



MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION  
*Universidad Nacional de San Juan*  
FACULTAD DE INGENIERIA

*Instituto de Investigaciones Antisísmicas*  
*"Ing. Aldo Bruschi"*

Verificación Sismorresistente  
Tablero de Interruptor – NOLLMAN S.A.

1 / 18

# VERIFICACIÓN SISMORRESISTENTE

## TABLERO DE INTERRUPTOR

**FABRICANTE: NOLLMAN S.A.**

**SAN JUAN, Mayo de 2011.-**



MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION  
*Universidad Nacional de San Juan*  
FACULTAD DE INGENIERIA

*Instituto de Investigaciones Antisísmicas*  
*"Ing. Aldo Bruschi"*

Verificación Sismorresistente  
Tablero de Interruptor – NOLLMAN S.A.

2 / 18

## **I- Introducción:**

En este Informe se detalla la verificación sísmica analítica de un Tablero de Interruptor fabricado por la empresa NOLLMAN S.A..

La verificación sísmica se realizó teniendo en cuenta los requerimientos establecidos para el nivel de sollicitación que prescribe los espectros de diseño de la Norma Inpres-Cirsoc 103 para la zona sísmica 4, tipo de suelo II y Construcción Grupo "A0" con factor de riesgo 1,4. Las sollicitaciones se determinaron en forma analítica a partir del espectro de respuesta requerido por la norma para sistemas de un grado de libertad, linealmente elásticos con amortiguamiento viscoso proporcional a la velocidad. A tal efecto se formuló un modelo tridimensional de elementos finitos para representar los componentes metálicos resistentes que integran este Tablero de Interruptor con sus masas, vinculaciones y fijaciones. Las sollicitaciones por efecto sísmico se obtuvieron a partir de análisis modal, las sollicitaciones resultantes tienen en cuenta las distintas combinaciones de peso propio y acciones sísmicas que establecen los citados requerimientos.

En los párrafos siguientes se describe la formulación del modelo matemático y el resultado del procesamiento numérico que permiten obtener las sollicitaciones y tensiones en los componentes metálicos resistentes.

## **II- Descripción del Tablero de Interruptor.**

El Tablero de Interruptor a verificar, tiene dimensiones de: 800mm de largo, 800mm de ancho y 2080mm de altura (Figura 1 y 2) y, está construido a partir de perfiles metálicos resistentes de chapa de acero SAE 1010 de 2,5 mm de espesor, que constituyen los travesaños y parantes, que van reforzados través de chapas esquineras de 150mm de ancho y de 2,5mm de espesor.

La estructura del tablero va montada sobre un zócalo inferior construido de perfil metálico "U" 88x22x6,5. En el zócalo se ubica también la fijación al piso, que se materializa a través de 8 bulones de 10mm de diámetro, mediante brocas de acero.

Consta de una puerta de acceso anterior que va colgada en los parantes verticales mediante bisagras, y está construida con chapa de 2mm de espesor. Las tapas laterales, fondo y techo son de chapa de 1,6mm de espesor y se fijan a través de bulones M8 calidad 8.8 a los perfiles de la estructura.



MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION  
*Universidad Nacional de San Juan*  
FACULTAD DE INGENIERIA

*Instituto de Investigaciones Antisísmicas*  
*"Ing. Aldo Bruschi"*

Verificación Sismorresistente  
Tablero de Interruptor – NOLLMAN S.A.

