
REFUERZO EN UN EDIFICIO EN NUEVO VALLARTA, NAYARIT.

Edificio originalmente diseñado con un factor de ductilidad $Q=4$ y con un espectro de sitio que ante el periodo alto del edificio reportaba cortantes en la base menores al 9% de la carga vertical



SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

Descripción del edificio existente

- El edificio en estudio consiste de un sótano para servicios, planta baja y 10 niveles de departamentos.
- La estructura es a base de marcos mixtos, los cuales se conforman de columnas compuestas de concreto de 140x120 cm y 90x90 cm, y un perfil W14X30 lb/pie embebido en la columna de concreto, en la que se conectarán las trabes principales metálicas W40X149, W33X169 lb/pie, y trabes metálicas secundarias W18X65 y W18X35 lb/pie. El sistema de piso está resuelto mediante sistema deck de lámina doblada con colado de concreto de 6 cm de espesor y conectores de cortante Nelson D=3/4" y L=4" apoyado en trabes metálicas secundarias.
- La altura del sótano es de 5.2 m., la zona de planta baja de 7.5 m., las plantas de los entresijos cuentan con una altura de 4.25 m. del N-1 al N-Azotea.



SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

Revisión estructural

Datos para el análisis y diseño originales:

```
DATOS DE ANALISIS Y DISEÑO
CARGA VIVA DE:  AZOTEA = 180 kg/m2
                 ENTREPISO = 250 kg/m2
                 PASILLOS = 350 kg/m2

NORMAS:         COEFICIENTE SISMICO (C) = 0.73
                 FACTOR DE DUCTILIDAD (Q) = 4
                 FACTOR DE IMPORTANCIA = 1
```



SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

Revisión estructural

Espectro de sitio usado para el análisis sísmico:

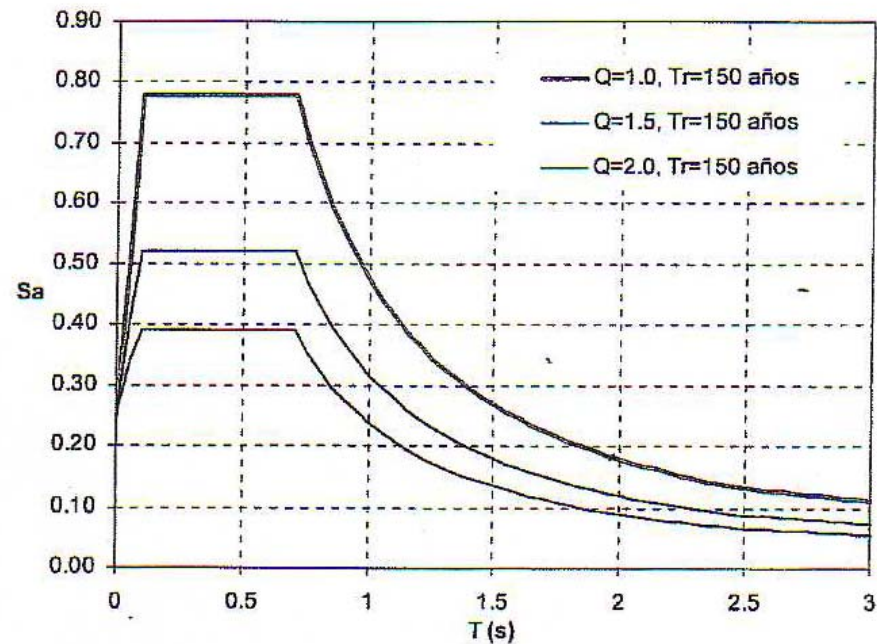


Figura 1. Espectros elástico ($Q=1.0$) e inelásticos ($Q=1.5$ y 2.0) de diseño



SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

Revisión estructural

- Se realizó una revisión del edificio utilizando los datos que se mencionan en la memoria de cálculos y secciones que se presentan en los planos estructurales.
- De la revisión al modelo, se encontró que por los periodos tan altos del edificio, los cortantes en la base son muy bajos.

