



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>





PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

PROPUESTA PARA CONSIDERAR LA IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN LA RESISTENCIA LATERAL DE LAS ESTRUCTURAS EN EL PERÚ

Tesis para optar el Título de INGENIERO CIVIL, que presenta el bachiller:

Gonzalo Padilla Quincot

ASESOR: Alejandro Muñoz Peláez

Lima, agosto del 2010

PROPUESTA PARA CONSIDERAR LA IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL EN LA RESISTENCIA LATERAL DE LAS ESTRUCTURAS EN EL PERÚ

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

Bach. Gonzalo Padilla Quincot

RESUMEN

En este trabajo se estudió el factor de reducción de fuerza sísmica **R** y la manera como algunos códigos presentan una metodología simple para fines prácticos de diseño.

Algunas Normas de Diseño Sismorresistente en el mundo modifican el factor **R** de acuerdo al tipo de irregularidad de la estructura y a la existencia de irregularidades múltiples. La Norma Peruana considera el valor de 0.75 para modificar el factor de reducción de fuerza sísmica **R** para todo tipo y nivel de irregularidad estructural (severa o moderada).

En el presente trabajo se desarrolló una propuesta de cálculo para la reducción del factor **R** considerando diferentes tipos y niveles de irregularidad. Se estudiaron 20 edificios irregulares peruanos bajo esta propuesta.

Los valores de reducción del factor **R** propuestos varían entre 0.6 y 0.9 de acuerdo a si las estructuras presentan irregularidad severa o moderada.

El trabajo desarrollado se propone para su inclusión en la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente, actualmente en revisión.

INDICE

1. Introducción	2
2. Fuerza de diseño y reducción de fuerza sísmica	3
2.1 El factor de reducción de fuerzas sísmicas	3
2.2 Componentes del factor de reducción de fuerza sísmica	4
3. Irregularidades en el comportamiento sísmico de edificios	6
3.1 Comportamiento de estructuras irregulares en sismos importantes	6
3.2 Confiabilidad, desempeño y factor R	7
4. Factor R e irregularidades en las normas de diseño sismorresistente	7
4.1 Factor R en la actual norma peruana	8
4.2 R en la norma colombiana	8
4.3 Código japonés	9
4.4 Código mexicano	10
5. Propuesta para considerar las irregularidades en el factor R	11
5.1 Factor de reducción básico R_o	11
5.2 Tipos de irregularidad	12
5.3 Factores de reducción por irregularidad	16
5.4 Edificios estudiados	18
5.5 Análisis y comparación de resultados	45
6. Resumen de cálculo de irregularidades en planta	49
7. Resumen de tipos de irregularidades según la norma colombiana	52
8. Conclusiones y recomendaciones	56
Referencias	58

1. Introducción

Es baja la probabilidad de que una estructura sea sometida a un sismo severo durante su vida útil. Por esta razón, se acepta cierto nivel de daño ante estos eventos y se permite diseñar las estructuras con fuerzas menores asociadas con la respuesta elástica, con el fin de asegurar que el daño estructural no comprometa la estabilidad general y el soporte de las cargas de gravedad.

Las normas de diseño sismorresistente prescriben las fuerzas de diseño dividiendo la demanda elástica por factores de reducción **R**. Para las estructuras irregulares algunas normas establecen factores de reducción menores con el fin de incrementar su resistencia y de alguna manera, hacer su desempeño comparable al de las estructuras regulares.

La reducción del factor **R** se maneja en las Normas mediante factores que disminuyen los valores dados para las estructuras regulares. Generalmente, este factor de reducción depende del nivel de irregularidad estructural. La Norma Peruana prescribe 0.75 para cualquier tipo y nivel de estructura irregular.

En este trabajo se estudia la manera como otros códigos reducen el factor de reducción **R** y se desarrolla una propuesta para considerar valores de reducción de acuerdo al tipo y nivel de irregularidad.

En el capítulo 2, se estudia la composición del factor **R** en términos de las características estructurales.

En el capítulo 3, se estudia la influencia de las irregularidades en el comportamiento de las estructuras durante terremotos importantes y se comenta sobre la confiabilidad de los procedimientos de diseño para este tipo de estructuras.

El manejo que tienen las normas de diseño del factor **R** en relación a las irregularidades estructurales, se explica en el capítulo 4.

En el capítulo 5 se desarrolla la propuesta para la reducción de **R** en función de la irregularidad estructural. Los resultados obtenidos se comparan con los obtenidos con la aplicación de la norma actual.

Los capítulos 6 y 7 son referencias del cálculo de irregularidades en planta en esta propuesta y como son considerados los tipos de irregularidad según la norma colombiana.

Las conclusiones y recomendaciones se presentan en el capítulo 6.

2. Fuerzas de diseño y reducción de fuerza sísmica

La resistencia ante fuerzas laterales de las edificaciones es uno de los factores que más influye en el comportamiento que estas puedan tener durante los sismos.

En forma general, podemos relacionar esta resistencia con la ductilidad, la sobrerresistencia y la redundancia.

2.1. El factor de reducción de fuerzas sísmicas

Las normas de diseño sismorresistente establecen la resistencia sísmica mínima, V , como una fracción de las sollicitaciones sísmicas que se presentarían en una estructura elástica perfecta, $V_{\text{máx ela}}$.

La reducción se da por medio de un factor, R , por el cual se divide la demanda elástica. Es decir:

$$V = V_{\text{diseño}} = V_{\text{máx ela}} / R$$

La figura 1 muestra la curva de capacidad de una estructura junto con la demanda elástica y esquematiza cómo se obtiene la fuerza cortante de diseño mediante la reducción de la fuerza cortante máxima elástica. Se muestra también la fuerza cortante máxima que puede desarrollar la estructura, $V_{\text{máx}}$ y los valores del desplazamiento y fuerza que inician el daño estructural (X_1, V_1).

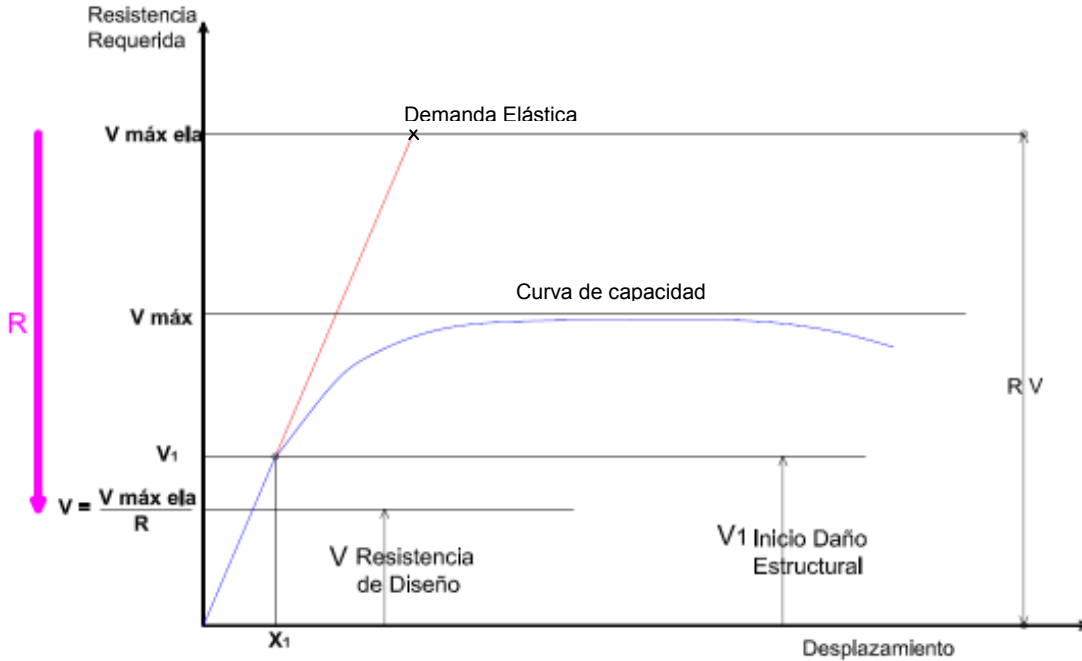


Figura 1: Resistencia Requerida vs Desplazamiento

En el valor de la reducción de la fuerza sísmica intervienen la sobrerresistencia, la ductilidad y la redundancia estructural, de manera tal que el factor de reducción final, R , se expresa como el producto de tres factores:

$$R = R_s R_u R_R$$

R_s representa el factor de reducción debido a la sobrerresistencia estructural, R_u representa la reducción que se puede usar debido a la ductilidad estructural y R_R pretende tomar en cuenta la redundancia del sistema.

Cada uno de las componentes del factor R se estudia a continuación.

2.2. Componentes del factor de reducción de fuerza sísmica.

Las estructuras en general pueden resistir acciones laterales mayores a las empleadas en el diseño. Esto se debe, entre otras cosas, a los métodos de diseño a la rotura, a consideraciones de valores mínimos (dimensiones, armadura, etc.) y a la mayor resistencia de los materiales componentes en relación a los valores nominales empleados para el diseño.

En algunas ocasiones la geometría o detalles de la estructura indicarán dimensiones más grandes que las realmente necesarias. En otras, las condiciones de diseño están relacionadas con los parámetros de desplazamientos, los cuales también exigirán dimensiones mayores. Esta sobrecapacidad o sobrerresistencia normalmente no será necesaria para cargas de gravedad, sino durante un sismo o evento extremo.

Si la resistencia de diseño de una estructura se representa por V y la fuerza que inicia el daño por V_1 , entonces el factor de sobrerresistencia, R_s , se define como:

$$R_s = V_1 / V$$

Un sistema estructural redundante está compuesto por múltiples sistemas individuales que progresivamente ingresan en el rango inelástico de manera tal que las estructuras pueden recibir una fuerza lateral aún mayor, $V_{\text{máx}}$, que la que inicio el daño. Esto permite definir el factor de redundancia, R_R como

$$R_R = V_{\text{máx}} / V_1$$

Dada la baja probabilidad de que las estructuras enfrenten un sismo severo durante su vida útil, se acepta que la resistencia lateral, $V_{\text{máx}}$, sea una fracción de la demanda máxima elástica. Mientras mayor es la ductilidad que puede desarrollar una estructura, la resistencia lateral puede ser menor. El cociente entre la demanda máxima elástica, $V_{\text{máx el}}$, y la resistencia lateral necesaria para controlar las demandas de ductilidad se refiere como el factor de ductilidad R_u es decir:

$$R_u = V_{\text{máx el}} / V_{\text{máx}}$$

3. Irregularidades en el comportamiento sísmico de edificios

3.1 Comportamiento de estructuras irregulares en sismos importantes

Se ha observado que durante terremotos importantes las edificaciones regulares tienen un marcado mejor comportamiento que las estructuras irregulares; y su desempeño suele ser mejor que las predicciones numéricas. Mediante la comparación entre edificios regulares e irregulares afectados por sismos severos se confirma esta afirmación.

En contraste, los edificios irregulares suelen tener un desempeño por debajo del esperado y el colapso de un gran número de edificios en el mundo se atribuye a irregularidades en su forma estructural. La figura 2 muestra un edificio con daño severo debido a una irregularidad de piso blando.

Las irregularidades estructurales traen consigo la concentración de deformaciones y fuerzas internas y por tanto, daño concentrado y agotamiento del comportamiento inelástico. Cuando el daño es severo en elementos encargados de la estabilidad del edificio se suelen producir colapsos parciales o totales.



Fuente: NISEE, University of California, Berkeley

Figura 2: Falla por piso blando en columnas de grandes dimensiones

3.2. Confiabilidad, desempeño y factor R

Dada la naturaleza compleja de los fenómenos involucrados en la respuesta estructural, resulta muy complicado tratar de anticipar el comportamiento de las edificaciones durante movimientos sísmicos. Los cálculos que se hacen para anticipar el comportamiento de las edificaciones en sismos severos suele ser de reducida confiabilidad debido, entre otras razones, a la naturaleza aleatoria del movimiento y a las características dinámicas cambiantes de la estructura misma. Si ya de por si el nivel de confiabilidad es reducido, para las estructuras irregulares los resultados de los cálculos pueden ser de una confiabilidad realmente pequeña.

El comportamiento de las estructuras irregulares es difícil de predecir y por tanto los métodos de diseño resultan de reducida confiabilidad, razón por la cual se opta por aumentar las fuerzas de diseño. Esto se logra usando un factor de reducción menor de fuerza sísmica R.

