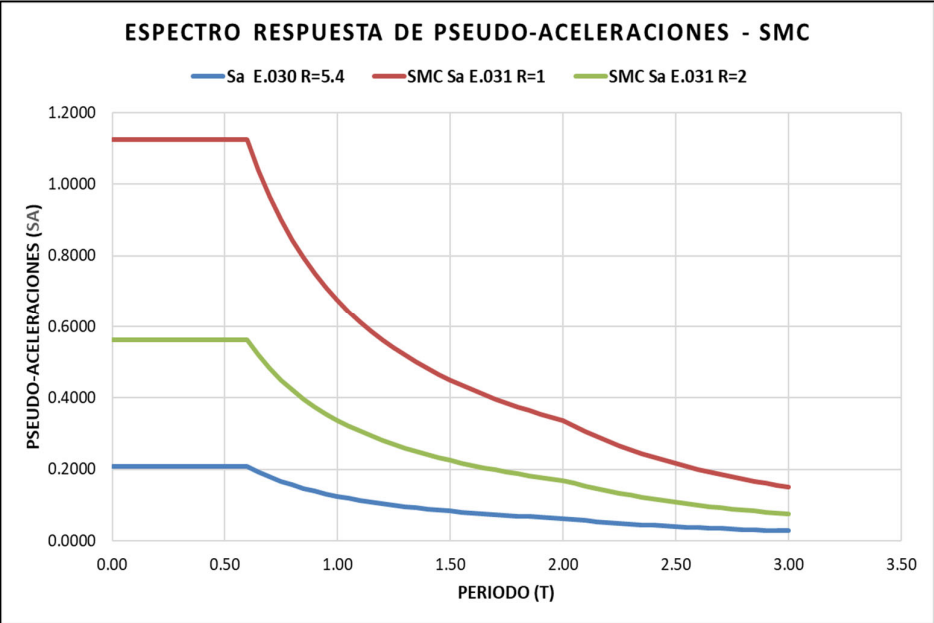
**Figura A. 174**

*Gráfico Espectro de Respuesta SD DIR. X Pab. "B"*



**Figura A. 175**

*Gráfico Espectro de Respuesta SMC DIR. X Pab. "B"*



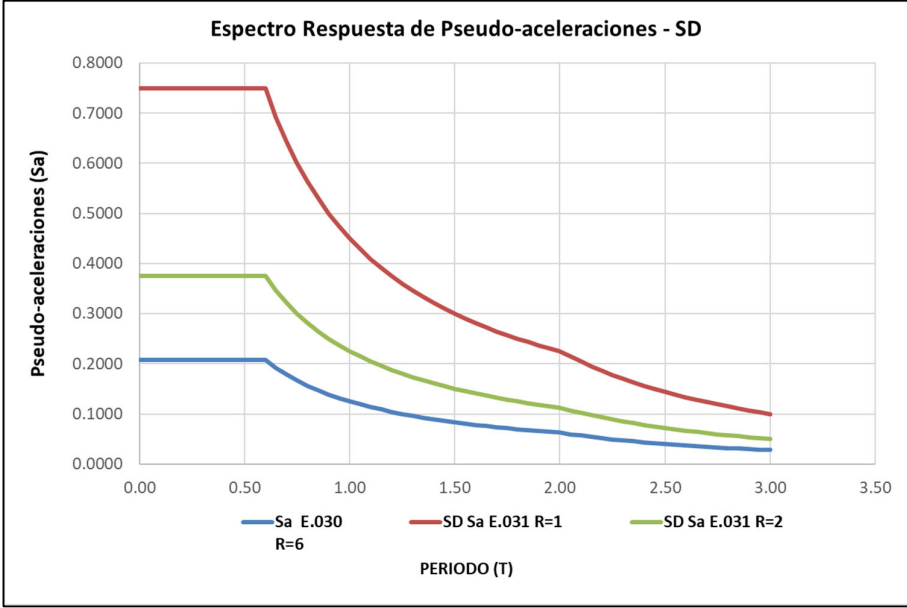
**Tabla A. 223**

*Espectro de Respuesta DIR. Y Pab. "B"*

(T)	C	Sa E.030 R=6	SD - Sa E.031 R=1	SD- Sa E.031 R=2	SMC- Sa E.031 R=1	SMC - Sa E.031 R=2
0.00	2.5000	0.1875	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.10	2.5000	0.1875	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.20	2.5000	0.1875	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.30	2.5000	0.1875	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.40	2.5000	0.1875	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.50	2.5000	0.1875	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.60	2.5000	0.1875	0.7500	0.3750	1.1250	0.5625
0.70	2.1429	0.1607	0.6429	0.3214	0.9643	0.4821
0.80	1.8750	0.1406	0.5625	0.2813	0.8438	0.4219
0.90	1.6667	0.1250	0.5000	0.2500	0.7500	0.3750
1.00	1.5000	0.1125	0.4500	0.2250	0.6750	0.3375
1.10	1.3636	0.1023	0.4091	0.2045	0.6136	0.3068
1.20	1.2500	0.0938	0.3750	0.1875	0.5625	0.2813
1.30	1.1538	0.0865	0.3462	0.1731	0.5192	0.2596
1.40	1.0714	0.0804	0.3214	0.1607	0.4821	0.2411
1.50	1.0000	0.0750	0.3000	0.1500	0.4500	0.2250
1.60	0.9375	0.0703	0.2813	0.1406	0.4219	0.2109
1.70	0.8824	0.0662	0.2647	0.1324	0.3971	0.1985
1.80	0.8333	0.0625	0.2500	0.1250	0.3750	0.1875
1.90	0.7895	0.0592	0.2368	0.1184	0.3553	0.1776
2.00	0.7500	0.0563	0.2250	0.1125	0.3375	0.1688
2.10	0.6803	0.0510	0.2041	0.1020	0.3061	0.1531
2.20	0.6198	0.0465	0.1860	0.0930	0.2789	0.1395
2.30	0.5671	0.0425	0.1701	0.0851	0.2552	0.1276
2.40	0.5208	0.0391	0.1563	0.0781	0.2344	0.1172
2.50	0.4800	0.0360	0.1440	0.0720	0.2160	0.1080
2.60	0.4438	0.0333	0.1331	0.0666	0.1997	0.0999
2.70	0.4115	0.0309	0.1235	0.0617	0.1852	0.0926
2.80	0.3827	0.0287	0.1148	0.0574	0.1722	0.0861
2.90	0.3567	0.0268	0.1070	0.0535	0.1605	0.0803
3.00	0.3333	0.0250	0.1000	0.0500	0.1500	0.0750

