DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

1. Introducción y Requisitos Normativos

Los elementos no estructurales son aquellos componentes del edificio que no forman parte del sistema de resistencia a cargas gravitacionales o sísmicas, pero cuyo comportamiento durante un sismo es fundamental para la seguridad de los ocupantes, la protección de la propiedad y la funcionalidad del edificio después del evento. Esto incluye fachadas, muros divisorios, parapetos, ventanas, cielos rasos, sistemas de iluminación y equipos mecánicos y eléctricos.

El diseño de estos elementos y sus anclajes a la estructura principal se rige por el **Título A.9 de la NSR-10**, que busca garantizar que:

1. Los elementos no estructurales no se desprendan y causen daño a personas o bienes.
2. Permitan las deformaciones de la estructura principal sin colapsar.
3. Los equipos esenciales para la operación del edificio permanezcan funcionales.

2. Cálculo de la Fuerza Sísmica de Diseño (Fp)

Según la NSR-10 (A.9.3.1), la fuerza sísmica horizontal total para la cual se debe diseñar un elemento no estructural (Fp) se calcula con la siguiente ecuación:

Fp = (ap * Aa * Ip * Wp) / Rp

Donde:

- **ap (Coeficiente de amplificación dinámica del elemento):** Depende de la rigidez y ubicación del elemento. Varía entre 1.0 y 2.5.
- **Aa (Coeficiente de aceleración pico efectiva):** Representa la amenaza sísmica en el sitio. Para San Andrés, **Aa = 0.10**.
- **Ip (Coeficiente de importancia del elemento):** Depende de la función del elemento. Varía entre 1.0 y 1.5.
- **Wp (Peso del elemento):** El peso operativo del componente.
- **Rp (Coeficiente de capacidad de disipación de energía del elemento):** Representa la capacidad del elemento y sus anclajes para deformarse inelásticamente. Varía entre 1.5 y 8.0.

3. Parámetros de Diseño para Elementos Típicos

Para este proyecto, se han definido los siguientes parámetros según las Tablas A.9.4-1 y A.9.4-2 de la NSR-10:

Elemento No Estructural	ap	Ip	Rp	Fp / Wp (Factor de Carga)
Elementos Arquitectónicos				
- Muros divisorios (mampostería)	1.0	1.0	2.5	**0.040** (4.0% del peso)
- Fachadas y ventanería	1.0	1.5	2.5	**0.060** (6.0% del peso)

Elemento No Estructural	ap	Ip	Rp	Fp / Wp (Factor de Carga)
- Parapetos y antepechos	2.5	1.5	2.5	**0.150** (15% del peso)
- Cielos rasos	1.0	1.0	2.5	**0.040** (4.0% del peso)
Equipos Mecánicos y Eléctricos				
- Unidades de aire acondicionado	1.0	1.5	2.5	**0.060** (6.0% del peso)
- Tuberías y ductos	2.5	1.5	8.0	**0.047** (4.7% del peso)
- Lámparas de iluminación	1.0	1.0	1.5	**0.067** (6.7% del peso)

4. Diseño de Anclajes para Fachadas y Ventanería

4.1. Datos del Elemento

- **Tipo:** Sistema de ventanería de aluminio y vidrio laminado.
- **Peso (Wp):** Se asume un peso promedio de 0.50 kN/m² (50 kg/m²).
- **Dimensiones del módulo:** 2.5 m de ancho x 3.0 m de alto.
- **Peso por módulo:** 0.50 kN/m² × (2.5 m × 3.0 m) = 3.75 kN.
- **Número de anclajes por módulo:** 4 (uno en cada esquina).

4.2 Fuerza Sísmica de Diseño

- **Factor de Carga (Fp/Wp):** 0.060 (6.0% del peso).
- **Fuerza sísmica total por módulo (Fp):** 0.060 × 3.75 kN = 0.225 kN.

Esta fuerza actúa en el centro de gravedad del módulo y debe ser resistida por los 4 anclajes.

- **Fuerza por anclaje (V_anclaje):** 0.225 kN / 4 = 0.056 kN (aproximadamente 5.6 kgf).