4. Factor R e Irregularidades en las Normas de Diseño Sismorresistente

Para incrementar la resistencia de las estructuras irregulares, algunas normas establecen incrementos directos en las sollicitaciones sísmicas (México, Japón) y otras establecen reducciones para los valores de **R** (Perú, Colombia).

Algunos códigos, establecen la reducción del factor R en función del tipo de irregularidad estructural, en cambio el código peruano establece una reducción única para todo tipo de irregularidad.

A continuación se explica cómo es manejada la reducción del factor R en las normas de diseño sismo resistente de 4 países en el cinturón circunpacífico.

4.1. Factor R en la actual norma peruana

En la norma peruana, el factor de reducción R, depende solo del material y el sistema estructural.

El factor R es un valor único para cada sistema estructural que se obtiene directamente de tablas y se basa en la experiencia local de diseño de los diversos tipos de estructuras.

Cuando las estructuras presentan irregularidades, los valores de R son afectados por 0.75. De esta forma se obtienen fuerzas de diseño 33% mayores a las obtenidas para las estructuras regulares cumpliendo con el objetivo de incrementar la resistencia de diseño ante todo tipo de irregularidad.

4.2. R en la norma Colombiana

La norma colombiana establece tipos de sistema estructural sismorresistente, a cada uno de los cuales asocia un factor de reducción básico denominado R_0 . El factor de reducción final, R, se obtiene afectando R_0 de coeficientes de reducción de acuerdo al tipo de irregularidad estructural:

$$R = \Phi_a \Phi_p \Phi_r R_0,$$

donde Φ_a es el coeficiente debido a irregularidades en altura, Φ_p en planta y Φ_r por ausencia de redundancia.

Cuando una edificación tiene varios tipos de irregularidades en planta simultáneamente, la norma indica usar el menor valor de Φ_p , lo mismo sucede para el caso de irregularidades en altura y ausencia de redundancia.

En el capítulo 7 se muestran las irregularidades y los valores de Φ_a y Φ_p asociados según esta norma, los cuales utilicé como referencia en este trabajo.

4.3. Código Japonés

El código japonés consta de dos niveles de cálculo para el diseño sísmico de edificios.

En el nivel 1, se establece el coeficiente de diseño sísmico, C , como el producto de 4 variables:

$$C = Z \times R_t \times A_i \times C_o$$

La variable Z representa el factor de zonificación sísmica, R_t es el valor espectral, el cual varía según el tipo de suelo, A_i depende de la distribución vertical de fuerzas sísmicas en la estructura y C_o representa la aceleración pico del suelo.

La fuerza cortante (Q) es calculada como el valor de C por el peso encima del piso en cuestión (W).

$$Q = C \times W$$

En el nivel 2, la demanda sísmica (fuerzas de diseño) Q_u se halla haciendo un análisis plástico de la estructura y la resistencia debe satisfacer la siguiente ecuación:

$$Q_u = D_s \times F_{es} \times Q_{ud}$$

Donde Q_{ud} es el cortante lateral para sismos severos, D_s es el factor de reducción por ductilidad y F_{es} es el factor de regularidad. D_s varía entre 0.25 y 0.55.

F_{es} es una medida de la regularidad de la estructura y se calcula como

$$F_{es} = F_e \times F_s$$

Donde F_e es una medida de las irregularidades en planta y F_s mide la uniformidad en la rigidez lateral en la altura del edificio. El producto de estos valores está en el rango de entre 1 para edificios regulares y 1.5 para los que presentan alto grado de irregularidad.

4.4. Código Mexicano

Este código usa un factor de reducción de fuerza sísmica (Q') de la demanda espectral elástica para llegar al nivel de diseño por resistencia. Este factor depende del periodo característico de la estructura (T) y del periodo representativo del suelo (T_a) y se calcula como:

Para $T < T_a$:

$$Q' = 1 + (T / T_a) \times (Q - 1)$$

Para $T \geq T_a$:

$$Q' = Q$$

Q es el factor de comportamiento estructural, el cual depende del material, resistencia y regularidad en la rigidez lateral. Los valores de Q están entre 1 y 4.

Cuando la estructura presenta irregularidades leves, el valor de Q' se multiplica por 0.9. Cuando se presentan irregularidades leves en forma simultánea, el valor de Q' se multiplica por 0.8. Finalmente, si la estructura presenta irregularidades graves, como irregularidad torsional y piso blando, el valor de Q' se multiplica por 0.7.

5. Propuesta para considerar las irregularidades en el factor R de la norma peruana

Para desarrollar esta propuesta se empleó el documento “Minimum Design Loads for Buildings and other Structures” del ASCE, junto a la norma colombiana del 2009 por su sencillez y cercanía a nuestra realidad.

Para reducir las fuerzas sísmicas se propone un factor de reducción final de diseño, R_p , que se obtiene como el producto de un factor de reducción básico, asociado a una estructura regular, R_o y un factor de irregularidad, Φ_d . para reducir el factor R_o por irregularidades.

$$R_p = R_o \times \Phi_d$$

A continuación se presentan los valores del factor de reducción básico, R_o , la propuesta de clasificación de irregularidades y los factores de reducción asociados.

5.1. Factor de reducción básico R_o

El factor R_o se tomó de la actual norma peruana de diseño sismo resistente para edificios irregulares. La tabla 1 muestra estos valores.

Tabla 1: Valores de R_o de acuerdo al tipo de estructura y material (Norma E.030)

Sistema Estructural	R_o
Pórtico de acero	9.5
Otras estructuras de acero	6.5 – 6
Pórtico de concreto	8
Dual	7
Muros estructurales (placas)	6
Muros de ductilidad Limitada	4
Muros de albañilería	3
Estructuras de madera	7

5.2. Tipos de irregularidad

Se propone clasificar los tipos de irregularidad en dos grupos: irregularidades en altura y en planta. El análisis debe hacerse por separado debido a que pueden existir estructuras irregulares en planta pero que presentan la misma configuración de esta en toda su altura, clasificándose como regulares y viceversa.

La tabla 2 presenta las irregularidades en altura. La manera de identificar estas irregularidades se tomó casi directamente de la actual norma peruana de diseño sismorresistente por su sencillez y facilidad de aplicación.

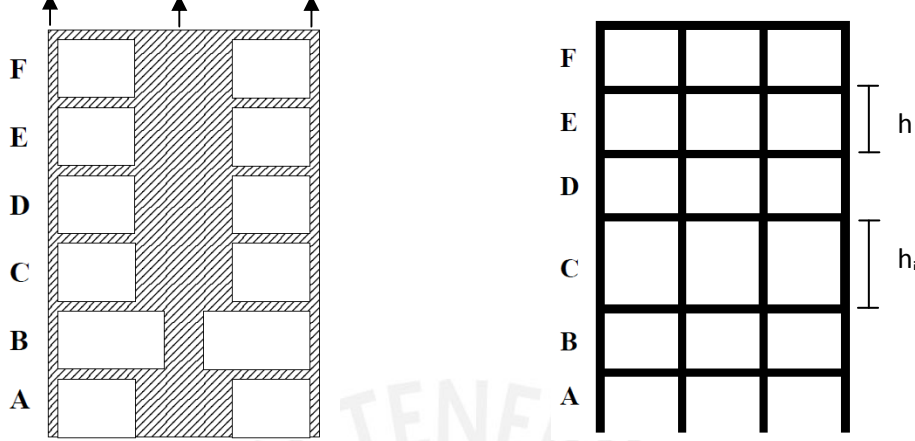
Tabla 2: Tipos de irregularidad en altura

Irregularidades en Altura
Tipo de Irregularidad
<p><u>Piso Blando:</u> En cada dirección la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos verticales resistentes al corte en un entrepiso (columnas y muros), es menor que 85 % de la correspondiente suma para el entrepiso superior, o es menor que 90 % del promedio para los 3 pisos superiores. No es aplicable en sótanos. Para pisos de altura diferente multiplicar los valores anteriores por (h_i/h_d) donde h_d es altura diferente de piso y h_i es la altura típica de piso.</p>
<p><u>Irregularidad de masas:</u> Se considera que existe irregularidad de masa, cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa de un piso adyacente (1.5 veces). No es aplicable en azoteas. Se requiere hacer análisis dinámico.</p>
<p><u>Irregularidad Geométrica:</u> Ocurre cuando la dimensión horizontal es mayor en 30% que la misma dimensión pero en el piso contiguo.</p>
<p><u>Desplazamiento del plano vertical:</u> Ocurre cuando existe discontinuidad en la transmisión de fuerzas verticales en la estructura.</p>

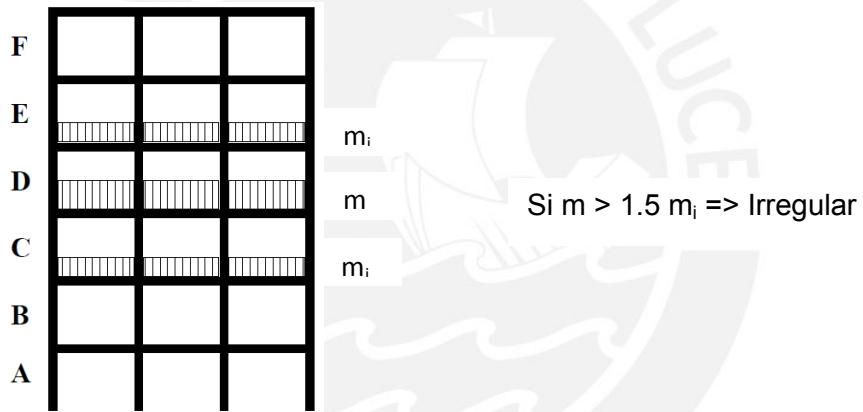
A continuación se presentan figuras ilustrativas para la identificación y el cálculo de dichas irregularidades.

Piso Blando:

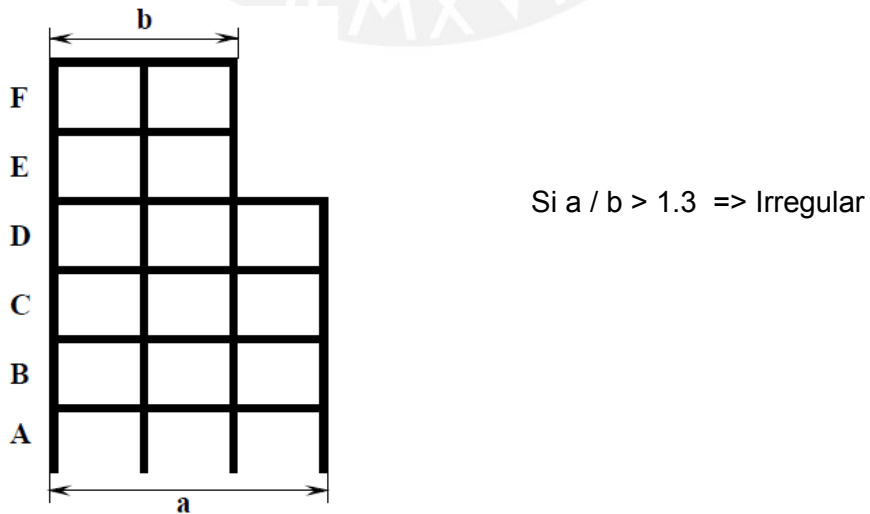
Secciones resistentes al corte



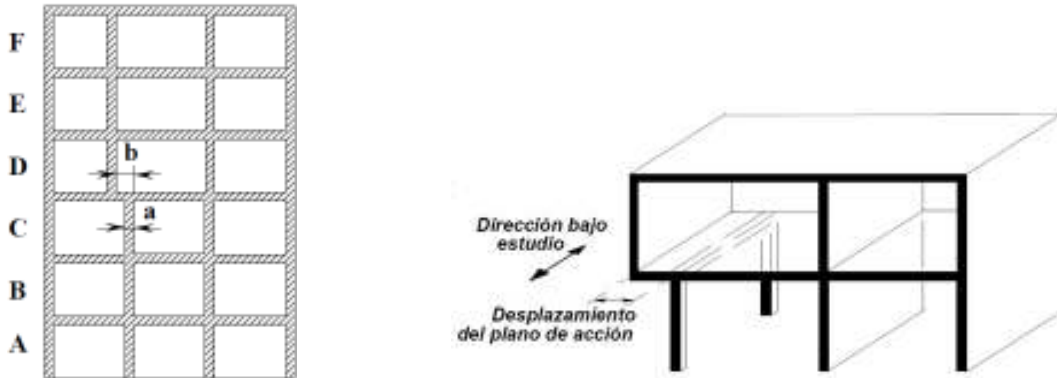
Irregularidad de masas:



Irregularidad geométrica:



Desplazamiento del plano vertical:



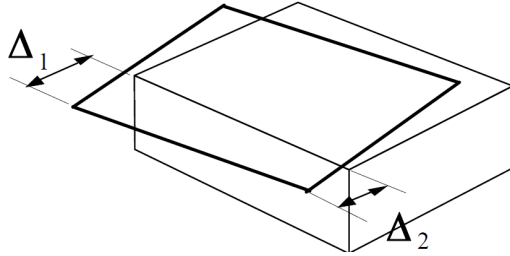
Las irregularidades en planta se presentan en la tabla 3. Estas fueron adaptadas de la propuesta del documento “Minimum Design Loads for Buildings and other Structures” del ASCE y de las actuales normas de diseño sismorresistente peruana y colombiana.