3 / 18

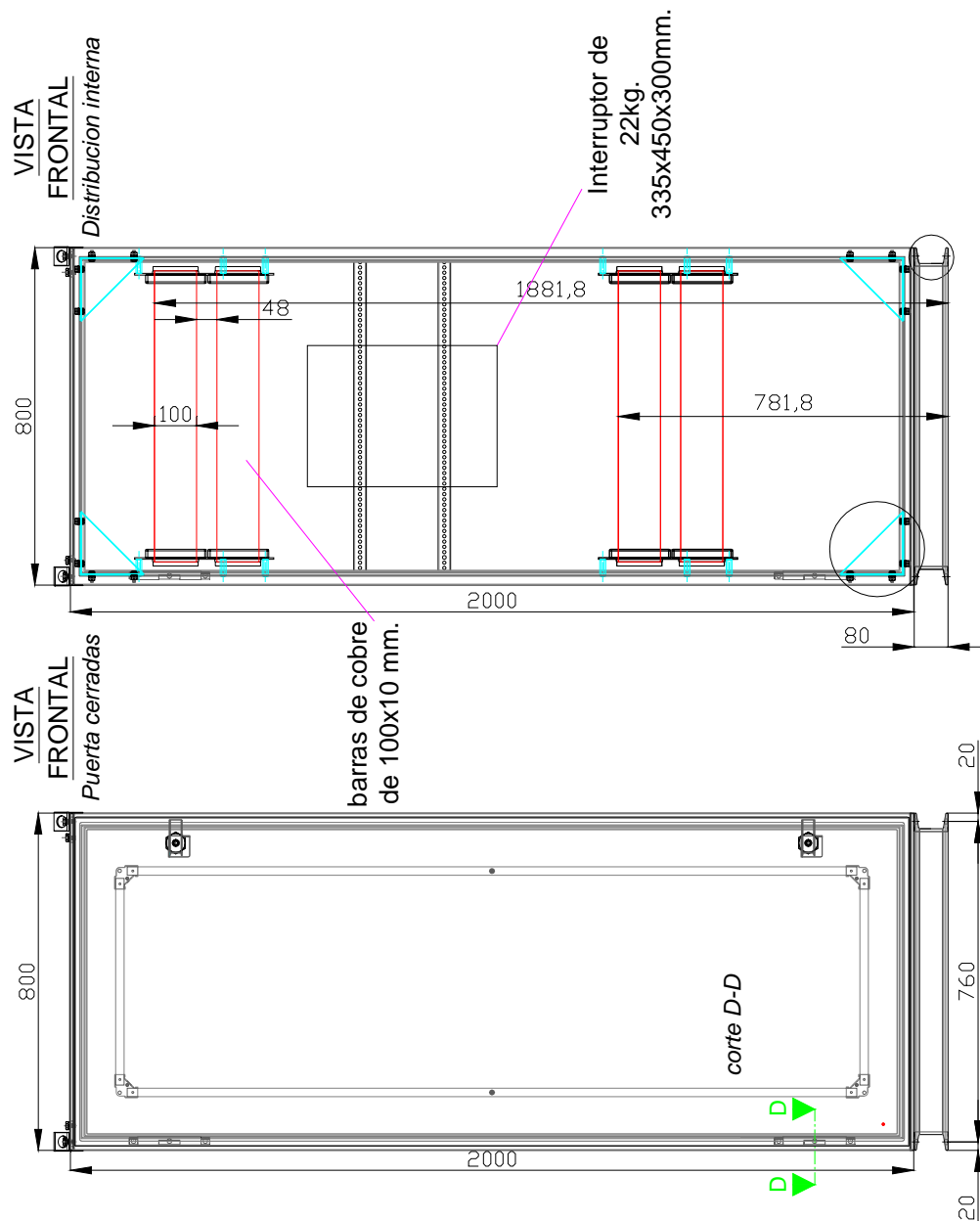


Figura 1 –Dimensiones del Tablero.



MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION  
*Universidad Nacional de San Juan*  
FACULTAD DE INGENIERIA

*Instituto de Investigaciones Antisísmicas*  
*"Ing. Aldo Bruschi"*

Verificación Sismorresistente  
Tablero de Interruptor – NOLLMAN S.A.

4 / 18

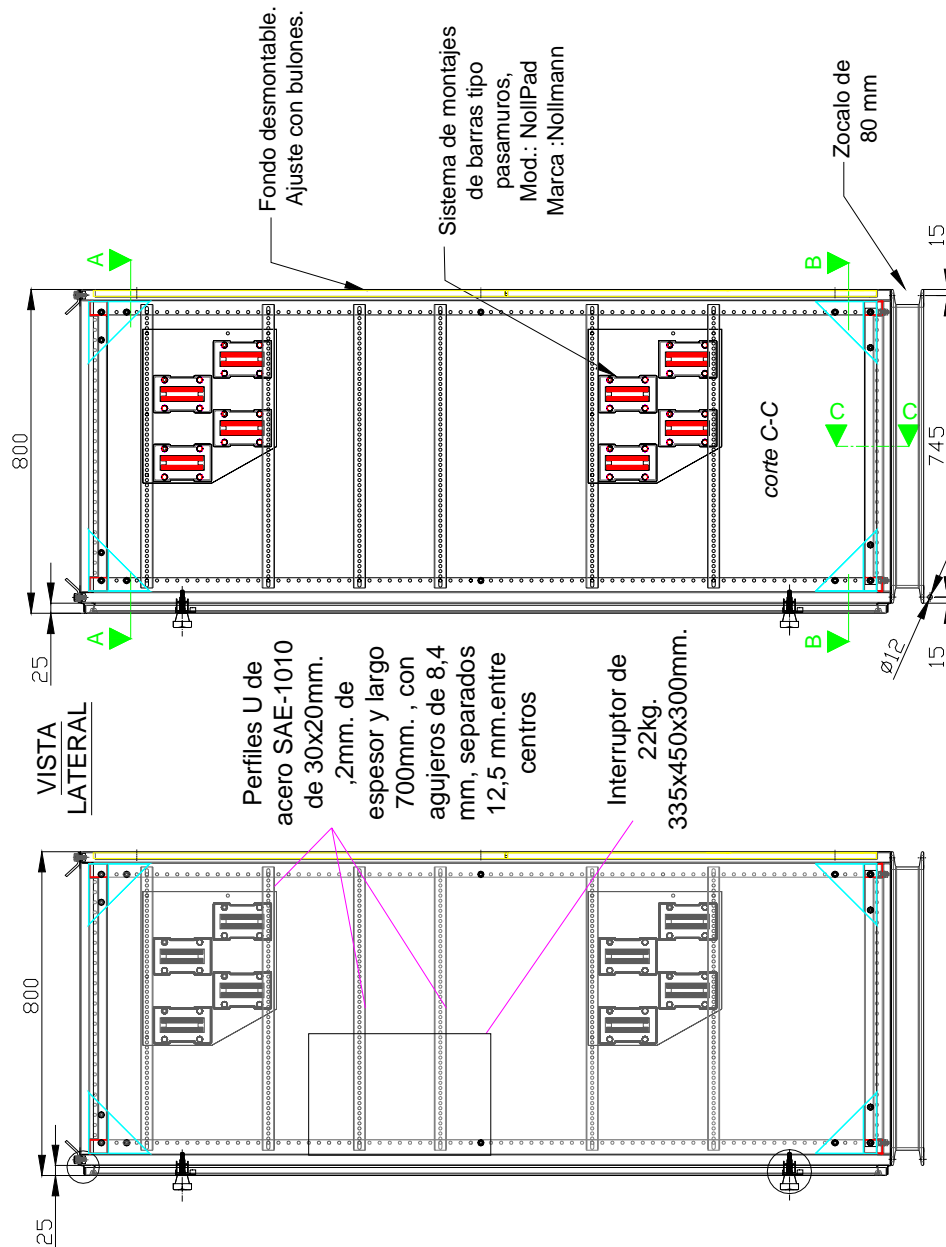


Figura 2 – Vistas y Cortes del Tablero.



MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION  
*Universidad Nacional de San Juan*  
FACULTAD DE INGENIERIA

*Instituto de Investigaciones Antisísmicas*  
*"Ing. Aldo Bruschi"*

Verificación Sismorresistente  
Tablero de Interruptor – NOLLMAN S.A.