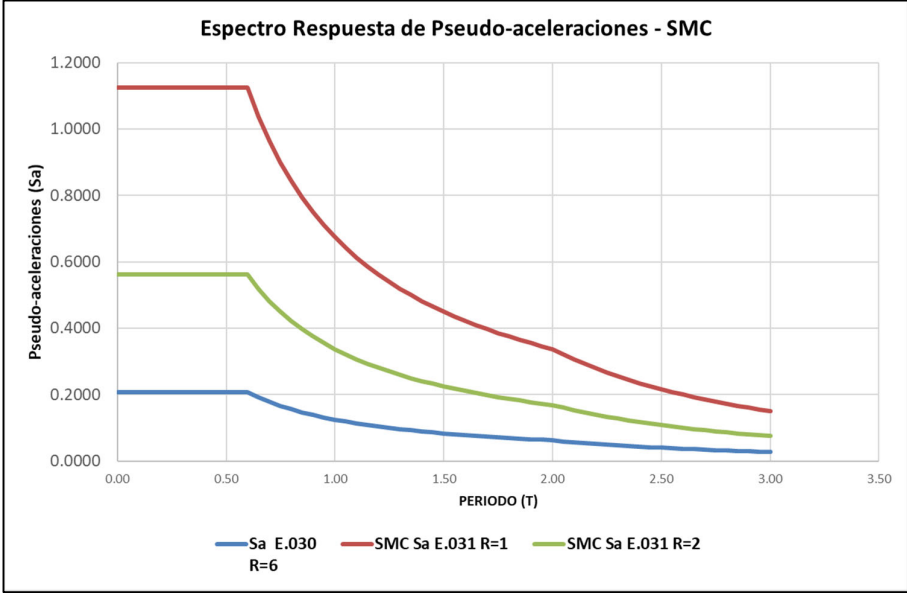
**Figura A. 176**

*Gráfico Espectro de Respuesta SD DIR. Y Pab. "B"*



**Figura A. 177**

*Gráfico Espectro de Respuesta SMC DIR. Y Pab. "B"*



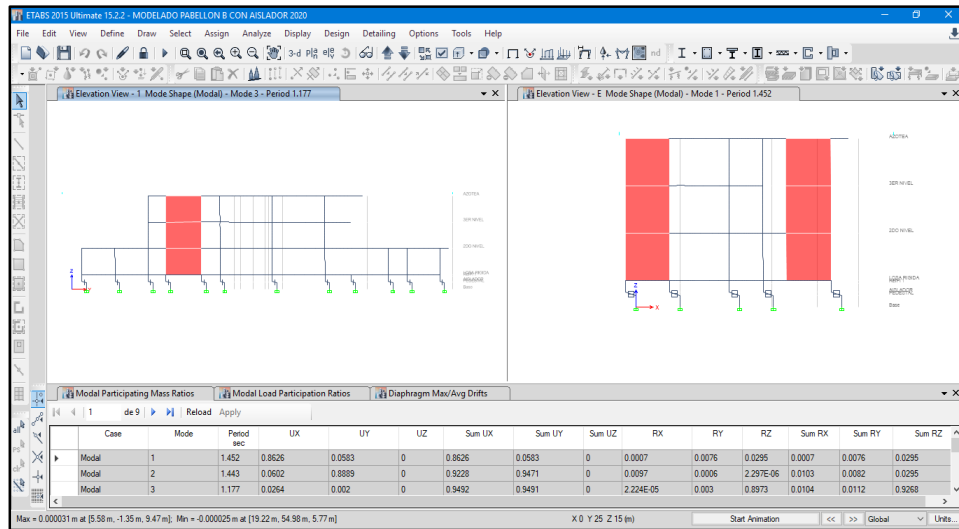
**VERIFICACIÓN DE RESULTADOS DEL SISTEMA DE AISLACIÓN**

Ante una acción exterior, la respuesta de la estructura dependerá de sus modos de vibrar y sus respectivas frecuencias o períodos; los períodos de vibración dependen de las características geométricas, de la rigidez y de la masa que la estructura opone al movimiento.

Se ha obtenido los períodos y modos de vibración, cabe señalar que el uso de aisladores concentra la vibración de la edificación prácticamente en un solo modo por dirección.