Tabla 3: Tipos de irregularidad en planta

Irregularidades en Planta	
Tipo de Irregularidad	
Irregularidad Torsional :	Ocurre cuando en una estructura con diafragma rígido la máxima deriva de piso de un extremo de esta es mayor que 1.3 veces la deriva promedio de los dos extremos de la estructura. En estos casos, la distribución irregular de rigidez en la estructura, ocasiona una gran diferencia entre la ubicación del centro de gravedad y el centro de masa provocando fuerzas torsionales de gran intensidad.
Esquinas Entrantes:	Ocurre cuando existen retrocesos excesivos en las esquinas de la estructura. Si las esquinas penetran más del 15% de la longitud total de la planta en la misma dirección entonces se consideran esquinas entrantes.
Discontinuidades en el Diafragma:	Ocurre cuando el diafragma tiene discontinuidades apreciables o variaciones en su rigidez. Esto es causado por aberturas, retrocesos o huecos mayores al 30% del área bruta del diafragma.
Sistemas no paralelos:	Ocurre cuando la estructura presenta formas diferentes a la cuadrada o rectangular. Planos de acción no paralelas entre sí.

A continuación se presentan figuras ilustrativas para el cálculo de dichas irregularidades

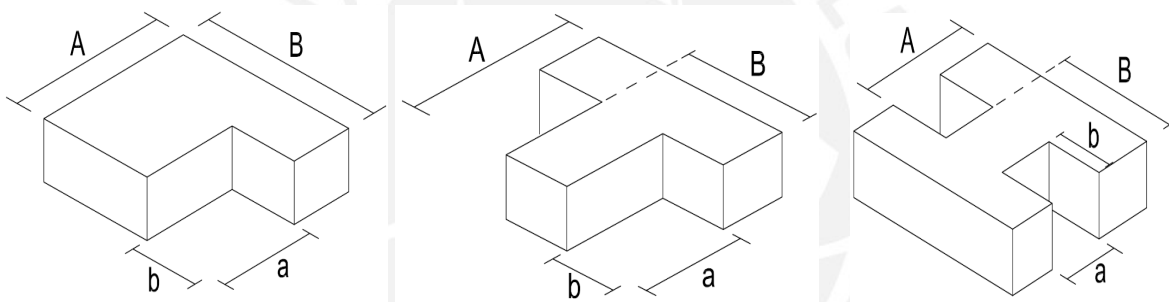
Irregularidad torsional:



Si $\Delta_{\text{máx}} \geq 1.3 \Delta_{\text{prom}} \Rightarrow$ Irregular

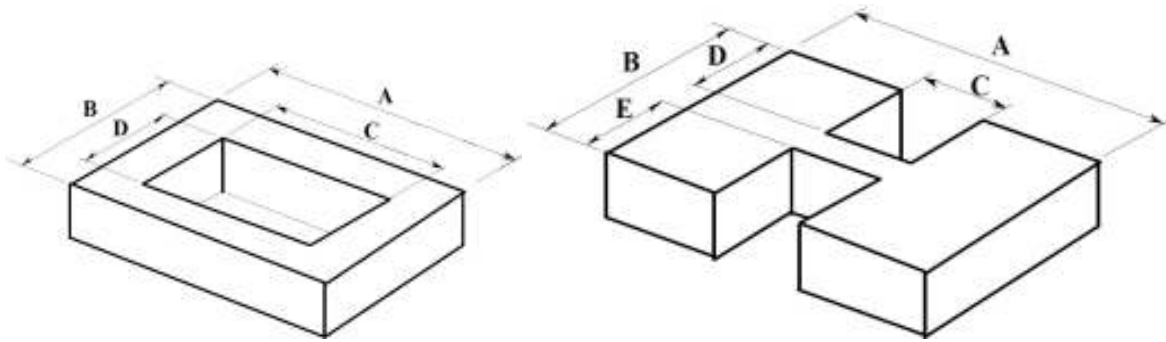
Donde $\Delta_{\text{prom}} = (\Delta_1 + \Delta_2) / 2$ y $\Delta_{\text{máx}} = \Delta_1$

Esquinas entrantes:



Si $a/A \geq 0.15$ y $b/B \geq 0.15 \Rightarrow$ Irregular

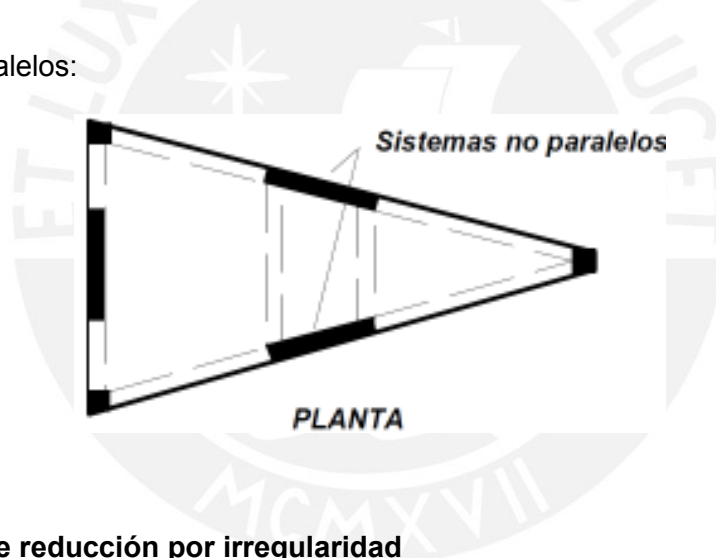
Discontinuidades en el diafragma:



Si $A_{\text{huecos}} / A_{\text{bruta}} \geq 0.30 \Rightarrow$ Irregular

Donde $A_{\text{huecos}} = D \times C$ ó $(C \times D + C \times E)$ y $A_{\text{bruta}} = A \times B$

Sistemas no paralelos:



5.3. Factores de reducción por irregularidad

Se propone determinar el factor de irregularidad Φ_d como el producto de dos factores, el primero correspondiente a las irregularidades en altura (Φ_a) y el segundo a las irregularidades en planta (Φ_p):

$$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p$$

Cabe resaltar que tanto en la norma colombiana como en esta propuesta los valores de Φ son dados por consenso. En los documentos revisados no se menciona una metodología para el cálculo de dichos valores.

Los valores propuestos para Φ_a y Φ_p según el tipo de irregularidad se muestran en las tablas 4 y 5.

Tabla 4: Valores sugeridos para factores de modificación en altura

Irregularidades en Altura	
Tipo de Irregularidad	Φ_a
Piso Blando	0.7
Irregularidad de masas	0.9
Irregularidad Geométrica	0.9
Desplazamiento del plano vertical	0.75

Tabla 5: Valores sugeridos para factores de modificación en planta

Irregularidades en Planta	
Tipo de Irregularidad	Φ_p
Irregularidad Torsional	0.85
Esquinas Entrantes	0.9
Discontinuidades en el Diafragma	0.9
Sistemas no paralelos	0.9

Los valores mostrados no han sido calibrados. Los he tomado de acuerdo a las referencias de otros códigos y luego de discusiones con los asesores participantes en este trabajo.

5.4. Edificios estudiados.

Se estudiaron 20 edificios, para cada uno de los cuales se determinó el factor de reducción siguiendo esta propuesta; los valores obtenidos se comparan con los resultados de usar la actual norma peruana de diseño sismorresistente.

El procedimiento de cálculo y tablas de resultados de las irregularidades en planta se muestran en el capítulo 6.

A continuación se muestran 4 ejemplos en los que se detalla el procedimiento seguido. En cada caso se presenta una hoja resumen donde se muestra la planta típica y elevación del edificio como referencia, así como información del número de pisos, sótanos, sistema estructural en cada dirección y área típica. El análisis de los edificios se hizo tomando mediciones de los planos y utilizando programas auxiliares de cálculo estructural. Dichas mediciones no se muestran en las tablas resumen por razones de espacio. Lo que debe rescatarse son los resultados y la aplicación de los factores Φ para el cálculo del factor de reducción.

Ejemplo 1.

Se trata de un edificio de concreto armado de 6 pisos. En ambas direcciones se considera un sistema estructural dual, $R_o = 7$.

Como no presenta irregularidades en altura, usamos $\Phi_a = 1$.

El edificio presenta 3 irregularidades en planta: Irregularidad Torsional, Esquinas Entrantes y Sistemas no Paralelos (ver capítulo 6). Estas irregularidades corresponden a valores Φ_p de 0.85, 0.9 y 0.9. Por tanto tendremos que $\Phi_p = 0.85$ (el menor valor).

Luego $\Phi_d = 1 \times 0.85 = 0.85$

Usando este valor de Φ_d junto a los valores de R_o para cada dirección tendremos:

$$\text{Para XX: } R_p = \Phi_d \times R_o = 0.85 \times 7 = 6$$

$$\text{Para YY: } R_p = 0.85 \times 7 = 6$$

Los valores correspondientes según la actual norma peruana de diseño sismorresistente son:

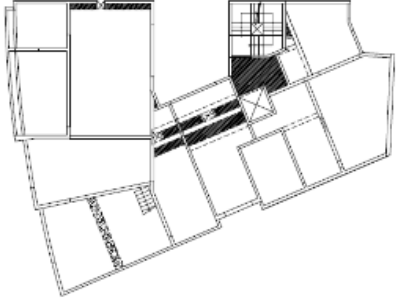
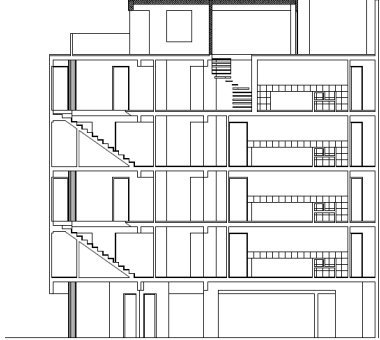
$$\text{Para XX: } R = 0.75 \times R_o = 5.3$$

$$\text{Para YY: } R = 0.75 \times R_o = 5.3$$

En este ejemplo se obtuvieron con la propuesta factores de reducción mayores a los de la norma actual.

Las fuerzas de diseño resultaron 11.8% menores a las obtenidas con la norma actual.

A continuación se presenta la hoja resumen.

			
Planta		Elevación	
Características Arquitectónicas: N° pisos: 6 N° sótanos: 0 Area Típica: 283 m ²		Características Estructurales: XX: Sistema Dual - Ro = 7 YY: Sistema Dual - Ro = 7	
Φa : Irregularidad en Altura No Presenta			
			Φa = 1
Φp : Irregularidad en Planta Irregularidad Torsional $\Delta_{\text{máx}}/\Delta_{\text{prom}} = 1.61 > 1.3 \Rightarrow \Phi_p = 0.85$ Esquinas entrantes $a/A=0.34 \geq 0.15, b/B=0.36 \geq 0.15 \Rightarrow \Phi_p = 0.9$ Sistemas no paralelos $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$			
			Φp = 0.85
Factor de reducción por irregularidad: $\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.85 = 0.85$			
			Φd = 0.85
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	$R = 0.75 \times R_o$	R = 5.25	R = 5.25
Propuesto	$R_p = \Phi_d \times R_o$	Rp = 5.95	Rp = 5.95

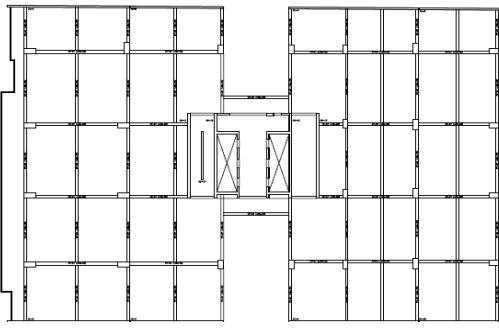
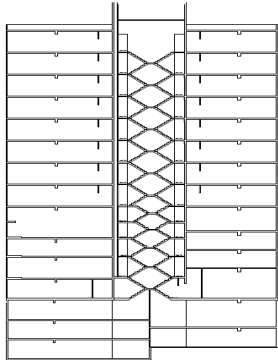
Ejemplo 2.