5 / 18

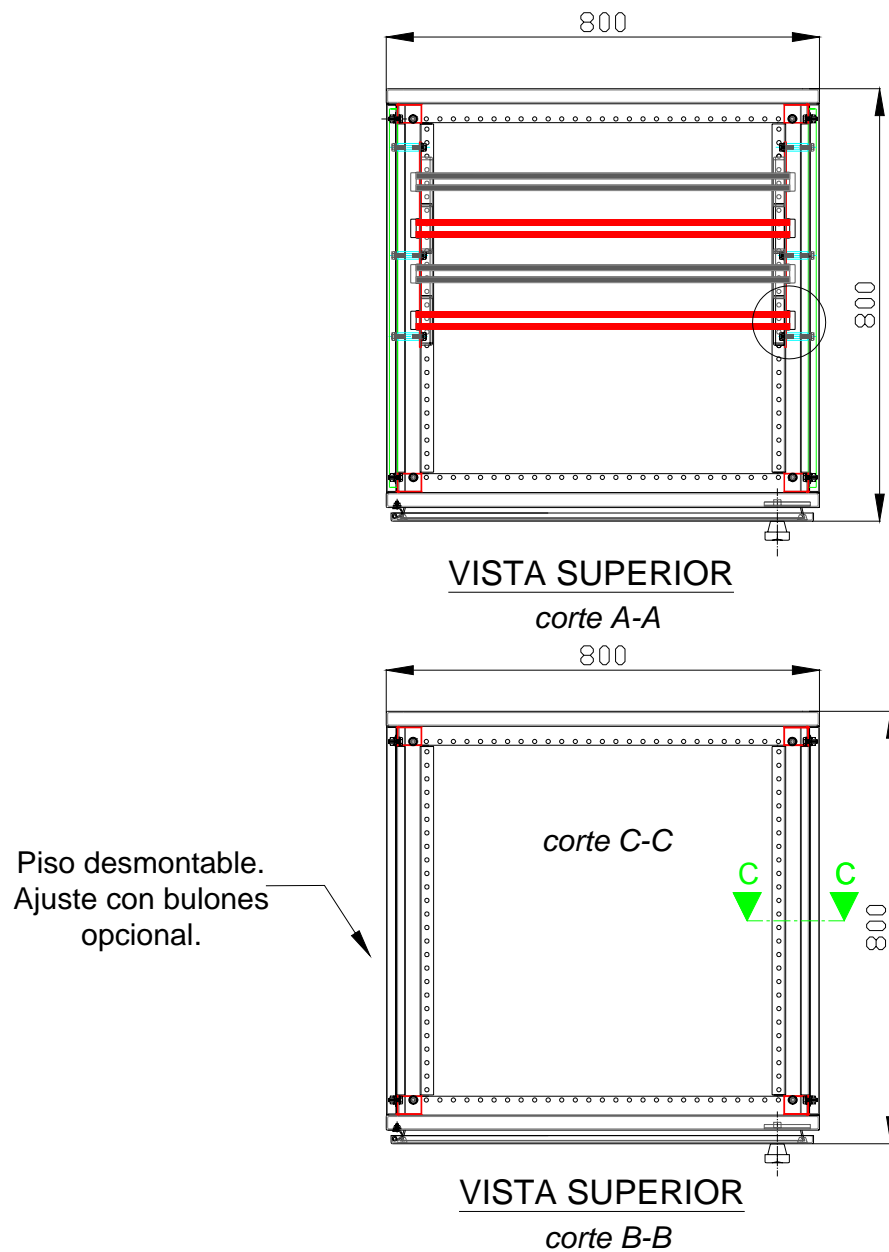


Figura 3 –Corte y Vista en planta del Tablero.





MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION  
*Universidad Nacional de San Juan*  
FACULTAD DE INGENIERIA

*Instituto de Investigaciones Antisísmicas*  
*"Ing. Aldo Bruschi"*

Verificación Sismorresistente  
Tablero de Interruptor – NOLLMAN S.A.

7 / 18

#### Tipo de Materiales:

Se ha construido el modelo matemático teniendo en cuenta que el sistema modular está construido de chapa de acero SAE 1010, con una tensión de fluencia de 2400 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### **III- Descripción del modelo matemático:**

Para la formulación del modelo matemático tridimensional de elementos finitos se empleó el elemento tipo viga, con eje recto con dos nudos y seis grados de libertad en cada uno y que permite tener en cuenta las deformaciones por esfuerzo normal, flexional y de corte. Estos elementos se han utilizado para modelar los parantes verticales, travesaños horizontales y perfiles del zócalo como así también las vinculaciones con la estructura. Se ha modelado también la chapa de los laterales, piso, techo y fondo que se fijan con bulones; para esto se han utilizado Elementos cuadriláteros planos tipo membrana con cuatro nudos y tres grados de libertad en cada uno, que tiene en cuenta deformaciones que corresponden a una distribución de tensiones planas. No se ha modelado la puerta de cierre frontal, y esto resulta en un estado más desfavorable al no considerar estos elementos que podrían rigidizar el conjunto del sistema de gabinete metálico.

La estructura representada en el modelo mediante elementos finitos se muestra en las Figuras 5 y 6, y tiene en cuenta los detalles y dimensiones incluidos en los planos provistos por el Fabricante. Las masas tenidas en cuenta en este modelo son: las distribuidas que resultan de considerar los pesos propios de los elementos, y las concentradas que corresponden a los restantes componentes. Los valores de estas masas y su ubicación son las que resultan de la información suministrada por el Fabricante. El valor total del peso aproximado es de 370 kg.

El modelo fue convenientemente discretizado mediante 74 elementos tipo viga, 52 nudos 19 elementos tipos placa.

En el sistema de coordenadas globales adoptado, el plano X-Y coincide con el plano horizontal de la base y eje Z es el vertical.



MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION  
*Universidad Nacional de San Juan*  
FACULTAD DE INGENIERIA

*Instituto de Investigaciones Antisísmicas*  
*"Ing. Aldo Bruschi"*

Verificación Sismorresistente  
Tablero de Interruptor – NOLLMAN S.A.