4.3 Selección y Verificación del Anclaje

Se seleccionan **pernos de expansión de 1/4" de diámetro** anclados a las vigas y columnas de concreto.

- **Capacidad a cortante del perno (V_n):** 5.8 kN (dato del fabricante).
- **Factor de reducción de resistencia (Φ):** 0.65 (para anclajes en concreto).
- **Capacidad de diseño (ΦVn):** 0.65 × 5.8 kN = 3.77 kN.

Verificación:

- **V_anclaje = 0.056 kN < ΦVn = 3.77 kN → CUMPLE holgadamente.**

Especificación: Se utilizarán pernos de expansión de 1/4" de diámetro, con una profundidad de anclaje mínima de 50 mm, para la fijación de la ventanería a la estructura principal.

5. Diseño de Muros Divisorios de Mampostería

5.1 Requisito de Aislamiento Sísmico

Para evitar que los muros de mampostería no estructural interactúen con la estructura principal y alteren su comportamiento (efecto de "piso blando" o "columna corta"), estos deben estar **aislados sísmicamente**.

- **Junta de Aislamiento:** Se deberá dejar una junta de separación de **2 cm** en todo el perímetro del muro (en los bordes superior y laterales) contra las vigas y columnas. Esta junta se rellenará con un material elástico y compresible (ej. poliestireno expandido de baja densidad) y se sellará con una masilla elastomérica.

5.2 Anclajes de Estabilidad

Aunque los muros están aislados, deben anclarse fuera del plano para evitar su volcamiento.

- **Peso del muro (Wp):** Para un muro de bloque de arcilla de 10 cm, el peso es aprox. 1.8 kN/m².
- **Factor de Carga (Fp/Wp):** 0.040 (4.0% del peso).
- **Fuerza sísmica (Fp):** 0.040 × 1.8 kN/m² = 0.072 kN/m².

Para un muro de 4.0 m de altura, la fuerza por metro lineal en la parte superior es:

- **Fuerza lineal:** 0.072 kN/m² × 4.0 m = 0.288 kN/m.

Especificación del anclaje: Se utilizarán **platinas metálicas flexibles** (tipo "cola de pato") de 1/8" de espesor, ancladas a la viga superior y embebidas en la junta de mortero del muro, con una separación máxima de **80 cm**.

5.3 Diseño de Parapetos y Antepechos

Los parapetos en la cubierta son elementos críticos por su alta amplificación sísmica.

- **Peso del parapeto (Wp):** Para un parapeto de mampostería de 1.2 m de altura, el peso es aprox. 2.16 kN/m.
- **Factor de Carga (Fp/Wp):** 0.150 (15% del peso).
- **Fuerza sísmica (Fp):** 0.150 × 2.16 kN/m = 0.324 kN/m.

Esta fuerza actúa en la parte superior del parapeto.

Especificación: Los parapetos deberán ser construidos como **vigas-muro de concreto reforzado**, anclados monolíticamente a la losa de cubierta. Se diseñarán con un refuerzo horizontal (2 varillas #4) y vertical (varillas #3 @ 20 cm) para resistir la fuerza sísmica calculada.

5.4 Tabla Resumen de Requisitos para Elementos No Estructurales

Elemento	Requisito Principal de Diseño	Especificación Clave
Fachadas y Ventanería	Anclaje para fuerza sísmica del 6% del peso.	Pernos de expansión de 1/4" @ 4 por módulo.
Muros Divisorios	Aislamiento sísmico y anclaje de estabilidad.	Junta perimetral de 2 cm + anclajes flexibles @ 80 cm.

Elemento	Requisito Principal de Diseño	Especificación Clave
Parapetos y Antepechos	Resistencia a fuerza sísmica del 15% del peso.	Construcción como viga-muro de concreto reforzado.
Cielos Rasos	Anclaje para fuerza sísmica del 4% del peso.	Sistema de suspensión con alambre N°12 y anclajes a la losa.
Equipos (Aire Acondicionado)	Anclaje para fuerza sísmica del 6% del peso.	Anclajes a la losa con pernos de expansión de 3/8".
Tuberías y Ductos	Soportes flexibles que permitan el movimiento.	Abrazaderas con neopreno y soportes tipo péndulo.