En este caso, se trata de una estructura de 12 pisos y 3 sótanos. El sistema estructural es de placas o muros estructurales ($R_o = 6$).

El edificio no presenta irregularidades en altura y solo presenta un tipo de irregularidad en planta: Esquinas Entrantes. Por lo tanto $\Phi_a = 1$ y $\Phi_p = 0.9$.

Obtenemos un $\Phi_d = 0.9$. Esto lleva a un valor de R mayor y a fuerzas de diseño 16.67% menores a las obtenidas con la norma actual.

A continuación se presenta la hoja resumen.

 <p>Planta</p>		 <p>Elevación</p>	
<p>Características Arquitectónicas: N° pisos: 12 N° sótanos: 3 Área Típica: 1800 m²</p>		<p>Características Estructurales: XX: Sistema de Placas - $R_o = 6$ YY: Sistema de Placas - $R_o = 6$</p>	
<p>Φ_a : Irregularidad en Altura</p> <p style="text-align: center;">No Presenta</p>			
<p>$\Phi_a = 1$</p>			
<p>Φ_p : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes $a/A=0.23 \geq 0.15$, $b/B=0.34 \geq 0.15$ $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$</p>			
<p>$\Phi_p = 0.9$</p>			
<p>Factor de reducción por irregularidad:</p> <p style="text-align: center;">$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$</p>			
<p>$\Phi_d = 0.9$</p>			
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	$R = 0.75 \times R_o$	R= 4.5	R= 4.5
Propuesto	$R_p = \Phi_d \times R_o$	R_p = 5.4	R_p = 5.4

Comentario:

En este ejemplo observamos una evidente irregularidad por discontinuidad en el diafragma. Sin embargo, según los resultados, la estructura no la presenta debido a que el área de los huecos no llega a ser el 30% del área bruta. No se considera que el cortante deberá ser transmitido por la zona central, provocando esfuerzos concentrados elevados. En este caso, utilizar el valor de 0.75 de la actual norma peruana como valor único es un mejor criterio.

Ejemplo 3.

Se trata de un edificio de 20 pisos y 3 sótanos. El sistema estructural considerado es de pórticos en ambas direcciones ($R_o = 8$).

En este caso, la estructura solo presenta la irregularidad en planta llamada Sistemas no Paralelos.

Nuevamente, obtenemos un factor de reducción de diseño mayor al convencional, resultando fuerzas de diseño 16.67% menores.

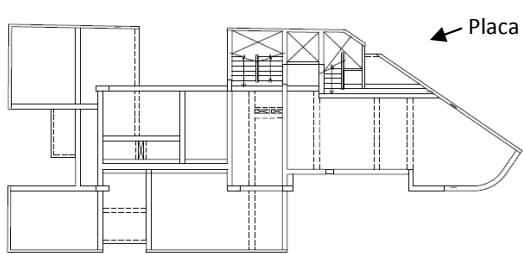
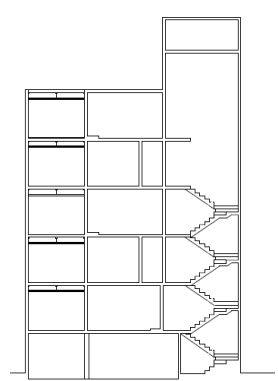
A continuación se presenta la hoja resumen.

Ejemplo 4.

Se trata de un edificio de 6 pisos. El sistema estructural considerado es Dual en ambas direcciones ($R_o = 7$).

La estructura no presenta irregularidades en altura obteniendo un valor de $\Phi_a = 1$. En planta presenta Irregularidad Torsional, Esquinas Entrantes y Sistemas no Paralelos (por presentar una placa diagonalmente), obteniendo un $\Phi_p = 0.85$. Finalmente obtenemos un $\Phi_d = 1 \times 0.85 = 0.85$.



Las fuerzas de diseño resultaron 11.8% menores a lo que se obtiene al aplicar la norma actual.

			
<p align="center">Planta</p>		<p align="center">Elevación</p>	
<p>Características Arquitectónicas: N° pisos: 6 N° sótanos: 0 Area Típica: 200 m²</p>		<p>Características Estructurales: XX: Sistema de Dual - $R_o = 7$ YY: Sistema Dual - $R_o = 7$</p>	
<p>Φ_a : Irregularidad en Altura</p> <p align="center">No Presenta</p>			
<p>$\Phi_a = 1$</p>			
<p>Φ_p : Irregularidad en Planta</p> <p>Irregularidad Torsional $\Delta_{\text{máx}}/\Delta_{\text{prom}} = 1.39 > 1.3 \Rightarrow \Phi_p = 0.85$ Esquinas entrantes $a/A=0.46 \geq 0.15, b/B=0.35 \geq 0.15 \Rightarrow \Phi_p = 0.9$ Sistemas no paralelos $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$</p>			
<p>$\Phi_p = 0.85$</p>			
<p>Factor de reducción por irregularidad:</p> <p align="center">$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.85 = 0.85$</p>			
<p>$\Phi_d = 0.85$</p>			
<p>Factor R de diseño:</p>		<p>Dirección X:</p>	<p>Dirección Y:</p>
Actual	$R = 0.75 \times R_o$	R= 5.25	R= 5.25
Propuesto	$R_p = \Phi_d \times R_o$	R_p= 5.95	R_p= 5.95

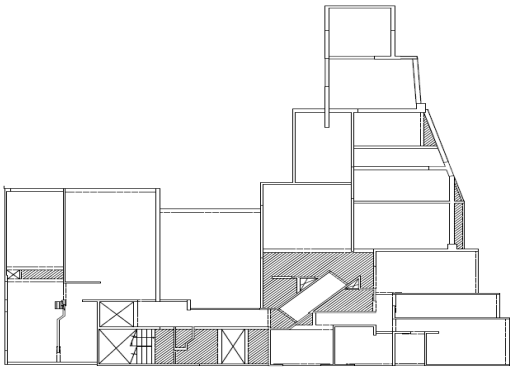
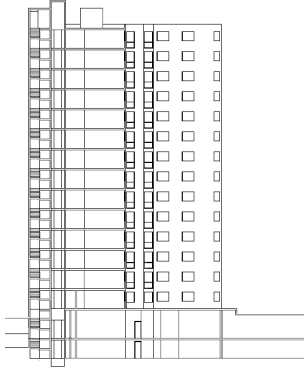
A continuación se muestra las hojas resumen de los 20 edificios estudiados bajo esta propuesta los cuales siguieron el método explicado anteriormente. Todos son estructuras irregulares de concreto armado.

Nuevamente, cabe resaltar que las figuras de planta y elevación presentadas en las tablas resumen son referenciales y no muestran las dimensiones con las que se realizó el cálculo de las irregularidades. Dichos cálculos se hicieron en los planos y utilizando programas auxiliares de cálculo estructural.

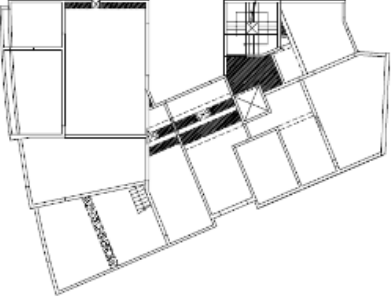
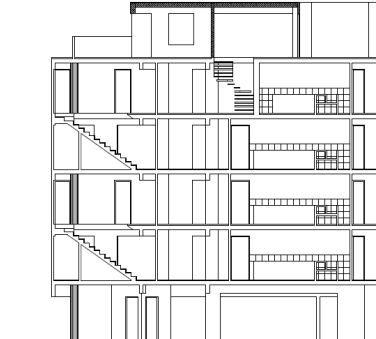
E-1:

 <p>Planta</p>		 <p>Elevación</p>	
<p>Características Arquitectónicas: N° pisos: 15 N° sótanos: 2 Area piso Típica: 537 m²</p>		<p>Características Estructurales: XX: Sistema de Pórticos - Ro = 6 YY: Sistema Dual - Ro = 6</p>	
<p>Φa : Irregularidad en Altura</p> <p style="text-align: center;">No Presenta</p> <p style="text-align: right;">Φa = 1</p>			
<p>Φp : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes</p>		<p style="text-align: center;">$a/A=0.48 \geq 0.15$, $b/B=0.55 \geq 0.15$ $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$</p> <p style="text-align: right;">Φp = 0.9</p>	
<p>Factor de reducción por irregularidad:</p> <p style="text-align: center;">$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$</p> <p style="text-align: right;">Φd = 0.9</p>			
<p>Factor R de diseño:</p>		<p>Dirección X:</p>	<p>Dirección Y:</p>
Actual	R = 0.75xRo	R= 4.5	R= 4.5
Propuesto	Rp = Φd x Ro	Rp= 5.4	Rp= 5.4

E-2:

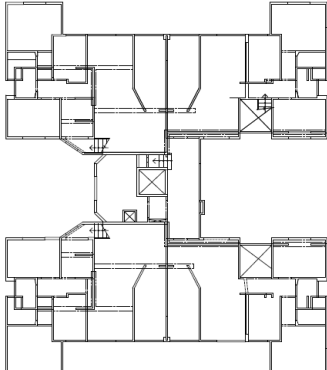
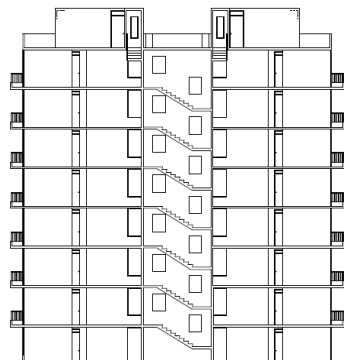
 <p>Planta</p>		 <p>Elevación</p>	
<p>Características Arquitectónicas: N° pisos: 15 N° sótanos: 2 Área Típica: 401 m²</p>		<p>Características Estructurales: XX: Sistema de Pórticos - R_o = 6 YY: Sistema Dual - R_o = 6</p>	
<p>Φ_a : Irregularidad en Altura</p> <p style="text-align: center;">No Presenta</p> <p style="text-align: right;">Φ_a = 1</p>			
<p>Φ_p : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes a/A=0.64 >=0.15 , b/B=0.56 >=0.15 => Φ_p = 0.9</p> <p style="text-align: right;">Φ_p = 0.9</p>			
<p>Factor de reducción por irregularidad:</p> <p style="text-align: center;">Φ_d = Φ_a x Φ_p = 1 x 0.9 = 0.9</p> <p style="text-align: right;">Φ_d = 0.9</p>			
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xR _o	R= 4.5	R= 4.5
Propuesto	R _p = Φ _d xR _o	R_p= 5.4	R_p= 5.4

E-3:

			
Planta		Elevación	
Características Arquitectónicas: N° pisos: 6 N° sótanos: 0 Área Típica: 283 m ²		Características Estructurales: XX: Sistema Dual - Ro = 7 YY: Sistema Dual - Ro = 7	
Φa : Irregularidad en Altura <p style="text-align: center;">No Presenta</p>			
			Φa = 1
Φp : Irregularidad en Planta Irregularidad Torsional $\Delta_{\text{máx}}/\Delta_{\text{prom}} = 1.61 > 1.3 \Rightarrow \Phi_p = 0.85$ Esquinas entrantes $a/A=0.34 \geq 0.15, b/B=0.36 \geq 0.15 \Rightarrow \Phi_p = 0.9$ Sistemas no paralelos $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$			
			Φp = 0.85
Factor de reducción por irregularidad: <p style="text-align: center;">$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.85 = 0.85$</p>			
			Φd = 0.85
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	$R = 0.75 \times R_o$	R = 5.25	R = 5.25
Propuesto	$R_p = \Phi_d \times R_o$	Rp = 5.95	Rp = 5.95

Este caso se explicó en el ejemplo 1.