8 / 18

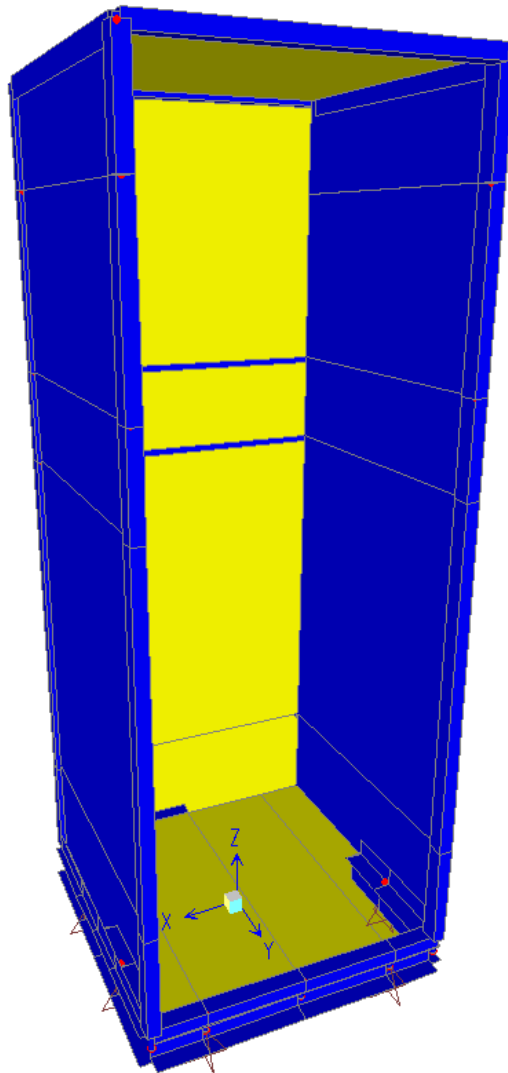


Figura 5 – Vista del modelo de elementos finitos.



MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION  
*Universidad Nacional de San Juan*  
FACULTAD DE INGENIERIA

*Instituto de Investigaciones Antisísmicas*  
*"Ing. Aldo Bruschi"*

Verificación Sismorresistente  
Tablero de Interruptor – NOLLMAN S.A.

9 / 18

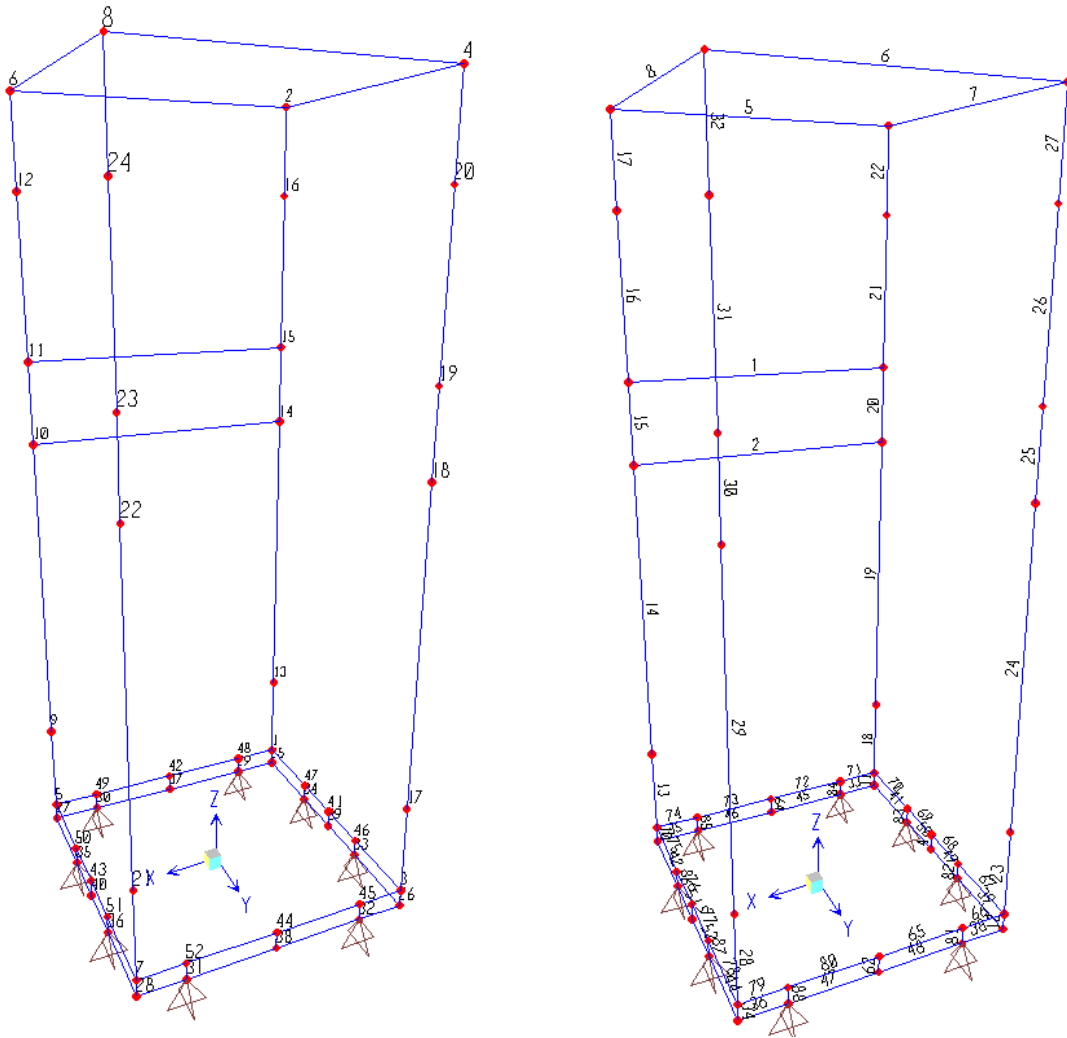


Figura 6 – Vista del modelo de elementos finitos - Numeración de Nudos y Barras.



MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION  
*Universidad Nacional de San Juan*  
FACULTAD DE INGENIERIA

*Instituto de Investigaciones Antisísmicas*  
*"Ing. Aldo Bruschi"*

Verificación Sismorresistente  
Tablero de Interruptor – NOLLMAN S.A.