**Figura A. 178**

*Periodos y Modos de Vibración. (Etabs)*



**Tabla A. 224**

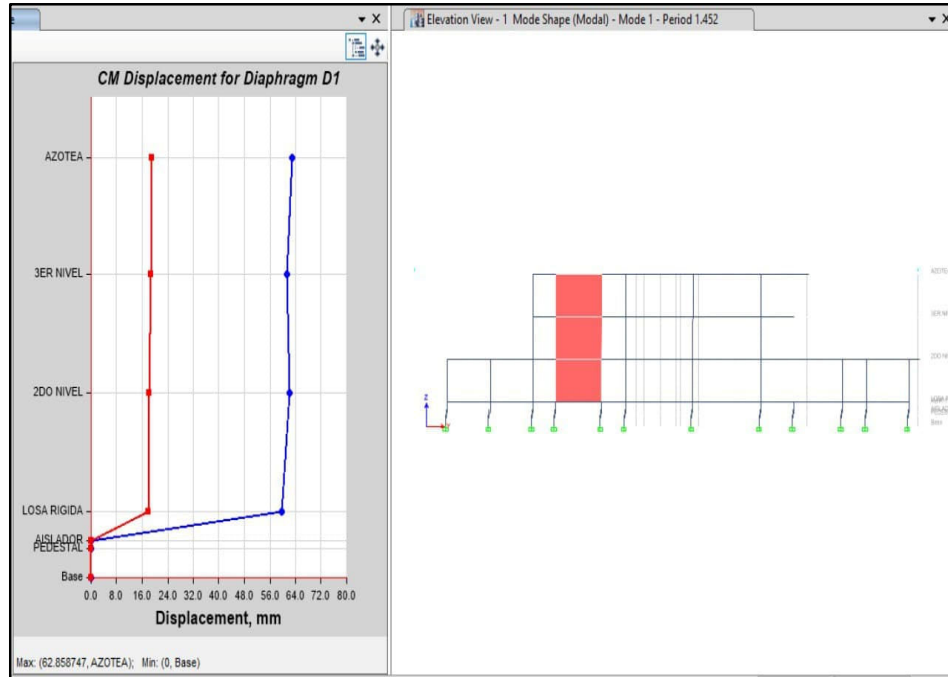
*Periodos y Modos de Vibración.*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal 1	1	1.452	0.863	0.058	0.030	0.001	0.008	0.030
Modal 2	2	1.443	0.060	0.889	0.000	0.010	0.008	0.030
Modal 3	3	1.177	0.026	0.002	0.897	0.010	0.011	0.927
Modal 4	4	0.203	0.000	0.000	0.000	0.834	0.013	0.927
Modal 5	5	0.175	0.000	0.000	0.000	0.835	0.917	0.927
Modal 6	6	0.143	0.000	0.000	0.000	0.927	0.927	0.927
Modal 7	7	0.052	0.000	0.000	0.000	0.927	0.928	0.927
Modal 8	8	0.006	0.009	0.035	0.000	0.979	0.943	0.927
Modal 9	9	0.005	0.040	0.010	0.000	0.994	0.998	0.927