E-4:

 <p>Planta</p>		 <p>Elevación</p>	
<p>Características Arquitectónicas: N° pisos: 9 N° sótanos: 0 Área Típica: 360 m²</p>		<p>Características Estructurales: XX: Sistema de Muros - Ro = 4 YY: Sistema Muros - Ro = 4</p>	
<p>Φa : Irregularidad en Altura</p> <p style="text-align: center;">No Presenta</p> <p style="text-align: right;">Φa = 1</p>			
<p>Φp : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes a/A=0.38 >=0.15 , b/B=0.16 >=0.15 => Φp = 0.9</p> <p style="text-align: right;">Φp = 0.9</p>			
<p>Factor de reducción por irregularidad:</p> <p style="text-align: center;">$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$</p> <p style="text-align: right;">Φd = 0.9</p>			
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R= 3	R= 3
Propuesto	Rp = Φd x Ro	Rp= 3.6	Rp= 3.6

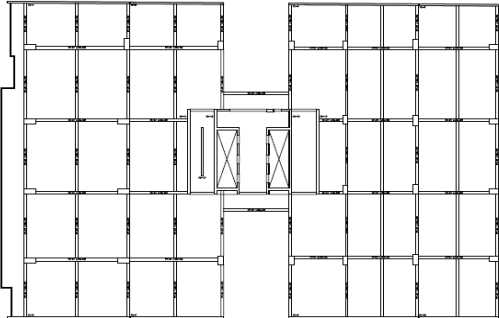
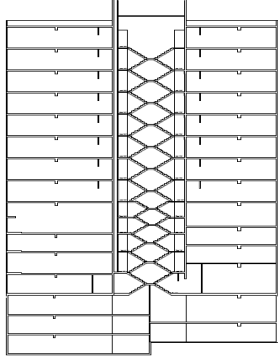
Comentario:

En este ejemplo nuevamente se observa una evidente irregularidad por discontinuidad en el diafragma, la cual, según los resultados, no se presenta debido a que el área de los huecos no llega a ser el 30% del área bruta. La zona central será crítica para transmitir el cortante entre ambos bloques. Será mejor utilizar el valor de 0.75 de la norma actual en lugar del 0.9 propuesto.

E5:

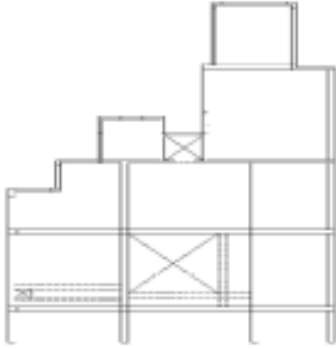
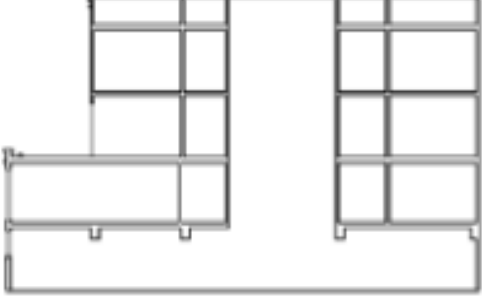
<p>Planta</p>		<p>Elevación</p>	
<p>Características Arquitectónicas: N° pisos: 9 N° sótanos: 0 Área Típica: 385 m²</p>		<p>Características Estructurales: XX: Sistema de Muros - R_o = 4 YY: Sistema de Muros - R_o = 4</p>	
<p>Φ_a : Irregularidad en Altura</p> <p style="text-align: center;">No Presenta</p>			
<p>Φ_a = 1</p>			
<p>Φ_p : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes</p>		<p>$a/A=0.77 \geq 0.15$, $b/B=0.31 \geq 0.15$ $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$</p>	
<p>Φ_p = 0.9</p>			
<p>Factor de reducción por irregularidad:</p>			
		<p>$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$</p>	
<p>Φ_d = 0.9</p>			
<p>Factor R de diseño:</p>		<p>Dirección X:</p>	<p>Dirección Y:</p>
Actual	R = 0.75xR _o	R= 3	R= 3
Propuesto	R _p = Φ _d xR _o	R _p = 3.6	R _p = 3.6

E6:

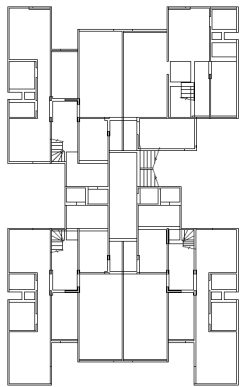
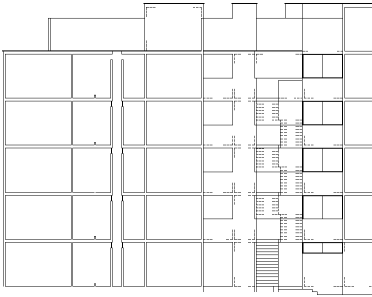
 <p>Planta</p>		 <p>Elevación</p>	
<p>Características Arquitectónicas: N° pisos: 12 N° sótanos: 3 Área Típica: 1800 m²</p>		<p>Características Estructurales: XX: Sistema de Placas - Ro = 6 YY: Sistema de Placas - Ro = 6</p>	
<p>Φa : Irregularidad en Altura</p> <p style="text-align: center;">No Presenta</p>			
<p>Φa = 1</p>			
<p>Φp : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes $a/A=0.23 \geq 0.15$, $b/B=0.34 \geq 0.15$ $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$</p>			
<p>Φp = 0.9</p>			
<p>Factor de reducción por irregularidad:</p>			
<p>$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$</p>			
<p>Φd = 0.9</p>			
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R= 4.5	R= 4.5
Propuesto	Rp = Φd x Ro	Rp= 5.4	Rp= 5.4

Este caso fue explicado en el ejemplo 2.

E-7:

			
Planta		Elevación	
Características Arquitectónicas: N° pisos: 4 N° sótanos: 0 Área Típica: 194 m ²		Características Estructurales: XX: Sistema de Pórticos - Ro = 8 YY: Sistema Dual - Ro = 7	
Φa : Irregularidad en Altura No Presenta			
Φa = 1			
Φp : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes $a/A=0.49 \geq 0.15$, $b/B=0.62 \geq 0.15$ $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$			
Φp = 0.9			
Factor de reducción por irregularidad: $\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$			
Φd = 0.9			
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R= 6	R= 5.25
Propuesto	Rp = Φd x Ro	Rp= 7.2	Rp= 6.3

E-8:

 <p>Planta</p>		 <p>Elevación</p>	
<p>Características Arquitectónicas: N° pisos: 6 N° sótanos: 0 Área Típica: 332 m²</p>		<p>Características Estructurales: XX: Sistema de Muros - Ro = 4 YY: Sistema de Muros - Ro = 4</p>	
<p>Φa : Irregularidad en Altura</p> <p style="text-align: center;">No Presenta</p>			
<p>Φa = 1</p>			
<p>Φp : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes $a/A=0.29 \geq 0.15$, $b/B=0.25 \geq 0.15$ $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$</p>			
<p>Φp = 0.9</p>			
<p>Factor de reducción por irregularidad:</p> <p style="text-align: center;">$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$</p>			
<p>Φd = 0.9</p>			
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R= 3	R= 3
Propuesto	Rp = Φd x Ro	Rp= 3.6	Rp= 3.6

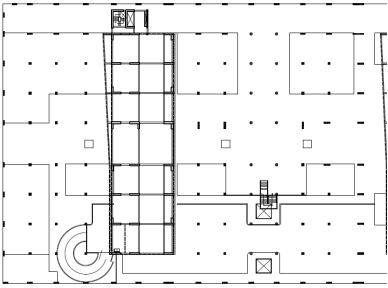
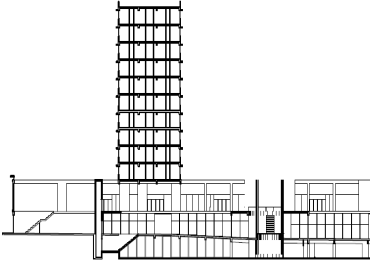
Comentario:

En este caso la irregularidad por discontinuidad en el diafragma también está presente, sin que los resultados lo confirmen. Nuevamente, será mejor utilizar el valor de 0.75 de la norma actual.

E-9:

<p>Planta</p>		<p>Elevación</p>	
<p>Características Arquitectónicas: N° pisos: 5 N° sótanos: 1 Área Típica: 195 m²</p>		<p>Características Estructurales: XX: Sistema de Placas - Ro = 6 YY: Sistema Dual - Ro = 7</p>	
<p>Φa : Irregularidad en Altura</p> <p style="text-align: center;">No Presenta</p>			
			Φa = 1
<p>Φp : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes $a/A=0.26 \geq 0.15$, $b/B=0.25 \geq 0.15$ $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$</p>			
			Φp = 0.9
<p>Factor de reducción por irregularidad:</p>			
$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$			Φd = 0.9
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R= 4.5	R= 5.25
Propuesto	Rp = ΦdxRo	Rp= 5.4	Rp= 6.3

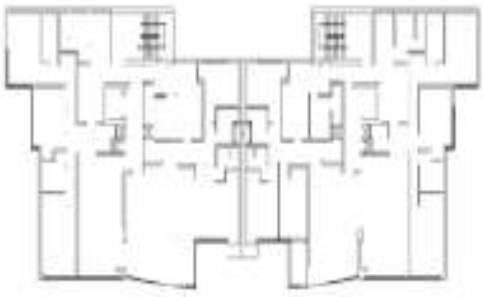

E-10:

			
Planta		Elevación	
Características Arquitectónicas: N° pisos: 12 N° sótanos: 1 Área Típica: 830 m ²		Características Estructurales: XX: Sistema de Placas - Ro = 6 YY: Sistema Dual - Ro = 7	
Φa : Irregularidad en Altura Irregularidad geométrica => Φa = 0.9			
			Φa = 0.9
Φp : Irregularidad en Planta No Presenta			
			Φp = 1
Factor de reducción por irregularidad:			
$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 0.9 \times 1 = 0.9$			Φd = 0.9
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R = 4.5	R = 5.25
Propuesto	Rp = Φd x Ro	Rp = 5.4	Rp = 6.3

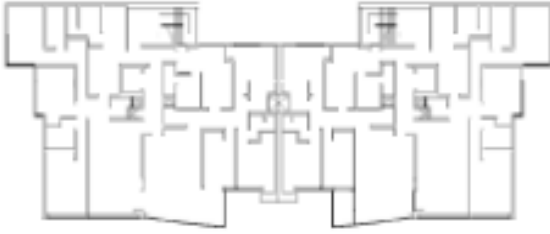
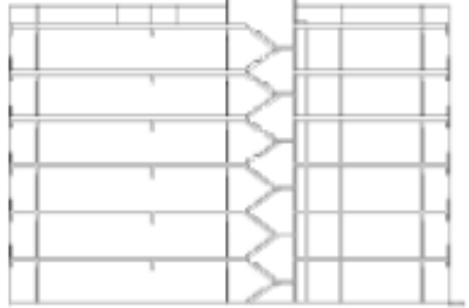
Comentario:

Estructuras de este tipo, con gran rigidez en la base, requieren de un análisis dinámico.