10 / 18

Se obtuvieron las características dinámicas del conjunto, siendo los primeros seis periodos propios los que se indican en la Tabla 1:

Modo	Período [seg.]	Frecuencia [Hz.]
1	0.1205	8.298
2	0.1074	9.311
3	0.0658	15.248
4	0.0455	21.978
5	0.0285	35.088
6	0.0245	40.816

Tabla 1 – Períodos y frecuencias del modelo.

En la Figura 7 se muestran las primeras tres formas modales correspondientes al modelo del gabinete metálico

Las formas modales corresponden, principalmente, a formas de traslación en dirección "x" para el primer modo, y formas localizadas compuestas para los restantes.



MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION  
*Universidad Nacional de San Juan*  
FACULTAD DE INGENIERIA

*Instituto de Investigaciones Antisísmicas*  
*"Ing. Aldo Bruschi"*

Verificación Sismorresistente  
Tablero de Interruptor – NOLLMAN S.A.

11 / 18

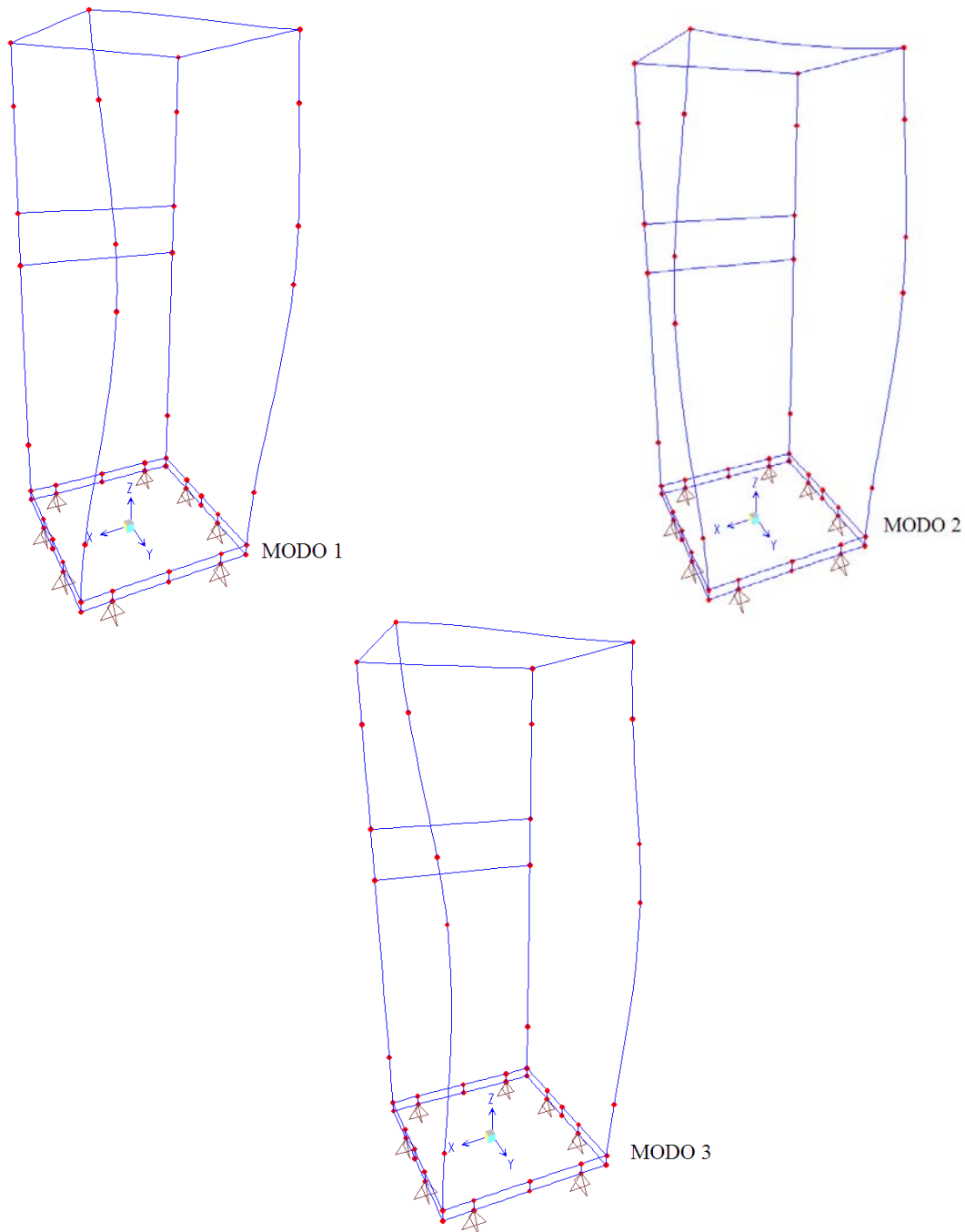


Figura 7 – Modos de vibración de modelo.



#### IV – Acción Sísmica e Hipótesis de Carga.

La acción sísmica está representada mediante el espectro de respuesta de acuerdo al nivel de sollicitación sísmica que prescribe la Norma Inpres-Cirsoc 103 para la zona 4, para una cantidad de amortiguación del 2% de la crítica, suelo tipo II, y un factor de riesgo  $A_0=1,4$ . Se ha tenido en cuenta además la componente sísmica vertical, que se considera de la misma forma espectral multiplicada por 0,6 (Artículo 7.3 Acciones sísmicas verticales Norma Inpres-Cirsoc-103 Tomo I – Tabla 4). En la Figura 8 se representa el espectro correspondiente a la componente horizontal.