Table: Auto Seismic - IBC2006, Part 4 of 4

LoadCase Text	TUsed Sec	CoeffUsed Unitless	WeightUsed Kgf	BaseShear Kgf
SXX	1.7432	0.064538	13692691.62	883693.66
SYX	1.7105	0.065771	13692691.62	900577.38



SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

Revisión estructural

- Basados en la revisión del proyecto original y realizando un estudio para conocer, por medio del espectro de sitio, el cortante mínimo para análisis. Se realizó una revisión de la estructura existente con esta restricción de al menos $c=0.15g$.
- Como resultado de la revisión estructural realizada se encontró que las secciones y armados de diferentes elementos no eran suficientes para cumplir con los requisitos de servicio y resistencia, por lo que es necesario reforzar el edificio, sin afectar en la medida de lo posible la arquitectura. La solución consistió en construir muros de concreto en diferentes posiciones y niveles, con lo cual se encontró que no era necesario reforzar las secciones y conexiones existentes.



SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

Revisión estructural

- Se propuso entonces un refuerzo a base de muros de rigidez de concreto reforzado, localizados en los ejes cabeceros de la estructura.
- Se realizó un análisis sísmico dinámico de la estructura en dos direcciones ortogonales. Se consideró el espectro de respuesta de ERN con un coeficiente sísmico $C=0.78$. El factor de comportamiento sísmico se consideró de **$Q=2.0$** en ambos sentidos, debido a la estructuración utilizada a base de marcos rígidos en dos direcciones ortogonales sin requerir comportamiento dúctil, multiplicándose por 0.8 por irregularidad de la estructura. De acuerdo con la interpretación de la Nota 1, relacionada con la definición del cortante sísmico mínimo, se definió un coeficiente sísmico mínimo, ya reducido, de 0.15.

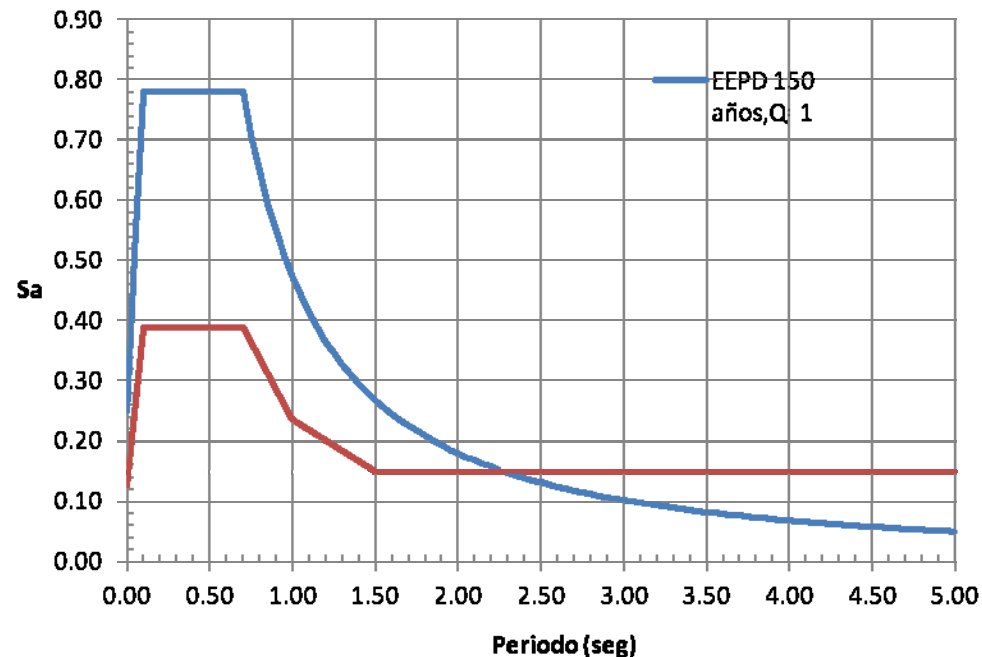


SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

Revisión estructural

- Espectro de sitio original, línea azul, y reducido con un valor de 0.15 como mínimo para cortante basal, línea roja.



SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

Resultados.

- Cortantes dinámicos en la base:

TABLE: Base Reactions								
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m	Ton-m
SDX	LinRespSpec	Max	4347.22	84.5268	24.4386	492.98139	103868.531	95927.8906
SDY	LinRespSpec	Max	69.4795	3958.074	5.4696	96193.0282	123.78248	103751.104

Periodos:

TABLE: Response Spectrum Modal Information											
OutputCase	ModalCase	StepType	StepNum	Period	DampRatio	U1Acc	U2Acc	U3Acc	U1Amp	U2Amp	U3Amp
Text	Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	m/sec2	m/sec2	m/sec2	m	m	m
SDX	RITZMODES	Mode		1.35266	0.05	2.10085	0	0	0.003114	0	0
SDX	RITZMODES	Mode		1.25638	0.05	2.31979	0	0	-0.000893	0	0
SDX	RITZMODES	Mode		1.0932	0.05	2.69085	0	0	-2.688279	0	0

TABLE: Response Spectrum Modal Information											
OutputCase	ModalCase	StepType	StepNum	Period	DampRatio	U1Acc	U2Acc	U3Acc	U1Amp	U2Amp	U3Amp
Text	Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	m/sec2	m/sec2	m/sec2	m	m	m
SDY	RITZMODES	Mode		1.35266	0.05	0	2.10085	0	0	-0.010122	0
SDY	RITZMODES	Mode		1.25638	0.05	0	2.31979	0	0	3.290488	0



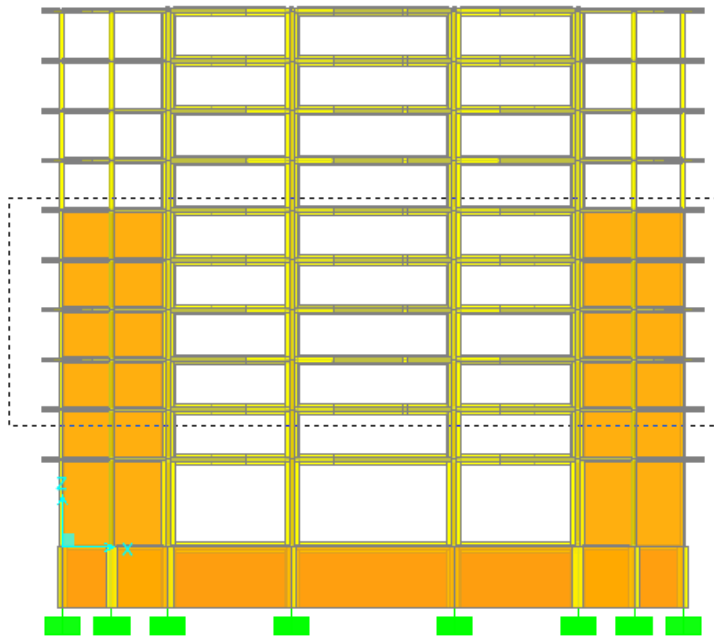
SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

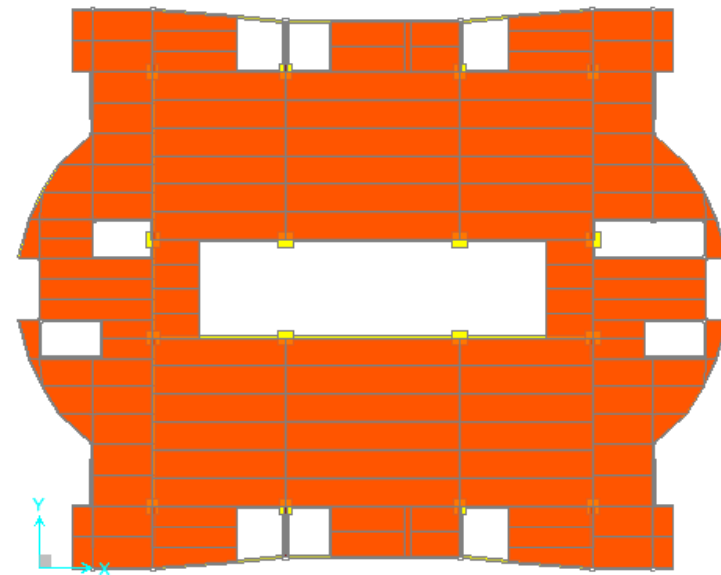
Resultados:

