



CURSO DE FORMACIÓN

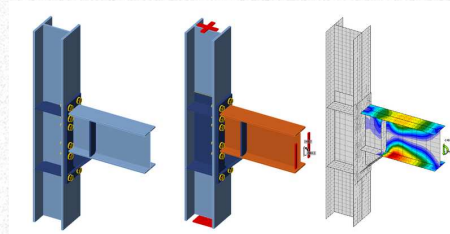
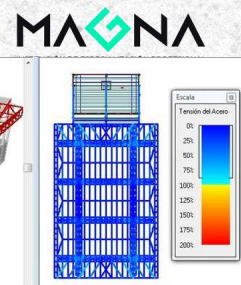
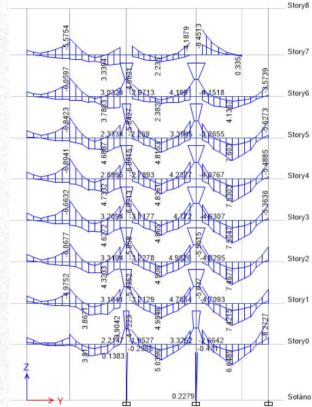
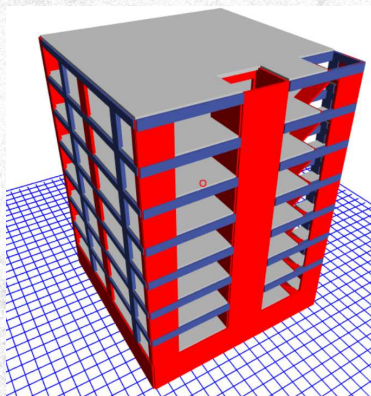
**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN
EN INGENIERÍA SÍSMICA Y ANÁLISIS
DINÁMICO DE ESTRUCTURAS**

MAGNA
INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

M.SC. EDWAR ESTEBA APAZA.
INGENIERO ESTRUCTURAL

MODULO III: ASPECTOS NORMATIVOS Y SISMICIDAD GLOBAL

ANÁLISIS ESTRUCTURAL



PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS

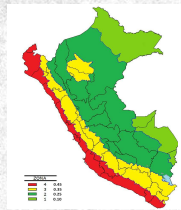


- ✓ Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes. (Hasta 10 pisos)
- ✓ Análisis dinámico modal espectral
- ✓ Análisis tiempo historia podrá usarse con fines de verificación, pero en ningún caso podrá ser exigidos como sustituto de los procedimientos anteriores.

Análisis Estático (NT E030-2018)

V= Cortante en la Base

$$V = \frac{ZxUxSxC}{R} x P$$



Microzonificación



S
(TIPO DE SUELO)
GEOTECNIA

ZONA		
4	0.45	
3	0.35	
2	0.25	
1	0.10	



R(*)
(SISTEMA ESTRUCTURAL)



U
(USO)



C
(AMPLIFICACION SISMICA)

P
(PESO DEL EDIFICIO)



* Según Bases de diseño presenta recomendaciones.

Distribución de fuerzas en altura



$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Para $T \leq 0,5$ s $k = 1.0$

Para $T > 0,5$ s $k = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$

Análisis Dinámico Modal Espectral (NT E.030-2018)



Modos de Vibración.

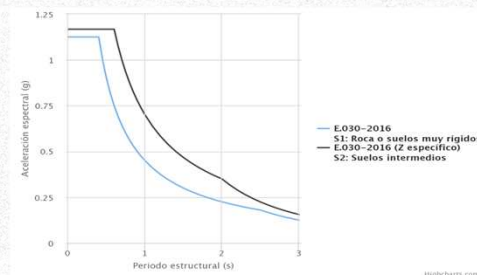
Aceleración Espectral.



Criterios de combinación.

Fuerza cortante Mínima

Excentricidad Accidenta
(Efecto de Torsión)



* Según Bases de diseño presenta recomendaciones.