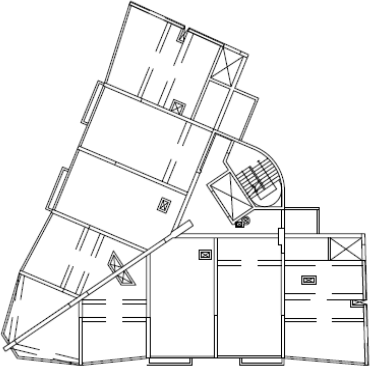
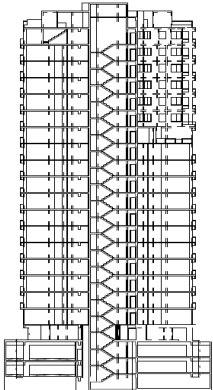
E-11:

			
Planta		Elevación	
Características Arquitectónicas: N° pisos: 9 N° sótanos: 0 Área Típica: 290 m ²		Características Estructurales: XX: Sistema de Placas - Ro = 6 YY: Sistema Placas - Ro = 6	
Φ_a : Irregularidad en Altura No Presenta			
Φ_a = 1			
Φ_p : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes $a/A=0.29 \geq 0.15$; $b/B=0.18 \geq 0.15$ $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$			
Φ_p = 0.9			
Factor de reducción por irregularidad: $\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$			
Φ_d = 0.9			
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R= 4.5	R= 4.5
Propuesto	R _p = Φ _d xRo	R _p = 5.4	R _p = 5.4

E-12:

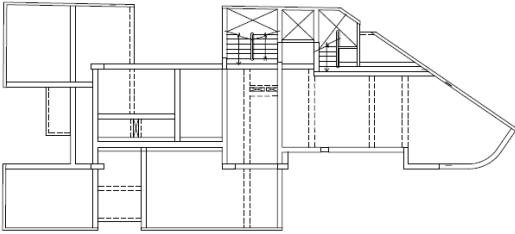
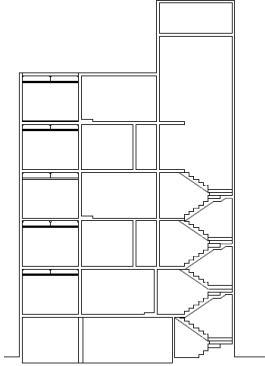
			
Planta		Elevación	
Características Arquitectónicas: N° pisos: 6 N° sótanos: 0 Area Típica: 424 m ²		Características Estructurales: XX: Sistema de Placas - Ro = 6 YY: Sistema Placas - Ro = 6	
Φa : Irregularidad en Altura <p style="text-align: center;">No Presenta</p>			
Φa = 1			
Φp : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes $a/A=0.22 \geq 0.15$, $b/B=0.18 \geq 0.15$ $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$			
Φp = 0.9			
Factor de reducción por irregularidad: <p style="text-align: center;">$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$</p>			
Φd = 0.9			
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R= 4.5	R= 4.5
Propuesto	Rp = ΦdxRo	Rp= 5.4	Rp= 5.4

E-13:

 <p>Planta</p>		 <p>Elevación</p>	
<p>Características Arquitectónicas: N° pisos: 20 N° sótanos: 3 Area Típica: 430 m2</p>		<p>Características Estructurales: XX: Sistema de Pórticos - Ro = 8 YY: Sistema Pórticos - Ro = 8</p>	
<p>Φa : Irregularidad en Altura</p> <p style="text-align: center;">No Presenta</p>			
			Φa = 1
<p>Φp : Irregularidad en Planta Sistemas no paralelos => Φp = 0.9</p>			
			Φp = 0.9
<p>Factor de reducción por irregularidad:</p> <p style="text-align: center;">$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$</p>			
			Φd = 0.9
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R= 6	R= 6
Propuesto	Rp = Φd x Ro	Rp= 7.2	Rp= 7.2

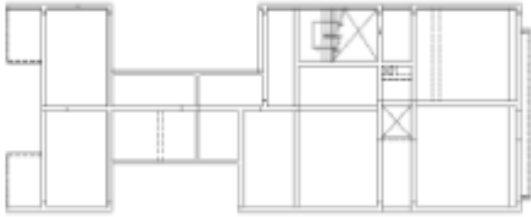

Este caso fue explicado en el ejemplo 3.

E-14:

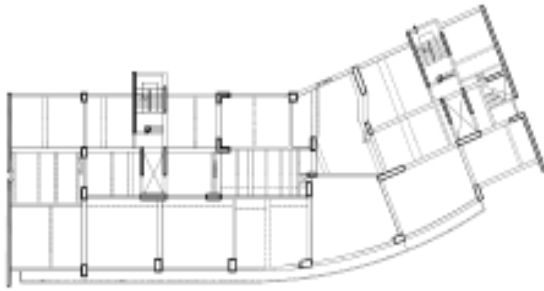
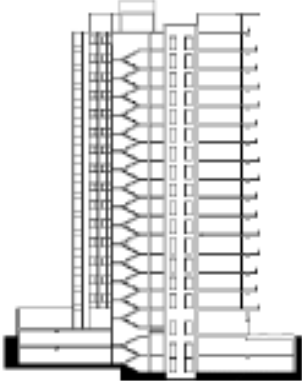
			
Planta		Elevación	
Características Arquitectónicas: N° pisos: 6 N° sótanos: 0 Area Típica: 200 m ²		Características Estructurales: XX: Sistema de Dual - Ro = 7 YY: Sistema Dual - Ro = 7	
Φa : Irregularidad en Altura No Presenta			
			Φa = 1
Φp : Irregularidad en Planta Irregularidad Torsional $\Delta_{\text{máx}}/\Delta_{\text{prom}} = 1.39 > 1.3 \Rightarrow \Phi_p = 0.85$ Esquinas entrantes $a/A=0.46 \geq 0.15, b/B=0.35 \geq 0.15 \Rightarrow \Phi_p = 0.9$ Sistemas no paralelos $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$			
			Φp = 0.85
Factor de reducción por irregularidad: $\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.85 = 0.85$			
			Φd = 0.85
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R= 5.25	R= 5.25
Propuesto	Rp = Φd x Ro	Rp= 5.95	Rp= 5.95

Este caso fue explicado en el ejemplo 4.


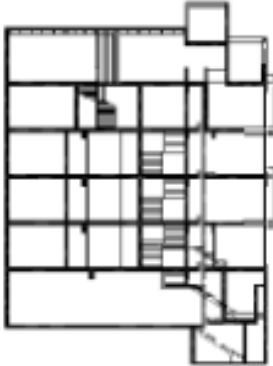
E-15:

			
Planta		Elevación	
Características Arquitectónicas: N° pisos: 11 N° sótanos: 2 Area Típica: 228 m ²		Características Estructurales: XX: Sistema de Placas - Ro = 6 YY: Sistema Placas - Ro = 6	
Φa : Irregularidad en Altura No Presenta			
Φa = 1			
Φp : Irregularidad en Planta Irregularidad Torsional $\Delta m_{\acute{a}x}/\Delta p_{rom} = 1.43 > 1.3 \Rightarrow \Phi_p = 0.85$ Esquinas entrantes $a/A=0.36 \geq 0.15, b/B=0.33 \geq 0.15 \Rightarrow \Phi_p = 0.9$			
Φp = 0.85			
Factor de reducción por irregularidad: $\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.85 = 0.85$			
Φd = 0.85			
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R= 4.5	R= 4.5
Propuesto	Rp = ΦdxRo	Rp= 5.1	Rp= 5.1

E-16:

			
Planta		Elevación	
Características Arquitectónicas: N° pisos: 16 N° sótanos: 3 Área Típica: 680 m ²		Características Estructurales: XX: Sistema de Pórticos - $R_o = 8$ YY: Sistema Dual - $R_o = 7$	
Φ_a : Irregularidad en Altura No Presenta			
			$\Phi_a = 1$
Φ_p : Irregularidad en Planta Sistemas no paralelos => $\Phi_p = 0.9$			
			$\Phi_p = 0.9$
Factor de reducción por irregularidad:			
$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$			$\Phi_d = 0.9$
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	$R = 0.75 \times R_o$	R= 6	R= 5.25
Propuesto	$R_p = \Phi_d \times R_o$	R_p = 7.2	R_p = 6.3

E-17:

			
Planta		Elevación	
Características Arquitectónicas: N° pisos: 6 N° sótanos: 0 Area Típica: 386 m ²		Características Estructurales: XX: Sistema de Pórticos - Ro = 8 YY: Sistema Pórticos - Ro = 8	
Φa : Irregularidad en Altura No Presenta			
Φa = 1			
Φp : Irregularidad en Planta Irregularidad Torsional $\Delta_{m\acute{a}x}/\Delta_{prom} = 1.31 > 1.3 \Rightarrow \Phi_p = 0.85$ Esquinas entrantes $a/A=0.25 \geq 0.15, b/B=0.33 \geq 0.15 \Rightarrow \Phi_p = 0.9$			
Φp = 0.85			
Factor de reducción por irregularidad: $\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.85 = 0.85$			
Φd = 0.85			
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R= 6	R= 6
Propuesto	Rp = Φd x Ro	Rp= 6.8	Rp= 6.8

E-18:

Planta		Elevación	
Características Arquitectónicas: N° pisos: 6 N° sótanos: 0 Área Típica: 260 m ²		Características Estructurales: XX: Sistema de Dual - Ro = 7 YY: Sistema de Pórticos - Ro = 8	
Φa : Irregularidad en Altura No Presenta			
			Φa = 1
Φp : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes $a/A=0.68 \geq 0.15$, $b/B=0.23 \geq 0.15$ $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$			
			Φp = 0.9
Factor de reducción por irregularidad:			
$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$			Φd = 0.9
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	R = 0.75xRo	R= 5.25	R= 6
Propuesto	Rp = Φd x Ro	Rp= 6.3	Rp= 7.2

E-19:

Planta		Elevación	
Características Arquitectónicas: N° pisos: 20 N° sótanos: 2 Área Típica: 930 m ²		Características Estructurales: XX: Sistema de Placas - Ro = 7 YY: Sistema Placas - Ro = 6	
Φa : Irregularidad en Altura No Presenta			
			Φa = 1
Φp : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes $a/A=0.15 \geq 0.15$, $b/B=0.43 \geq 0.15$ $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$			
			Φp = 0.9
Factor de reducción por irregularidad: $\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$			
			Φd = 0.9
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	Rd=0.75xRo	Rd= 5.25	Rd= 4.5
Propuesto	Rdp= Φd x Ro	Rdp= 6.3	Rdp= 5.4

Comentario:

En este caso, el cálculo no incluye a la irregularidad por discontinuidad en el diafragma por 0.02 unidades (ver capítulo 6), sin embargo, dicha irregularidad no solo es evidente, sino que muestra un defecto en la concepción de la estructura. Será muy difícil que los corredores centrales soporten la transmisión de fuerzas cortantes entre los bloques en caso de sismo severo.

No es aconsejable proyectar estructuras con este tipo de defectos. Cualquier valor de R que se asuma para el diseño será insuficiente para contrarrestar este daño.

E-20:

<p style="text-align: center;">Planta</p>		<p style="text-align: center;">Elevación</p>	
<p>Características Arquitectónicas: N° pisos: 15 N° sótanos: 0 Área Típica: 316 m²</p>		<p>Características Estructurales: XX: Sistema de Placas - Ro = 6 YY: Sistema Placas - Ro = 6</p>	
<p>Φa : Irregularidad en Altura</p> <p style="text-align: center;">No Presenta</p> <p style="text-align: right;">Φa = 1</p>			
<p>Φp : Irregularidad en Planta Esquinas entrantes $a/A=0.53 \geq 0.15$, $b/B=0.29 \geq 0.15$ $\Rightarrow \Phi_p = 0.9$</p> <p style="text-align: right;">Φp = 0.9</p>			
<p>Factor de reducción por irregularidad:</p> <p style="text-align: center;">$\Phi_d = \Phi_a \times \Phi_p = 1 \times 0.9 = 0.9$</p> <p style="text-align: right;">Φd = 0.9</p>			
Factor R de diseño:		Dirección X:	Dirección Y:
Actual	Rd=0.75xRo	Rd= 4.5	Rd= 4.5
Propuesto	Rdp= Φd x Ro	Rdp= 5.4	Rdp= 5.4

Comentario:

Al igual que en el ejemplo anterior, esta estructura presenta un defecto en su concepción al reducir la zona central. Contrariamente a los resultados, la irregularidad por discontinuidad en el diafragma se presenta debido a dicha reducción y a la diferencia de rigidez entre ambos bloques. El bloque superior tiene gran rigidez en la dirección X y poca en la dirección Y, mientras que el bloque inferior presenta el caso opuesto.

Nuevamente, cualquier valor de R que se asuma para el diseño será insuficiente para contrarrestar el posible daño.

5.5. Análisis y comparación de resultados

A continuación se presentan los valores del factor de reducción Φ_d , obtenidos con esta propuesta para los 20 edificios estudiados. Estos valores se muestran junto al valor único, 0.75, del código actual.