Esquema del refuerzo:

Elevación



Planta

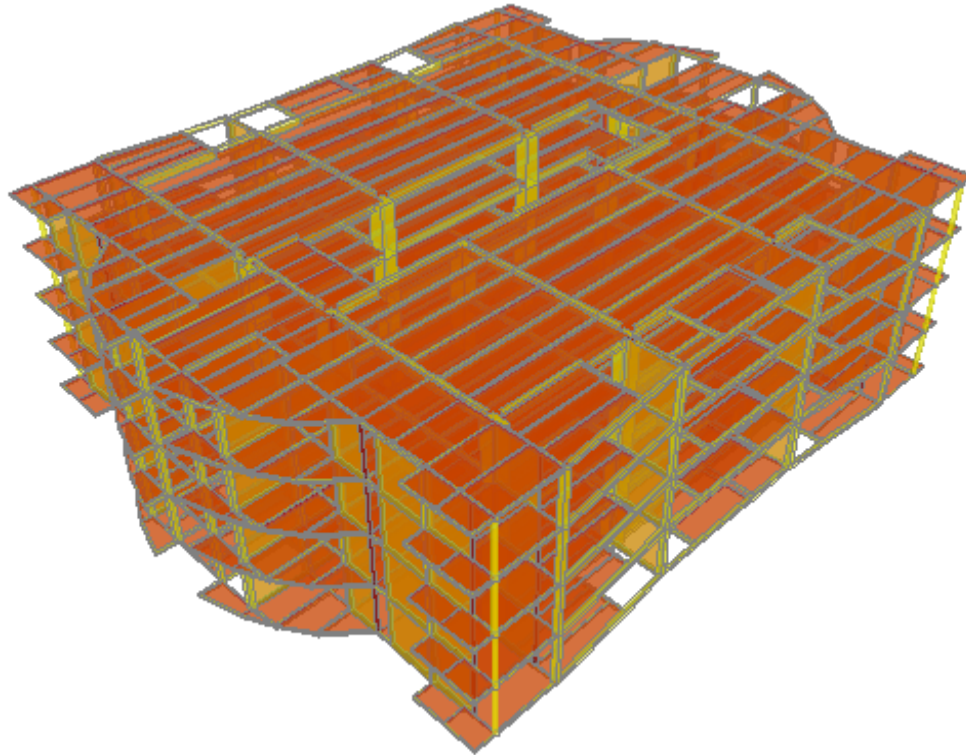


SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

Resultados:

Isométrico, plantas nivel 6 a nivel 9



SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

Conclusiones

- 1.- El proyecto estructural original se basó en una combinación de varios aspectos, que resultaron en una estructura del lado de la inseguridad: a) Utilizar un valor de $Q=4$, sin que se cumplan las condiciones indicadas en las NTC del reglamento del D.F. No se incluyen esas restricciones en el ACI.
- 2.- Se utilizó un espectro de sitio sin considerar restricciones al cortante mínimo. En el reglamento de Guadalajara se incluye el concepto de cortante mínimo, pero por alguna razón se ignoró el concepto.
- 3.- El proyecto reforzado cumple con los criterios filosóficos del reglamento del D.F. Tiene un cortante en la base del orden de 5 veces el del proyecto original.



SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

Conclusiones

NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS 1997

QUADALAJARA

DISEÑO POR SISMO

4. Sistema de Marcos Resistentes a Momento (Sección 3.5.5)	1. Marcos especiales resistentes a momento (SMRF) de acero que satisfacen los requisitos para marcos dúctiles que fijan las normas complementarias correspondientes (AISC) en su capítulo de especificaciones para edificios en zona de alto riesgo sísmico. Ver Nota 2.	4.00	Sin Límite
	2. Marcos especiales resistentes a momento (SMRF) de concreto reforzado que satisfacen los requisitos para marcos dúctiles que fijan las normas complementarias correspondientes (ACI) en su capítulo de especificaciones para edificios en zona de alto riesgo sísmico. Ver Nota 2.	4.00	Sin Límite
	3. Marcos intermedios resistentes a momento (IMRF) de concreto reforzado que satisfacen los requisitos de las normas complementarias correspondientes. Ver Nota 3.	1.33	15
	4. Marcos ordinarios resistentes a momento (OMRF) de acero que satisfacen los requisitos de las normas complementarias correspondientes.	2.00	45



SMIE

Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.

Conclusiones

Nota 1: En cada entrepiso los marcos sin los contravientos deberán ser capaces de resistir cuando menos 25 por ciento de la fuerza sísmica actuante.

Nota 2: Si hay muros ligados a la estructura en la forma especificada en el caso I del Artículo 1646 del Reglamento, éstos se deben tener en cuenta en el análisis, pero su contribución a la capacidad ante fuerzas laterales sólo se tomará en cuenta si estos muros son de piezas macizas, y los marcos, sean o no contraventados, son capaces de resistir al menos 80 por ciento de las fuerzas laterales sin la contribución de los muros de mampostería.

Nota 3: Se usará solo para estructuras desocupadas que no son accesibles al público general.



Conclusiones

5. FACTOR DE COMPORTAMIENTO SÍSMICO

Para el factor de comportamiento sísmico, Q , a que se refiere el Capítulo 4, se adoptarán los valores especificados en alguna de las secciones siguientes, según se cumplan los requisitos en ellas indicados.

5.1 Requisitos para $Q = 4$

Se usará $Q=4$ cuando se cumplan los requisitos siguientes:

- a) La resistencia en todos los entrepisos es suministrada exclusivamente por marcos no contraventeados de acero, concreto reforzado o compuestos de los dos materiales, o bien por marcos contraventeados o con muros de concreto reforzado o de placa de acero o compuestos de los dos materiales, en los que en cada entrepiso los marcos son capaces de resistir, sin contar muros ni contravientos, cuando menos 50 por ciento de la fuerza sísmica actuante.
- b) Si hay muros de mampostería ligados a la estructura en la forma especificada en la sección 1.3.1, éstos se deben considerar en el análisis, pero su contribución a la resistencia ante fuerzas laterales sólo se tomará en cuenta si son de piezas macizas, y los marcos, sean o no contraventeados, y los muros de concreto reforzado, de placa de acero o compuestos de los dos materiales, son capaces de resistir al menos 80 por ciento de las fuerzas laterales totales sin la contribución de los muros de mampostería.
- c) El mínimo cociente de la capacidad resistente de un entrepiso entre la acción de diseño no difiere en más de 35 por ciento del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos. Para verificar el cumplimiento de este requisito, se calculará la capacidad resistente de cada entrepiso teniendo en cuenta todos los elementos que puedan contribuir a la resistencia, en particular los muros que se hallen en el caso de la sección 1.3.1. El último entrepiso queda excluido de este requisito.
- d) Los marcos y muros de concreto reforzado cumplen con los requisitos que fijan las Normas correspondientes para marcos y muros dúctiles.



SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.

Corolario

- A.- Considero necesario uniformizar los criterios generales del análisis sísmico en los diferentes reglamentos.
- B.- La definición de los valores de los factores de comportamiento sísmico y los cortantes mínimos son fundamentales.
- C.- En el reglamento de Guadalajara se hace una mezcla entre los criterios en los EUA y los del reglamento del D.F.
- D.- En el caso específico del edificio que se presentó, a mi juicio, se diseñó un edificio con inseguridad estructural.



SMIE

Sociedad Mexicana de
Ingeniería Estructural, A.C.