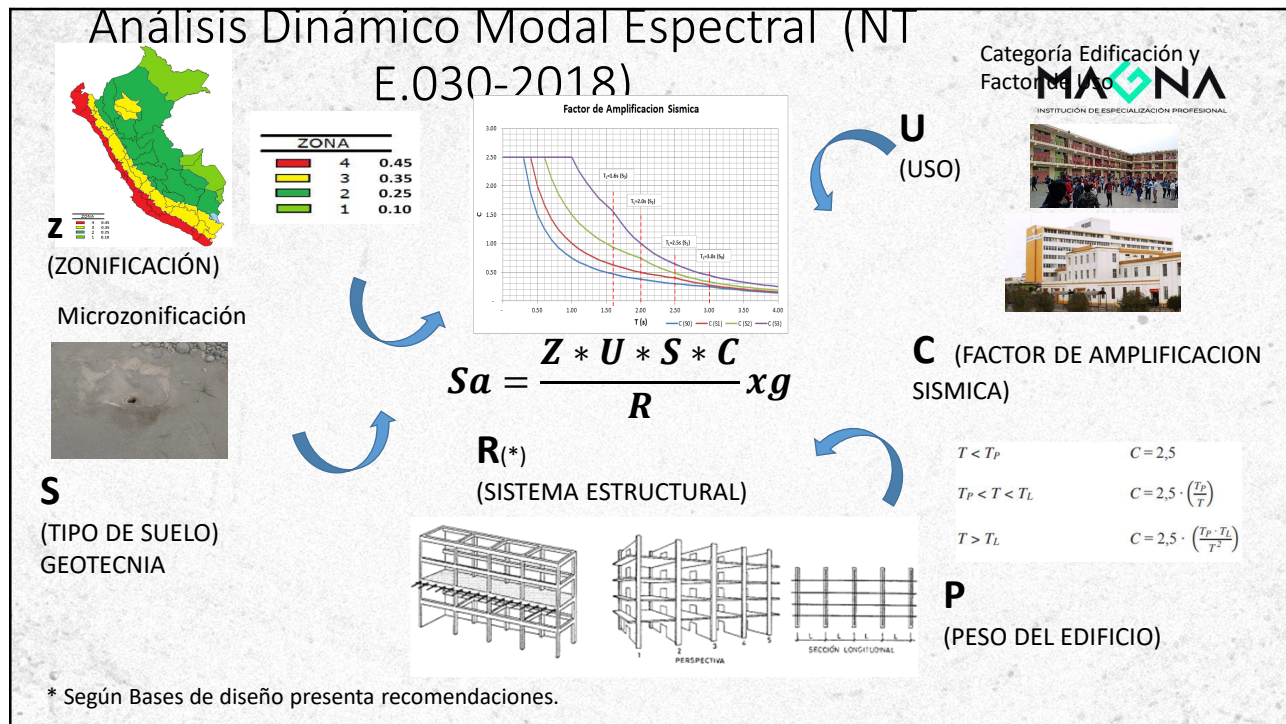


Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:	
A	<ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. 	1,5
Edificaciones Esenciales	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</p> <p>Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</p> <p>Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</p>	

Exigencias



- ✓ Seguir las disposiciones de la E.030 (Corte mínimo, distorsiones máximas, etc) y, en lo que sea aplicable
- ✓ Diseño en base a "Minimum Design Loads for Building and Other Structures", ASCE/SEI 7-10, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2010.
- ✓ Instalación debe ser supervisada por Ingeniero Civil.

Coeficiente de Reducción de la Fuerza Sísmica $R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$



- ✓ R_o = Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas. (Tabla N° 7), para estructuras regulares (sin cambios)
- ✓ I_a = Factor de irregularidad en altura, se tomará el menor valor de la Tabla N° 8
- ✓ I_p = Factor de irregularidad en planta, se tomará el menor valor de la tabla N° 9

Coeficiente Básico de Reducción R_0



Tabla N° 7
SISTEMAS ESTRUCTURALES
Sistema Estructural

Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)

Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES



Tabla N° 6
CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado.
A2 (*)	4, 3 y 2	Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.

