

PARAMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA RESISTENTE EN VIVIENDAS ECONÓMICAS. -METODO PEER

Mary L. Saldivar¹ - Osvaldo Albarracin²

Palabras claves: Método – Evaluación – Seguridad - Estructuras - Viviendas –

Resumen

Las posibilidades de atenuar el déficit de viviendas para los sectores de menores ingresos se incrementan en la medida que se optimicen los recursos materiales empleados en su construcción. En este sentido el I.R.P.Ha considera necesario aportar en este campo criterios que contribuyan a ello.

El diseño sismorresistente comienza con la selección del material, la configuración formal, la definición del sistema estructural y la estructuración de sus elementos. Estas son decisiones que afectan directamente al diseño sísmico final. Por lo tanto es fundamental una coordinación estrecha entre el arquitecto y el ingeniero estructural con el fin de lograr una arquitectura sismorresistente que armonice la estructura resistente con las formas estético - funcionales, a fin de que ni aquellas afecten a estas, ni las últimas exijan a la primera resistencias especiales.

Dentro de este contexto y teniendo en cuenta que nos encontramos en una zona de alto riesgo sísmico, la estructura constituye un elemento importante tanto desde el punto de vista del diseño, como desde el punto de vista económico.

El método **PEER**, que aquí se presenta, es un aporte a la resolución de la aparente antinomia entre ECONOMÍA y HABITABILIDAD particularizando en la **seguridad estructural**, buscando optimizar los recursos involucrados en la construcción de los elementos resistentes dentro del marco de lo prescripto por las normas vigentes en la provincia de San Juan.

El método, cualicuantitativo consiste en la definición de una serie de índices, que nos permiten evaluar la estructura, desde una serie de aspectos, teniendo en cuenta la racionalidad estructural de la misma para determinar la eficiencia de las estructuras requeridas con relación a su costo relativo.

De los resultados del análisis de distintos prototipos mediante la valoración de diferentes variables, surgen como conclusión algunas premisas que deberían tenerse en cuenta durante la etapa de proyecto de las viviendas.

1. Ingeniera- Docente Investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa) Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño - Universidad Nacional de San Juan, SAN JUAN, Argentina

2. Arquitecto- Docente Investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa). Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño - Universidad Nacional de San Juan, SAN JUAN, Argentina E-mail oalbarra@farqui.unsj.edu.ar

PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA RESISTENTE EN VIVIENDAS ECONÓMICAS

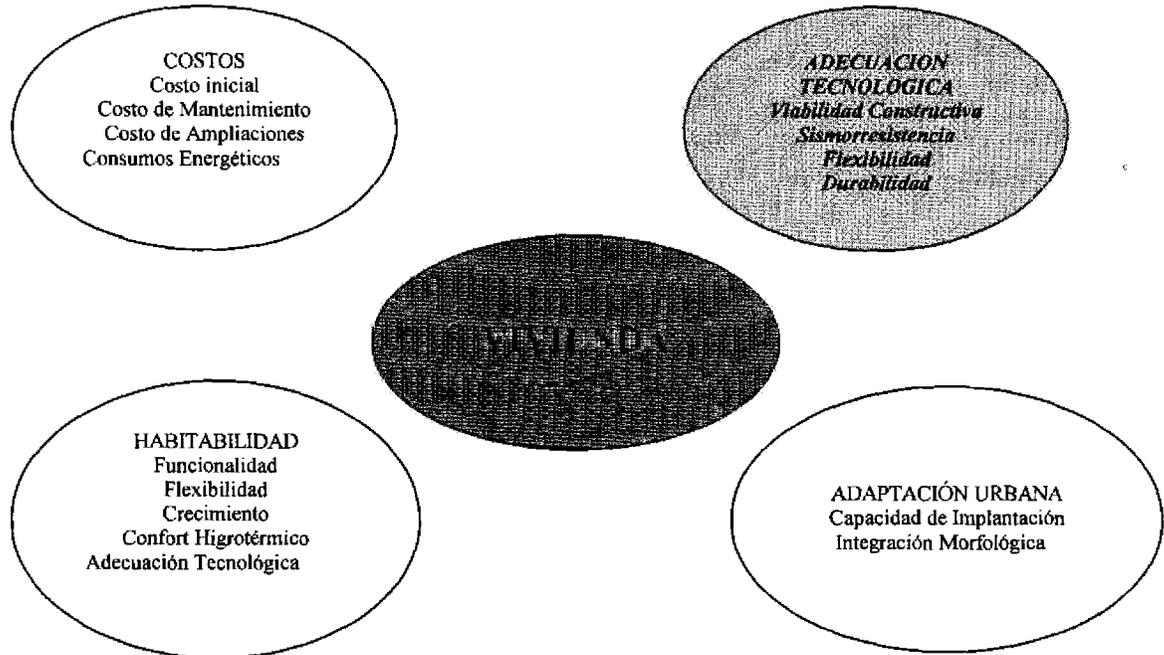
Ing. Mary Saldivar *1
Arq. Osvaldo Albarracin *2