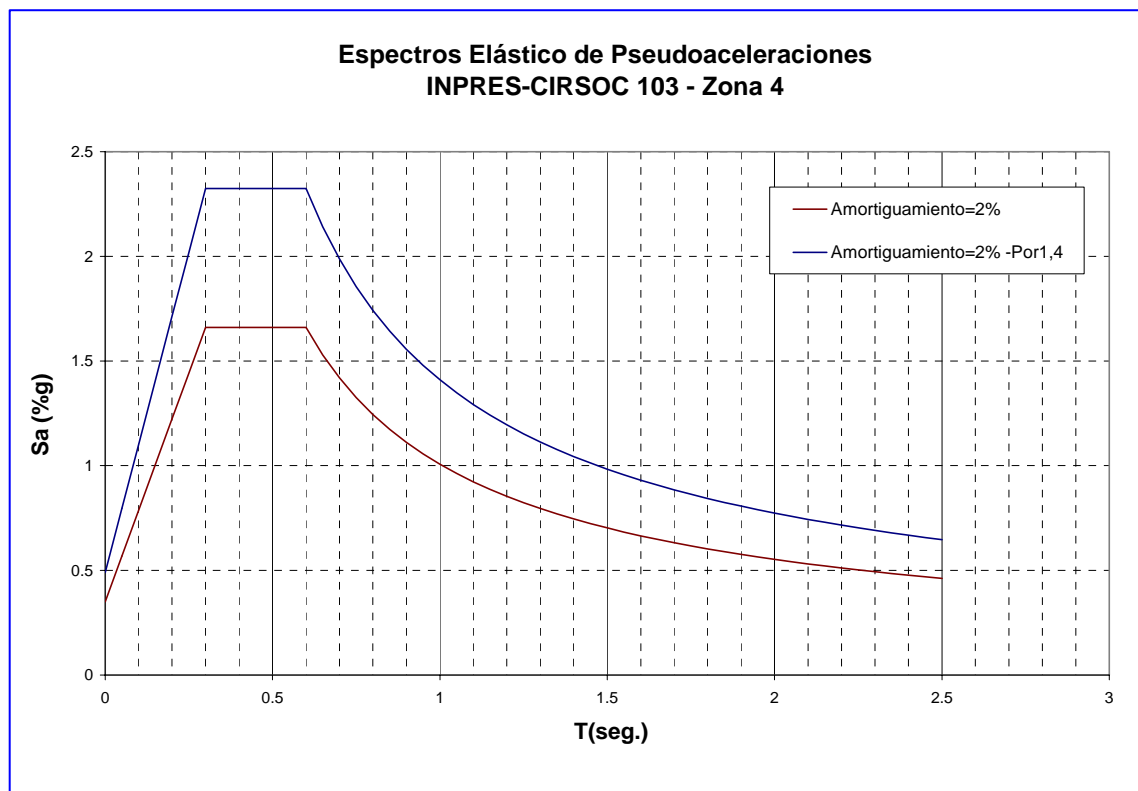


Figura 8.- Espectro de respuesta de la Norma Inpres-Cirsoc 103 para la zona 4 (2% amortiguación)



MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION  
*Universidad Nacional de San Juan*  
FACULTAD DE INGENIERIA

*Instituto de Investigaciones Antisísmicas*  
*"Ing. Aldo Bruschi"*

Verificación Sismorresistente  
Tablero de Interruptor – NOLLMAN S.A.

13 /18

La acción sísmica así especificada, se aplicó según cada una de las direcciones X e Y, y en todos los casos simultáneamente con su componente vertical. En cada uno de estas se aplicó el análisis modal espectral teniendo en cuenta los debidos factores de participación modal y en la respuesta total se aplicó superposición modal.

Las hipótesis de carga se obtienen de la combinación de estados de carga definidos de acuerdo a lo siguiente:

HIPÓTESIS DE CARGA 1: Cargas gravitatorias y sismo horizontal X

Estado de Carga I: Cargas Gravitatorias

Estado de Carga II: Sismo Dirección X + Sismo Dirección Z (vertical)

Estado de Carga III: Estado de carga I + Estado de carga II

HIPÓTESIS DE CARGA 2: Cargas Gravitatorias y Sismo Horizontal Y

Estado de Carga I: Cargas Gravitatorias

Estado de Carga II: Sismo Dirección Y + Sismo Dirección Z (vertical)

Estado de Carga III: Estado de carga I + Estado de carga II

## **V- Resultados.**

### **HIPÓTESIS DE CARGA 1:**

En esta hipótesis de carga se han aplicado al modelo las cargas gravitatorias y la acción sísmica en la dirección X junto con la componente vertical. En la Figura 9 se muestra las sollicitaciones resultantes.