(*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones las normas correspondientes a dichos materiales

Categoría y Sistemas Estructurales permitidos:

Tabla 6



Categoría de la Edificación.	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural
	2 y 1	Pórticos arriostrados de acero, Muros de Concreto Armado, Sistema Dual, Albañilería Armada o Confinada
A2 (*)	4, 3 y 2	Pórticos arriostrados de acero, Muros de Concreto Armado, Sistema Dual, Albañilería Armada o Confinada
	1	Cualquier sistema
B	4, 3 y 2	Pórticos de acero de momento o arriostrados, Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

(*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales. 52/75

Categoría y Restricciones a la Irregularidad



Tabla N° 10

CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES

Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
C	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Irregularidades en altura, Tabla 8



Irregularidad de Rigidez – Piso Blando ..., la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el	
valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de los tres entrepiso superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará ...	0,75
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil ...cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	
Irregularidad Extrema de Rigidez o de Resistencia (Tabla 10) Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión (deriva) de entrepiso es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior	0,5
Irregularidad Extrema de Resistencia (Tabla 10) ... cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior	

Sistemas de transferencia

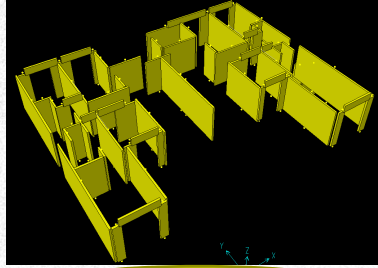


Los sistemas de transferencia son estructuras de losas y vigas que transmiten las fuerzas y momentos desde elementos verticales discontinuos hacia otros del piso inferior.

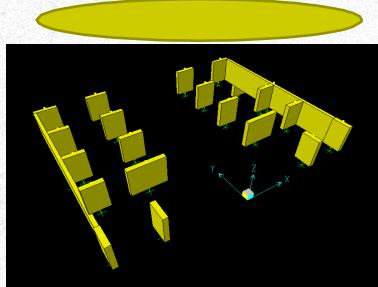
En las zonas sísmicas 4, 3 y 2 no se permiten estructuras con sistema de transferencia en los que más del 25 % de las cargas de gravedad o de las cargas sísmicas en cualquier nivel sean soportadas por elementos verticales que no son continuos hasta la cimentación. Esta disposición no se aplica para el último entrepiso de las edificaciones

Sistemas de Transferencia

MAGNA
INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL



**Piso Típico
(2do a 7mo)**



**Sistema de
Transferencia**

**Muros en
Estacionamiento**

Cortesía Alejandro Muñoz

...



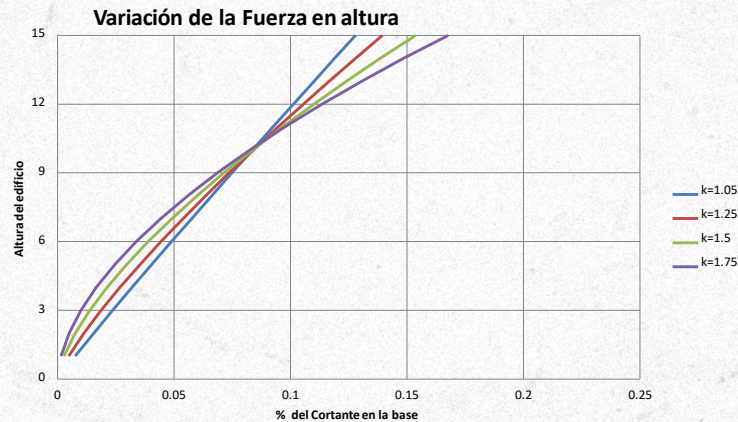
MAGNA
INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL



**... no se permiten
sistemas de
Transferencia ...**

Cortesía Alejandro Muñoz

Distribución de fuerzas en altura



Requisitos de Rigidez, Resistencia y Ductilidad

Desplazamientos admisibles: precisa que el cálculo es con secciones brutas

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso calculado según el numeral 5.1, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11. (Sin cambios)

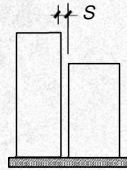
Se agregó la siguiente nota:

Separación entre edificios (junta)

$$s = 0,006 h \geq 0,03 \text{ m}$$

En caso de que no exista la junta sísmica reglamentaria, el edificio deberá separarse de la edificación existente el valor de $s/2$ que le corresponde más el valor $s/2$ de la estructura vecina.