Las posibilidades de atenuar el déficit habitacional para los sectores de menos ingresos se incrementa en la medida que se optimicen los recursos materiales empleados en su construcción. En este sentido el I.R.P.Ha. considera necesario aportar en este campo criterios que contribuyan a ello.

La vivienda es el recinto donde el hombre desarrolla su vida familiar. Su posesión y disfrute es uno de los derechos inherentes al ser humano, y por lo tanto el estado debiera arbitrar las medidas que permitan su construcción y compra por las clases sociales de menos recursos.

El estudio que se describe a continuación se desarrolla dentro del marco del Proyecto de Investigación "Prototipo de Viviendas Económicas Segunda Parte", cuyo objetivo fundamental es concebir prototipos donde las distintas variables de análisis estén optimizadas, sin perder de vista, un condicionante fuerte y/o dominante, el económico.

Las variables que se estudiaron se detallan a continuación:



Dentro de este contexto y teniendo en cuenta que nos encontramos en una zona de alto riesgo sísmico, la estructura constituye un elemento importante tanto desde el punto de vista del diseño, como desde el punto de vista económico.

Con el objeto de optimizar la variable estructural y disminuir su incidencia en el costo final de la obra, fue que se emprendió el siguiente estudio.

¿Qué elementos se podían aportar desde lo estructural para tener en cuenta en el diseño de las viviendas?

*1 Profesor Adjunto de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño. UNSJ. Docente en las cátedras de Estructuras I de la Carrera de Arquitectura de la FAUD. Estructuras Especiales de la Facultad de Ingeniería. Investigador en el Área Tecnológica del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat IRPHa FAUD – UNSJ.

*2 Profesor Adjunto de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño. UNSJ. Investigador en el Área Tecnológica del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat IRPHa FAUD – UNSJ.

¿Cómo podía obtenerse una estructura eficaz, entendiéndose como tal aquella que asegure un buen comportamiento frente a las distintas sollicitaciones actuantes, al menor costo posible.

El diseño sismorresistente comienza con la selección del material, la configuración, la definición del sistema estructural y la estructuración de los elementos constitutivos. Estas son decisiones que afectan directamente al diseño sísmico final. Por lo tanto es fundamental una coordinación estrecha entre el arquitecto y el ingeniero estructural con el fin de lograr una arquitectura sismorresistente que armonice la estructura principal con las formas estético-funcionales, a fin de que ni aquellas afecten a estas, ni las últimas exijan a las primeras resistencias especiales. Cada material estructural se comporta según sus propias características resistencia, rigidez y degradación ante grandes deformaciones por lo tanto debe seleccionarse de acuerdo con la ubicación y condición en que se va a proyectar una vivienda a fin de conseguir una construcción confiable y económica.

El estudio que aquí se presenta aporta a la resolución de la aparente antinomia entre ECONOMIA Y HABITABILIDAD particularizando en la seguridad estructural, buscando optimizar los recursos involucrados en la construcción de los elementos resistentes dentro del marco de lo prescripto por las normas vigentes en la provincia de San Juan, Argentina "INPRES CIRCOC 103.

El método PEER, aquí descrito, cualicuantitativo, determina índices para analizar los distintos prototipos con el objeto de evaluar la eficacia de la estructura requerida con relación a su costo relativo

Cada prototipo fue analizado con cada uno de los distintos índices, cuyos resultados parciales, posteriormente promediados, nos permitieron obtener la evaluación estructural de cada uno de ellos.

De los resultados obtenidos, surgen como conclusión algunas premisas que deberían tenerse en cuenta durante la etapa de proyecto de las viviendas.

MÉTODO PEER

MARCO TEORICO

El método, cualicuantitativo, consiste en la definición de una serie de índices, que nos permitirán evaluar la estructura, desde una serie de aspectos, teniendo en cuenta la racionalidad estructural de la misma.

Los índices están definidos en una escala porcentual de 0% a 100%, correspondiendo el valor superior de la escala al caso donde la variable analizada tenga el valor óptimo.