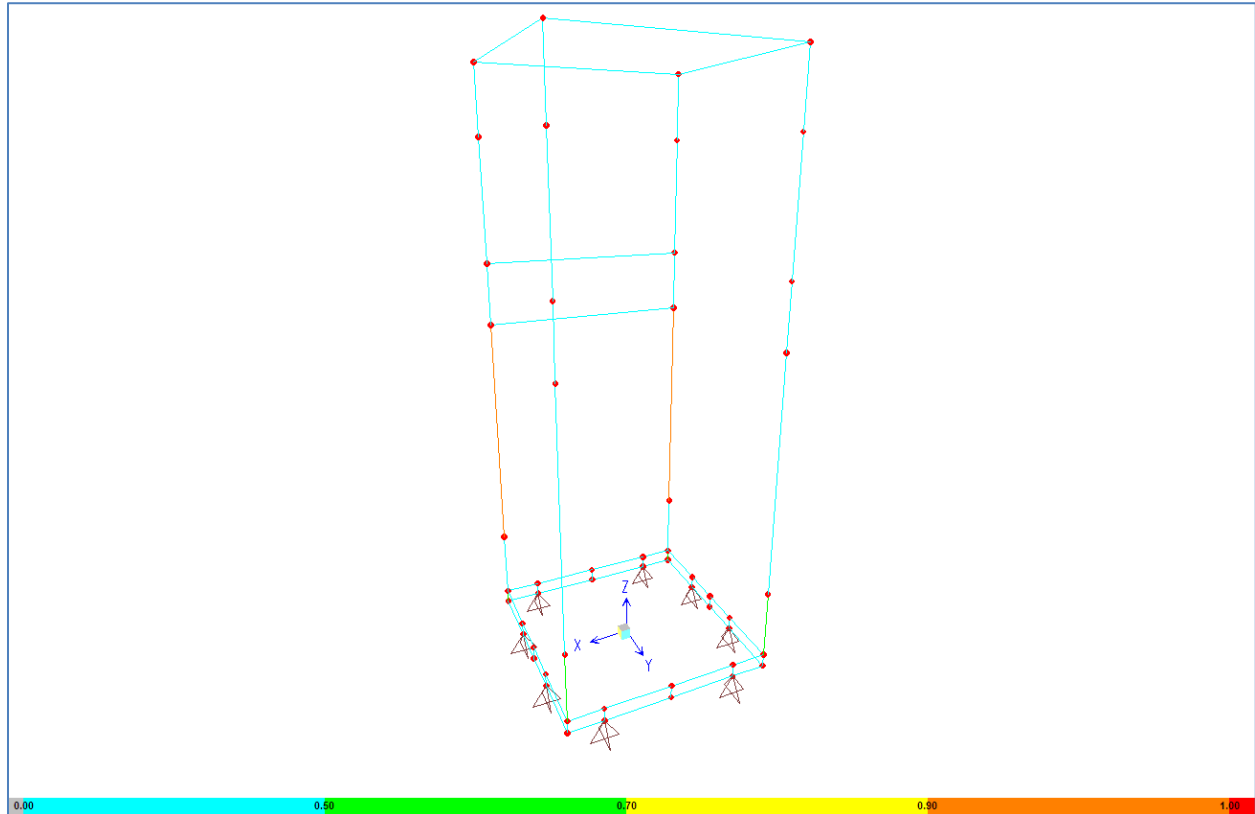


Figura 9 - Solicitaciones en barras para Hipótesis 1.

En la Figura 9, la escala de solicitaciones es relativa y la referencia de color rojo corresponde a la máxima solicitación. Para el modelo estudiado la barra más solicitada es la 19 (parante posterior), en la que la tensión máxima es de  $871 \text{ kg/cm}^2$ , que es menor que la tensión de fluencia de este material. Se ha considerado que esta barra no puede pandear debido a que está arriostrada por la tapa posterior.

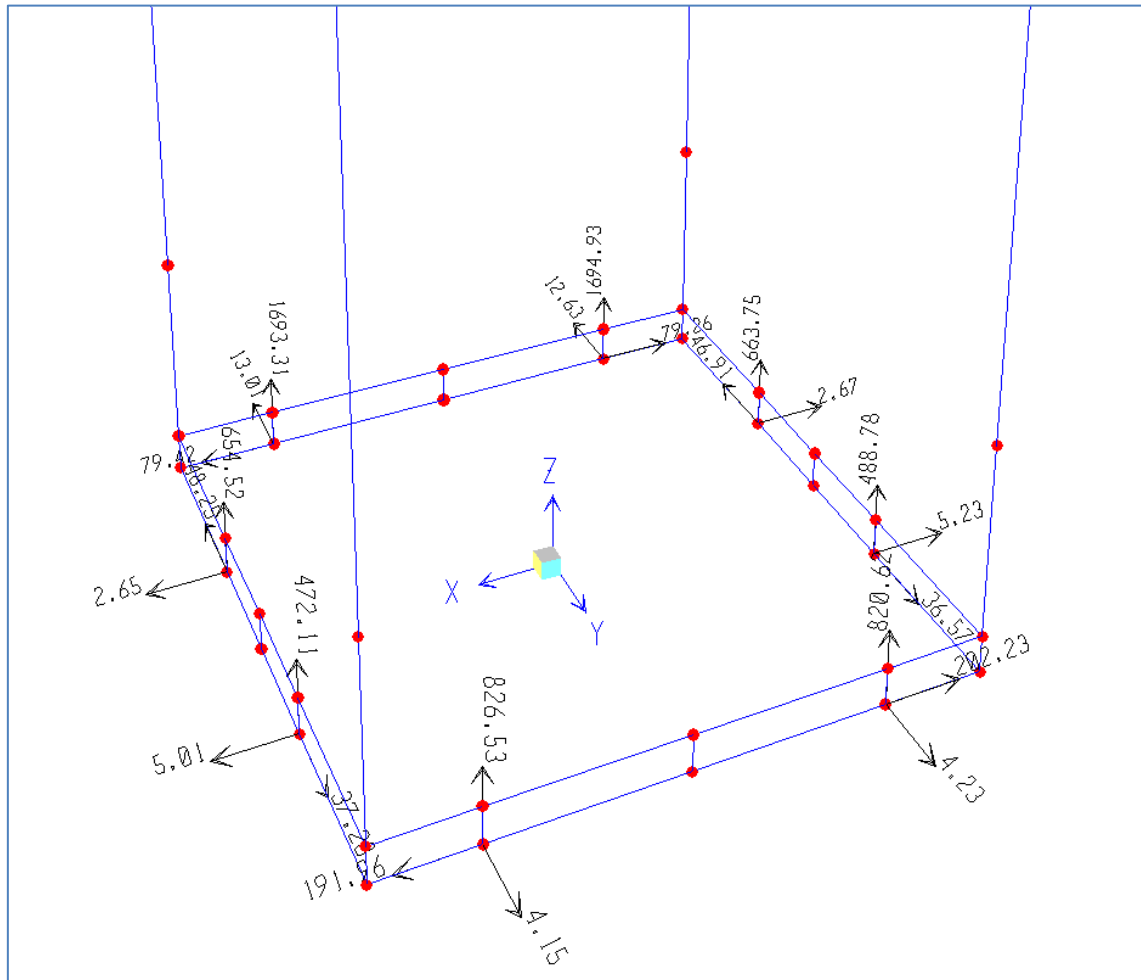


Figura 10- Reacciones en los apoyos.

En la Figura 10 se representan las reacciones para esta hipótesis de carga. Para el caso más desfavorable resulta una fuerza vertical máxima de 1694,93 kg en los bulones de anclaje. Si el bulón de anclaje tiene un diámetro de 10mm, las tensiones obtenidas resultan inferiores a las admisibles. El resto de las uniones han sido verificadas satisfactoriamente.