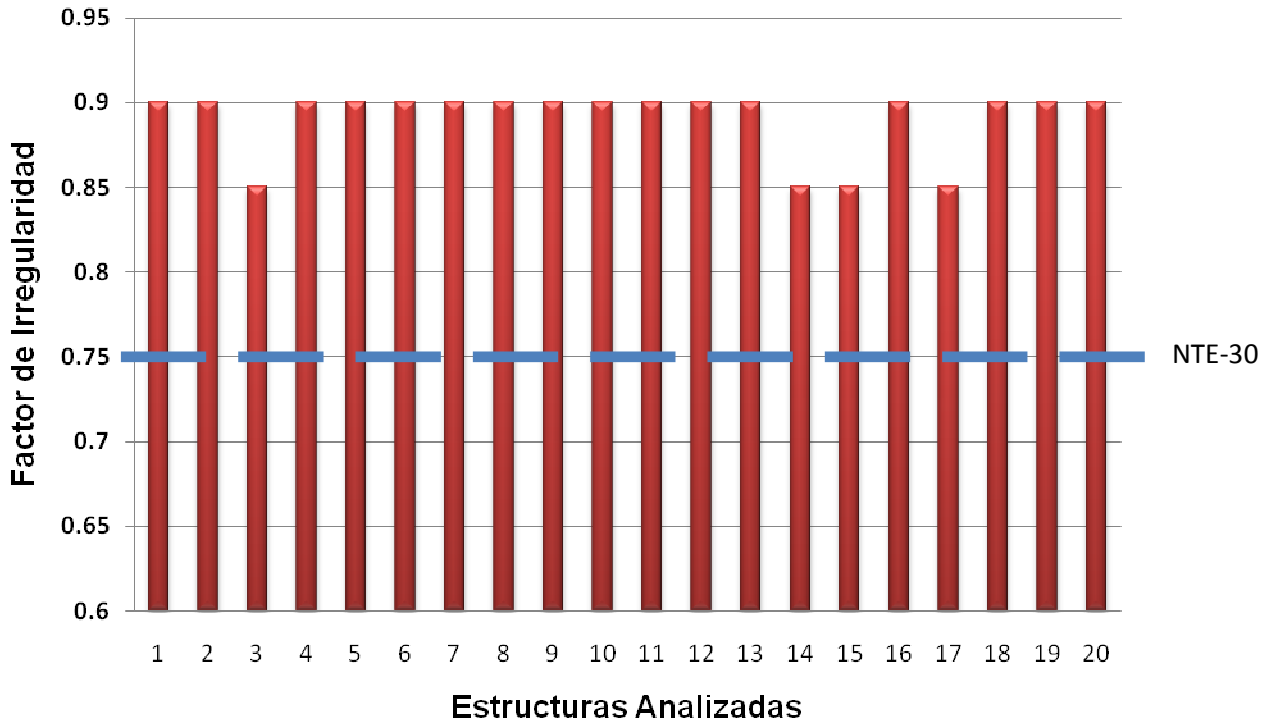


Figura 3: Factores de reducción por irregularidad

Todas las estructuras estudiadas presentaron valores Φ_d mayores al valor del código actual (0.75).

En base a estos valores de Φ_d , se obtuvieron los valores del factor de reducción, que se muestran a continuación, junto a los valores que establece la actual norma.

Tabla 6: Factores de reducción actuales y propuestos

Edificio	Dirección X		Dirección Y	
	R	R _p	R	R _p
E-1	4.5	5.4	4.5	5.4
E-2	4.5	5.4	4.5	5.4
E-3	5.25	5.95	5.25	5.95
E-4	3	3.6	3	3.6
E-5	3	3.6	3	3.6
E-6	4.5	5.4	4.5	5.4
E-7	6	7.2	5.25	6.30
E-8	3	3.6	3	3.6
E-9	4.5	5.4	5.25	6.3
E-10	4.5	5.4	5.25	6.3
E-11	4.5	5.4	4.5	5.4
E-12	4.5	5.4	4.5	5.4
E-13	6	7.2	6	7.2
E-14	5.25	5.95	5.25	5.95
E-15	4.5	5.1	4.5	5.1
E-16	6	7.2	5.25	6.3
E-17	6	6.8	6	6.8
E-18	5.25	6.3	6	7.2
E-19	5.25	6.3	4.5	5.4
E-20	4.5	5.4	4.5	5.4

Los factores de reducción obtenidos con nuestra propuesta resultaron mayores en todos los casos.

La tabla que sigue muestra los valores de la fuerza cortante en la base para los 20 edificios estudiados, considerando la actual norma (V) y la presente propuesta (Vp)

Tabla 7: Comparación de fuerzas cortantes – Método actual y propuesto

Edificio	Dirección X		Dirección Y	
	V (Tn)	Vp (Tn)	V (Tn)	Vp (Tn)
E-1	770	641	850	708
E-2	629	525	613	511
E-3	240	212	198	175
E-4	952	793	952	793
E-5	1019	849	1019	849
E-6	3915	3263	3260	2717
E-7	105	87	120	100
E-8	425	354	425	354
E-9	306	255	259	216
E-10	751	626	618	515
E-11	518	432	592	493
E-12	371	309	524	437
E-13	320	267	320	267
E-14	224	198	224	198
E-15	235	208	393	347
E-16	579	482	579	482
E-17	323	285	265	234
E-18	224	187	386	322
E-19	415	346	548	457
E-20	432	360	632	527

Finalmente se compararon los valores para las fuerzas cortantes de diseño. El gráfico que sigue muestra el cociente entre los resultados obtenidos con esta propuesta y los correspondientes a la norma actual.

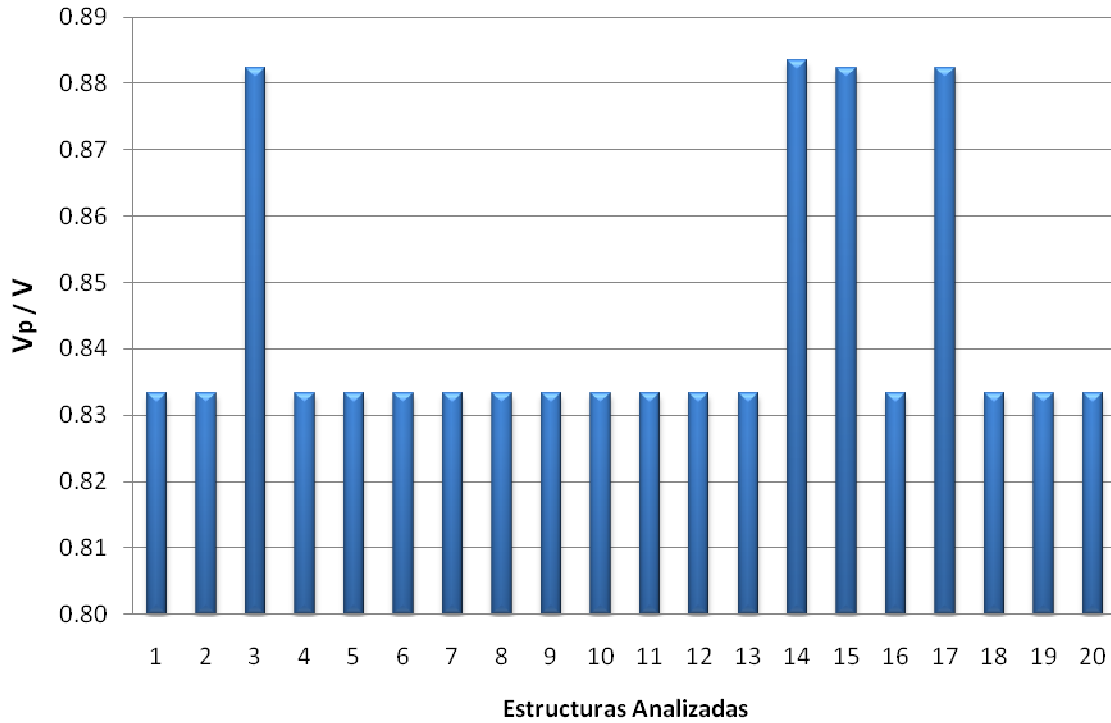


Figura 4: Cociente V propuesto / V actual

Para los 20 edificios estudiados se obtuvieron valores de la fuerza cortante entre el 0.83 y 0.88 de los valores correspondientes a la actual Norma.

Para el caso de tener Piso Blando ($\Phi_a = 0.70$) junto a cualquier irregularidad en planta ($\Phi_p = 0.85$ ó 0.9), con la presente propuesta se obtendrían valores mayores de fuerza cortante. En el caso extremo, $\Phi_d = 0.70 \times 0.85 = 0.60$, los valores de fuerza cortante de la presente propuesta serían 1.25 veces los de la norma actual.

En general los valores Φ_d están entre 0.6 y 0.9. Y por tanto, las fuerzas de diseño de la presente propuesta estarían entre 1.25 y 0.83 veces las fuerzas de diseño actual.

6. Resumen de cálculo de irregularidades en planta

A continuación se muestran las tablas resumen del cálculo de las irregularidades en planta de los 20 edificios estudiados.

Para hallar la irregularidad torsional hallamos las derivas de entrepiso a los extremos de la estructura (X_1 , X_2 , Y_1 , Y_2). La deriva máxima es el valor mayor de las derivas halladas ($\Delta_{\text{máx}}$). Finalmente, hallamos el promedio de las derivas en la dirección de la deriva máxima (Δ_{prom}). Si la deriva máxima entre el promedio dan un cociente mayor o igual a 1.3, entonces la estructura presentará irregularidad torsional (ver figura ilustrativa en el capítulo 5 de la presente investigación).

La tabla 8 muestra el cálculo de la irregularidad torsional.

Tabla 8: Resumen del cálculo de la Irregularidad Torsional

Edificio	x1	y1	x2	y2	$\Delta_{\text{máx}}$	Δ_{prom}	$\Delta_{\text{máx}}/\Delta_{\text{prom}}$	Conclusión
E-1	0.0011	0.0018	0.0018	0.0008	0.0008	0.0013	0.60	Regular
E-2	0.0012	0.0019	0.0024	0.0015	0.0015	0.0017	0.87	Regular
E-3	0.0007	0.0002	0.0005	0.0010	0.0010	0.0006	1.61	Irregular
E-4	0.0013	0.0009	0.0012	0.0008	0.0008	0.0008	0.95	Regular
E-5	0.0022	0.0025	0.0021	0.0022	0.0022	0.0023	0.95	Regular
E-6	0.0012	0.0012	0.0011	0.0017	0.0017	0.0015	1.18	Regular
E-7	0.0014	0.0013	0.0010	0.0010	0.0010	0.0012	0.86	Regular
E-8	0.0002	0.0012	0.0002	0.0013	0.0013	0.0013	1.04	Regular
E-9	0.0002	0.0013	0.0001	0.0008	0.0008	0.0010	0.74	Regular
E-10	0.0025	0.0077	0.0076	0.0077	0.0077	0.0077	1.00	Regular
E-11	0.0024	0.0022	0.0009	0.0012	0.0012	0.0017	0.71	Regular
E-12	0.0013	0.0005	0.0011	0.0005	0.0005	0.0005	0.98	Regular
E-13	0.0022	0.0013	0.0018	0.0022	0.0022	0.0018	1.26	Regular
E-14	0.0016	0.0002	0.0016	0.0005	0.0005	0.0003	1.39	Irregular
E-15	0.0005	0.0010	0.0005	0.0025	0.0025	0.0017	1.43	Irregular
E-16	0.0015	0.0016	0.0014	0.0007	0.0007	0.0012	0.61	Regular
E-17	0.0008	0.0009	0.0006	0.0017	0.0017	0.0013	1.31	Irregular
E-18	0.0014	0.0003	0.0008	0.0003	0.0003	0.0003	1.02	Regular
E-19	0.0011	0.0019	0.0014	0.0019	0.0019	0.0019	1.00	Regular
E-20	0.0012	0.0019	0.0012	0.0011	0.0011	0.0015	0.73	Regular

Para calcular la irregularidad por esquinas entrantes medimos los lados perimetrales de la estructura (A, B) y la dimensión que entra la esquina en la dirección respectiva (a,b). Si los cocientes a/A y b/B son mayores a 0.15 simultáneamente, la estructura presenta este tipo de irregularidad (ver figuras ilustrativas en el capítulo 5 de la presente investigación).

La tabla 9 muestra el cálculo de la irregularidad por esquinas entrantes.