Separación entre Edificios (s):



La distancia “s” será la mayor de las tres consideraciones siguientes:

- 2/3 de la suma de los máximos desplazamientos de los edificios adyacentes
- $0.006(h)$ (en cm)
- 3cm

Tabla N° 11	
LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DE ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso, industrial serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla

Elementos No Estructurales, Apéndices y Equipo



Se consideran como elementos no estructurales aquellos que, estando conectados o no al sistema resistente a fuerzas horizontales, aportan masa al sistema pero su aporte a la rigidez no es significativo.

Para elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural sísmo resistente y deban acompañar la deformación de la estructura deberá asegurarse que en caso de falla no causen daños.

Elementos no estructurales*: no aportan rigidez



- ✓ Cercos, tabiques, parapetos, paneles prefabricados.
- ✓ Elementos arquitectónicos y decorativos entre ellos cielos rasos, enchapes.
- ✓ Vidrios y muro cortina
- ✓ Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- ✓ Instalaciones eléctricas.
- ✓ Instalaciones de gas.
- ✓ Equipos mecánicos.
- ✓ Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo

Elementos no estructurales*: no aportan rigidez



- ✓ Cercos, tabiques, parapetos, paneles prefabricados.
- ✓ Elementos arquitectónicos y decorativos entre ellos cielos rasos, enchapes.
- ✓ Vidrios y muro cortina
- ✓ Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- ✓ Instalaciones eléctricas.
- ✓ Instalaciones de gas.
- ✓ Equipos mecánicos.
- ✓ Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo

Tabiquería (Elementos no Estructurales)



No le prestamos la atención debida:

- ✓ Tabiques sin amarre (columnitas)
- ✓ Mala calidad del ladrillo
- ✓ Espesores de tabiques cada vez mas reducidos
- ✓ No hay supervisión del mortero ni de sus componentes
- ✓ Las instalaciones eléctricas y sanitarias debilitan seriamente a los tabiques

Elementos no estructurales:Fuerzas de Diseño



Los elementos no estructurales, sus anclajes, y sus conexiones deberán diseñarse para resistir una fuerza sísmica horizontal en cualquier dirección (F) asociada a su peso, cuya resultante podrá suponerse aplicada en el centro de masas del elemento tal como se indica a continuación:

$$F = \frac{a_i}{g} C_1 P_e$$

$$F = \frac{F_i}{P_i} C_1 P_e$$

a_i = aceleración en el piso "i"
 C_1 = Coeficiente de la Tabla 12
 P_e = Peso del elemento
 F_i = Fuerza sísmica en el piso "i"
 P_i = Peso del piso "i"

Elementos no estructurales:

Fuerza mínima de diseño $F_{mín} = 0.5ZUSP_e$



Tabla N° 12 VALORES DE C₁	
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3,0
- Muros y tabiques dentro de una edificación.	2,0
- Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3,0
- Equipos rígidos conectados rigidamente al piso.	1,5

85/75

Cimentaciones

Presiones admisibles con sismo



- ✓ La determinación de las presiones actuantes en el suelo para la verificación por esfuerzos admisibles, se hará con las fuerzas obtenidas del análisis sísmico multiplicadas por 0,8.

Momento de volteo



- ✓ Toda estructura y su cimentación deberán ser diseñadas para resistir el momento de volteo que produce un sismo, según los numerales 4.5 o 4.6. El factor de seguridad calculado con las fuerzas que se obtienen en aplicación de esta Norma deberá ser mayor o igual que 1,2.

Conexiones



- ✓ Para zapatas aisladas con o sin pilotes en suelos tipo S_3 y S_4 y para las Zonas 4 y 3 se proveerá elementos de conexión, los que deben soportar en tracción o compresión, una fuerza horizontal mínima equivalente al 10 % de la carga vertical que soporta la zapata.
- ✓ Para suelos de capacidad portante menor que 0,15 MPa se proveerá vigas de conexión en ambas direcciones.



**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**



INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