HIPÓTESIS DE CARGA 2:

De acuerdo a lo mencionado precedentemente, en esta hipótesis de carga se han aplicado al modelo las cargas gravitatorias y la acción sísmica en la dirección Y junto con la componente vertical. En la Figura 11 se muestran las solicitaciones resultantes en esta hipótesis de carga:

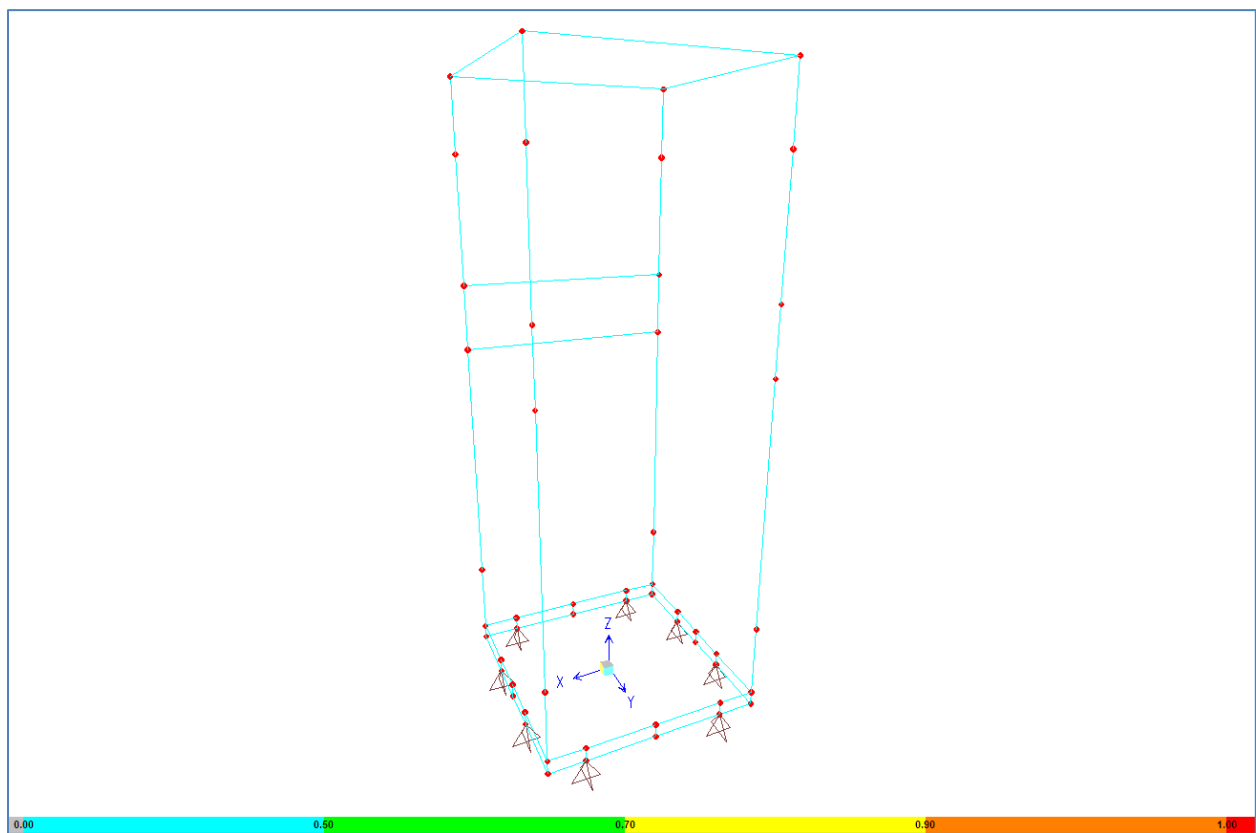


Figura 11- Solicitaciones en barras para Hipótesis 2.

La barra más solicitada es la 68 (perfil inferior horizontal lateral), en la que su tensión máxima es de  $374,58 \text{ kg/cm}^2$ , que es menor que la tensión de fluencia de este material. Se ha considerado que esta barra no puede pandear debido a que está arriostrada por las tapas de piso.

En la Figura 12 se representan las reacciones para esta hipótesis de carga. Para el caso más desfavorable resulta una fuerza vertical máxima de 378,24 kg. Si el bulón de anclaje tiene un diámetro de 10mm, las tensiones obtenidas resultan muy inferiores a las admisibles. El resto de las uniones han sido verificadas satisfactoriamente.





MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION  
*Universidad Nacional de San Juan*  
FACULTAD DE INGENIERIA

*Instituto de Investigaciones Antisísmicas*  
*"Ing. Aldo Bruschi"*

Verificación Sismorresistente  
Tablero de Interruptor – NOLLMAN S.A.


18 / 18

## **VI- Conclusiones:**

Se modeló con elementos finitos el Tablero de Interruptor, al cual se le aplicaron los espectros de diseño de acciones sísmicas de la Norma Inpres-Cirsoc 103 para la zona sísmica 4, tipo de suelo II y Construcción Grupo "A0" con factor de riesgo 1,4, con dos hipótesis de carga: según las dos direcciones horizontales principales, con simultaneidad de la acción vertical y el agregado del peso propio.

Para las hipótesis de carga consideradas, se obtiene que las tensiones resultantes en la estructura metálica del conjunto alcanzan valores inferiores a la tensión límite del material que es de 2400 kg/cm<sup>2</sup>.

De lo anteriormente expuesto se concluye que el Tablero de Interruptor fabricado por NOLLMAN S.A., cuya verificación estructural se detalla en este Informe, cumple con los requerimientos sísmicos establecidos por el nivel de sollicitación sísmica que prescribe la Norma Inpres-Cirsoc 103 para la zona sísmica 4, tipo de suelo II y factor de riesgo 1,4.

  
Ing. JOSE LUIS BUSTOS  
INVESTIGADOR  
Instituto de Investigaciones Antisísmicas  
U. N. S. J.

San Juan, Mayo de 2011.