Tabla 9: Resumen del cálculo de la Irregularidad por esquinas entrantes

Edificio	A	B	a	b	a/A	b/B	dir. A	dir. B	Conclusión
E-1	40.21	25.41	19.27	13.91	0.48	0.55	Irregular	Irregular	Irregular
E-2	26.37	27.55	16.78	14.78	0.64	0.54	Irregular	Irregular	Irregular
E-3	13.86	17.88	4.65	6.37	0.34	0.36	Irregular	Irregular	Irregular
E-4	20.30	24.20	7.80	3.80	0.38	0.16	Irregular	Irregular	Irregular
E-5	20.60	16.00	15.90	4.95	0.77	0.31	Irregular	Irregular	Irregular
E-6	29.78	36.28	6.95	12.35	0.23	0.34	Irregular	Irregular	Irregular
E-7	25.38	13.82	12.38	8.60	0.49	0.62	Irregular	Irregular	Irregular
E-8	15.38	16.00	4.43	3.95	0.29	0.25	Irregular	Irregular	Irregular
E-9	20.50	11.90	5.40	3.03	0.26	0.25	Irregular	Irregular	Irregular
E-10	14.39	60.25	6.89	7.00	0.48	0.12	Irregular	Regular	Regular
E-11	22.90	15.38	6.73	2.80	0.29	0.18	Irregular	Irregular	Irregular
E-12	16.80	16.60	3.65	3.03	0.22	0.18	Irregular	Irregular	Irregular
E-13	23.22	16.20	2.55	4.90	0.11	0.30	Regular	Irregular	Regular
E-14	26.11	11.46	11.95	4.02	0.46	0.35	Irregular	Irregular	Irregular
E-15	22.38	9.95	8.04	3.28	0.36	0.33	Irregular	Irregular	Irregular
E-16	18.55	14.89	6.33	0.86	0.34	0.06	Irregular	Regular	Regular
E-17	27.89	14.95	6.90	4.90	0.25	0.33	Irregular	Irregular	Irregular
E-18	11.05	24.80	7.46	5.75	0.68	0.23	Irregular	Irregular	Irregular
E-19	32.58	22.58	5.02	9.62	0.15	0.43	Irregular	Irregular	Irregular
E-20	13.55	18.37	7.20	5.30	0.53	0.29	Irregular	Irregular	Irregular

Para calcular la irregularidad por discontinuidad en el diafragma, hallamos el área bruta de la estructura y el área total de los vanos o huecos en ella. Si el cociente entre el área de huecos y el área bruta es mayor o igual a 0.30 entonces la estructura es irregular (ver figuras ilustrativas en el capítulo 5 de la presente investigación).

La tabla 10 muestra el cálculo de la irregularidad por discontinuidad en el diafragma.

Tabla 10: Resumen del cálculo de la Irregularidad por discontinuidad en el diafragma

Edificio	A huecos	A bruta	Ahuecos/A bruta	Conclusión
E-1	40.00	576.75	0.07	Regular
E-2	7.00	408.00	0.02	Regular
E-3	28.23	310.34	0.09	Regular
E-4	85.21	444.79	0.19	Regular
E-5	11.24	395.76	0.03	Regular
E-6	159.70	1951.80	0.08	Regular
E-7	17.38	193.51	0.09	Regular
E-8	45.39	377.49	0.12	Regular
E-9	14.53	211.59	0.07	Regular
E-10	7.00	836.68	0.01	Regular
E-11	4.98	295.00	0.02	Regular
E-12	3.30	426.65	0.01	Regular
E-13	15.74	444.95	0.04	Regular
E-14	30.16	230.78	0.13	Regular
E-15	52.95	280.00	0.19	Regular
E-16	18.29	697.13	0.03	Regular
E-17	148.10	534.40	0.28	Regular
E-18	80.57	340.81	0.24	Regular
E-19	369.13	1298.21	0.28	Regular
E-20	125.94	442.50	0.28	Regular

Como observamos, la irregularidad más común fue la de esquinas entrantes. Luego, la mayoría de edificios no presenta irregularidad torsional, salvo 4 excepciones. Finalmente, ninguna estructura presentó discontinuidades en el diafragma.

7. Resumen de tipos de irregularidades según la norma colombiana

Con el fin de poder comparar los valores propuestos en esta tesis, a continuación mostramos por medio de tablas y figuras ilustrativas como la norma colombiana considera las irregularidades en altura y en planta.

Tabla 11: Irregularidades en altura – Norma Colombiana 2009

Irregularidades en altura	
Descripción de la irregularidad	Φ_a
Piso flexible (Irregularidad en rigidez): Cuando la rigidez ante fuerzas horizontales de un piso es menor del 70 por ciento pero superior o igual al 60 por ciento de la rigidez del piso superior o menor del 80 por ciento pero superior o igual al 70 por ciento del promedio de la rigidez de los tres pisos superiores, la estructura se considera irregular.	0.9
Piso flexible (Irregularidad extrema en rigidez): Cuando la rigidez ante fuerzas horizontales de un piso es menor del 60 por ciento de la rigidez del piso superior o menor del 70 por ciento del promedio de la rigidez de los tres pisos superiores, la estructura se considera irregular.	0.8
Irregularidad en la distribución de las masas: Cuando la masa, m_i , de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los dos pisos contiguos, la estructura se considera irregular. Se exceptúa el caso de cubiertas que sean más livianas que el piso de abajo.	0.9
Irregularidad geométrica: Cuando la dimensión horizontal del sistema de resistencia sísmica en cualquier piso es mayor que 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, la estructura se considera irregular. Se exceptúa el caso de los altillos de un solo piso.	0.9
Desplazamientos dentro del plano de acción: La estructura se considera irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema de resistencia sísmica, dentro del mismo plano que los contiene, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento. Cuando los elementos desplazados solo sostienen la cubierta de la edificación sin otras cargas adicionales de tanques o equipos, se eximen de esta consideración de irregularidad.	0.8
Piso débil - Discontinuidad en la resistencia: Cuando la resistencia del piso es menor del 80 por ciento de la del piso inmediatamente superior pero superior o igual al 65 por ciento, entendiendo la resistencia del piso como la suma de resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada, la estructura se considera irregular.	0.9
Piso débil - Discontinuidad extrema en la resistencia: Cuando la resistencia del piso es menor del 65 por ciento de la del piso inmediatamente superior, entendiendo la resistencia del piso como la suma de resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada, la estructura se considera irregular.	0.8

<p>Tipo 1aA — Piso flexible $\phi_a = 0.9$ $0.60 \text{ Rigidez } K_D \leq \text{Rigidez } K_C < 0.70 \text{ Rigidez } K_D$ $0.70 (K_D + K_E + K_F) / 3 \leq \text{Rigidez } K_C < 0.80 (K_D + K_E + K_F) / 3$</p>	
<p>Tipo 1bA — Piso flexible extremo $\phi_a = 0.8$ $\text{Rigidez } K_C < 0.60 \text{ Rigidez } K_D$ $\text{Rigidez } K_C < 0.70 (K_D + K_E + K_F) / 3$</p>	
<p>Tipo 2A — Distribución masa — $\phi_a = 0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ $m_D > 1.50 m_C$</p>	
<p>Tipo 3A — Geométrica — $\phi_a = 0.9$ $a > 1.30 b$</p>	
<p>Tipo 4A — Desplazamiento dentro del plano de acción — $\phi_a = 0.8$ $b > a$</p>	
<p>Tipo 5aA — Piso débil $\phi_a = 0.9$ $0.65 \text{ Resist. Piso } C \leq \text{Resist. Piso } B < 0.80 \text{ Resist. Piso } C$</p>	
<p>Tipo 5bA — Piso débil extremo $\phi_a = 0.8$ $\text{Resistencia Piso } B < 0.65 \text{ Resistencia Piso } C$</p>	

Tabla 12: Irregularidades en planta – Norma Colombiana 2009

Irregularidades en planta	
Descripción de la irregularidad	Φ_p
Irregularidad torsional : La irregularidad torsional existe cuando en una edificación con diafragma rígido, la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura, calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es más de 1.2 y menor o igual a 1.4 veces la deriva promedio de los dos extremos de la estructura con respecto al mismo	0.9
Irregularidad torsional extrema : La irregularidad torsional extrema existe cuando en una edificación con diafragma rígido, la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura, calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es más de 1.4 veces la deriva promedio de los dos extremos de la estructura con respecto al mismo	0.8
Retrocesos excesivos en las esquinas : La configuración de una estructura se considera irregular cuando esta tiene retrocesos excesivos en sus esquinas. Un retroceso en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del retroceso, son mayores que el 15 por ciento de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del	0.9
Discontinuidades en el diafragma : Cuando el diafragma tiene discontinuidades apreciables o variaciones en su rigidez incluyendo las causadas por aberturas, entradas, retrocesos o huecos con áreas mayores al 50 por ciento del área bruta del diafragma o existen cambios en la rigidez efectiva del diafragma de más de 50 por ciento, entre niveles consecutivos, la estructura se	0.9
Desplazamientos del plano de acción de elementos verticales : La estructura se considera irregular cuando existen discontinuidades en las trayectorias de las fuerzas inducidas por efectos sísmicos , tales como cuando se traslada el plano que contiene a un grupo de elementos verticales del sistema de resistencia sísmica en una dirección perpendicular a él, generando un nuevo plano. Los altillos o manzardas de un solo piso se eximen de este requisito en la consideración de irregularidad.	0.8
Sistemas no paralelos : Cuando las direcciones de acción horizontal de los elementos verticales del sistema de resistencia sísmica no son paralelas o simétricas con respecto a los ejes ortogonales horizontales principales del sistema de resistencia sísmica, la estructura se	0.9

<p>Tipo 1aP — Irregularidad torsional $\phi_p = 0.9$ $1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1 > 1.2 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$</p>	<p>Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema $\phi_p = 0.8$ $\Delta_1 > 1.4 \left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$</p>
<p>Tipo 2P — Retrocesos en las esquinas — $\phi_p = 0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p>	
<p>Tipo 3P — Irregularidad del diafragma — $\phi_p = 0.9$ 1) $C \times D > 0.5A \times B$ 2) $(C \times D + C \times E) > 0.5A \times B$</p>	
<p>Tipo 4P — Desplazamiento de los planos de Acción — $\phi_p = 0.8$</p>	
<p>Tipo 5P — Sistemas no paralelos — $\phi_p = 0.9$</p>	

8. Conclusiones y Recomendaciones

- Solo algunos códigos en el mundo establecen de manera explícita las componentes del factor de reducción de fuerza sísmica. Generalmente se establecen valores únicos según el sistema estructural.
- La experiencia demuestra que en general los edificios irregulares tienen un pobre desempeño en terremotos fuertes, razón por la cual las normas de diseño sismorresistente establecen fuerzas de diseño mayores para las estructuras irregulares.
- Las mayores fuerzas de diseño para las estructuras irregulares quedan definidas por las normas mediante factores que reducen los valores de **R**. La Norma Peruana establece como factor único de reducción el valor 0.75.
- Este trabajo pretende considerar la influencia de los diferentes tipos de irregularidades y dar iniciativa a nuevos métodos de diseño en los cuales se consideren más variables que permitan caracterizar mejor a la estructura. Utilizar solo el valor de 0.75 para estructuras irregularidades nos cierra posibilidades de análisis cuyos resultados son fáciles de aplicar. De esta forma podemos tener más confianza en nuestros métodos de diseño y predecir mejor el desempeño de las estructuras ante eventos sísmicos.
- La propuesta desarrollada en este trabajo permite reducir el valor de R en función de los diferentes tipos de irregularidad estructural, mediante un factor de reducción combinado Φ_d cuyos valores están entre 0.6 y 0.9.
- El rango de valores para el factor Φ_d permite diferenciar estructuras con severa irregularidad de aquellas con irregularidad moderada.
- Los valores de la fuerza cortante de diseño de la presente propuesta son de 1.25 a 0.83 veces las fuerzas de diseño de la actual norma.
- Existe incongruencia entre los resultados obtenidos y los tipos de irregularidad que presentan las estructuras para el caso de las irregularidades por discontinuidad en el diafragma. Luego de presentar los resultados, ningún edificio presentó discontinuidad en el diafragma por tener una relación Ahuecos / A bruta < 0.30, incluso teniendo casos evidentes de dicha irregularidad como se explica en los comentarios a los edificios estudiados.

- Los resultados de este trabajo podrían ser considerados en la siguiente versión de la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente actualmente en revisión.
- En esta tesis se propone la utilización de un juego de factores (Φ_a y Φ_p) para el cálculo del factor de reducción de fuerza sísmica en caso de estructuras irregulares. Se proponen valores que representan un grado de importancia para cada tipo de irregularidad.



Referencias

1. Reglamento Nacional de Edificaciones, NTE E.030, Diseño Sismorresistente, Perú 2006.
2. Reglamento de Construcciones Sismorresistentes, NSR – 09, Colombia 2009
3. ATC-19, Applied Technology Council, Structural Response Modification Factors, USA 1995.
4. ASCE, American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, USA 2005
5. Ingeniería Sismoresistente, Pontificia Universidad Católica del Perú, Alejandro Muñoz Peláez, Perú 2008.
6. Comentarios a la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente, Alejandro Muñoz Peláez, Perú 2007.