## CONTROL DE DESPLAZAMIENTOS Y LA DISTORSIÓN DE PISO O DERIVAS

**Figura A. 179**

*Desplazamientos y Derivas en la dirección X-X Pab. B*



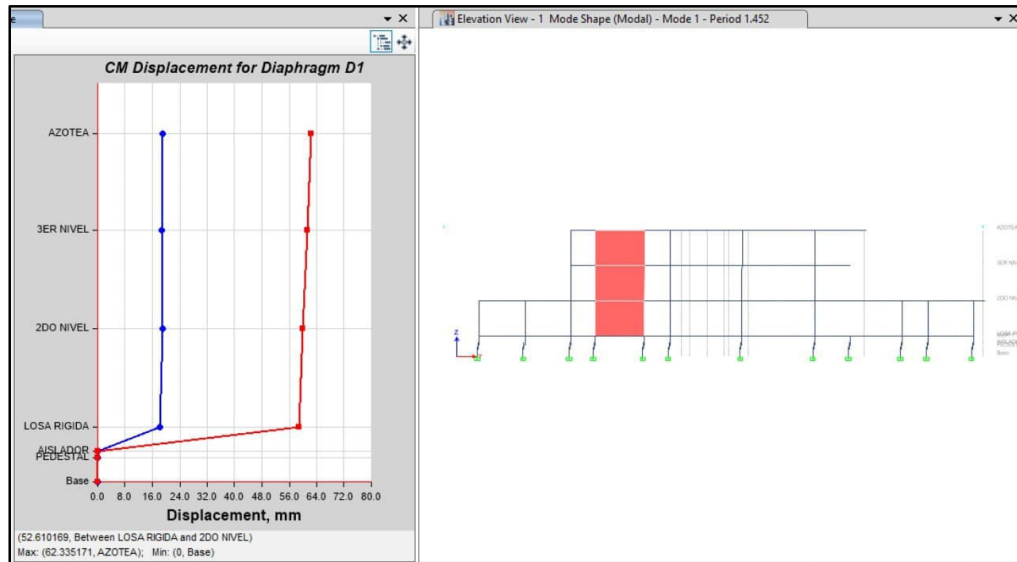
**Tabla A. 225**

*Cuadro de Desplazamientos y Derivas en la dirección X-X*

Story	Diaphragm	Load Case/Comb	Altura mm	Deriva Elastica $\Delta$	Deriva Inelástica $\Delta x_R$	Norma E.031 <0.0035
Nivel 3	D1	SD XX	3650	$4.70 \times 10^{-4}$	$4.70 \times 10^{-4}$	OK
Nivel 2	D1	SD XX	3700	$2.60 \times 10^{-4}$	$2.60 \times 10^{-4}$	OK
Nivel 1	D1	SD XX	3700	$6.70 \times 10^{-4}$	$6.70 \times 10^{-4}$	OK
Story1	D2	SD XX	--	--	--	--

**Figura A. 180**

*Desplazamientos y Derivas en la Dirección Y-Y Pab. B*



**Tabla A. 226**

*Cuadro de Desplazamientos y Derivas en la Dirección Y-Y*

Story	Diaphragm	Load Case/Comb	Altura mm	Deriva $\Delta$	Deriva Inelástica $\Delta x_R$	Norma E031 <0.0035
Nivel 3	D1	SD YY	3650	$2.90 \times 10^{-4}$	$2.90 \times 10^{-4}$	OK
Nivel 2	D1	SD YY	3700	$3.30 \times 10^{-4}$	$3.30 \times 10^{-4}$	OK
Nivel 1	D1	SD YY	3700	$3.20 \times 10^{-4}$	$3.20 \times 10^{-4}$	OK
Story1	D2	SD YY	--	--	--	--