Los aspectos que se analizan son:

- ▶ Que los muros con capacidad resistentes sean usados para distintas funciones: cierre, aislamiento, capacidad ante cargas verticales y esfuerzos sísmicos.
- ▶ Que la estructura de hormigón sea la mínima reglamentaria, lo que permite una economía en la mano de obra y en los materiales. Es decir en la medida que la estructura sea más homogénea se tiene menor desperdicio de materiales y un mayor rendimiento de la mano de obra.
- ▶ Modulación tanto en planta como en altura.

El sistema estructural empleado, MAMPOSTERÍA PORTANTE, constituye el mecanismo resistente tanto a cargas verticales como horizontales provenientes de las acciones sísmicas.

Se encuadrada dentro del Reglamento INPRES CIRCOC 103, y debe cumplir una serie de requisitos, perfectamente normado. Los elementos que componen éste sistema y sus características más sobresalientes son:

▶ Mampuestos: Se utilizan ladrillos de arcilla cocida, conocidos como ladrillo (6x17x26)cm, que deben cumplir con las dimensiones y resistencia mínima a compresión del orden de 200tn/m², según norma.

▶ Mortero: El mortero es un adhesivo y su adhesión completa y durable con la unidad de albañilería es su objetivo más importante.

Se clasifican en función a su resistencia a la tracción a los 28 días.

Se utilizaran en las obras analizadas en mortero de resistencia intermedia (10MN/m²).

- ▶ Los encadenados: Los encadenados verticales y horizontales que confinan los

muros evitan un comportamiento frágil de los mismos una vez producido el agrietamiento y posibilitan la disipación de energía por deformación inelástica, es necesario por tal motivo que las barras no tengan extremos libres manteniendo la continuidad de los nudos necesarios mediante el anclaje de las armaduras.

Las dimensiones y armaduras mínimas de los encadenados verticales y horizontales están previstos en el Reglamento INPRES CIRCOC 103. Tercera Parte.

Las **fuerza sísmicas** de diseño se esquematizan como un sistema de fuerzas horizontales estáticas equivalentes, admitiéndose que las mismas actúan independientemente según dos direcciones ortogonales de la construcción, considerando para su determinación las cargas permanentes, más una fracción de la sobrecarga de servicio.

Los **efectos torsionales** se evalúan considerando la no coincidencia entre los centros de masa y de rigidez de la estructura. Factor éste muy importante a tener en cuenta en la configuración de la planta de la vivienda y principalmente en la distribución de los elementos resistentes.

DEFINICIÓN DE ÍNDICES

Estudiando distintos prototipos que se formularon dentro del proyecto, y que respondían a distintos requerimientos desde los otros aspectos de análisis mencionados al comienzo, siempre de viviendas económicas y donde todos respetaban la normativa vigente, buscamos los elementos que determinaban el mayor o menor costo de la estructura, ya sea por incidencia en la mano de obra y/o en los materiales.

I1- Índice de Muros

Tiene por objeto que la mampostería colocada sea empleada en el mayor número de usos posibles: cerramiento, seguridad y resistencia.

Se define como el cociente entre la superficie de muros portantes respecto de la superficie total de muros de la vivienda, en porcentaje.

Aquella vivienda donde la relación sea el 100% sería el caso óptimo.

$$I_1 = \left(\frac{\text{Superficie de muros portantes}}{\text{Superficie total de muros}} \right) * 100$$

I2-I3- Índices de Densidad

Se entiende por densidad de muros el cociente entre la superficie horizontal de muros en cada dirección, respecto de la superficie de la planta de la vivienda con diafragmas rígidos, como elementos de cierre horizontal.

La densidad mínima establecida por el Reglamento INPRES CIRCOC, es de 0,02 para mampostería de ladrillos macizos, elemento utilizado en los proyectos a analizar.

Se define como el cociente entre la densidad de muros portantes de una vivienda y la densidad mínima reglamentaria.

Los valores igual o mayor al 100%, es decir aquellos se superen la densidad mínima establecida por la Norma, se tomaran como 100, los menores con el porcentaje que resulte de la operación. .

Este variable se aplica a las dos direcciones principales de análisis X e Y.

$$I_2 = \left(\frac{\text{Densidad de muros según } X}{\text{Densidad mínima (0,02)}} \right) * 100$$

$$I_3 = \left(\frac{\text{Densidad de muros según } Y}{\text{Densidad mínima (0,02)}} \right) * 100$$

14-Índice de Regularidad

La regularidad en planta es uno de los aspectos importantes a tener en cuenta, en el diseño sismorresistente, dado que disminuye las posibilidades de efectos torsionales. Si a éste aspecto, que por sí solo origina mayor racionalidad estructural y un mejor comportamiento de la estructura le adicionamos el hecho que toda irregularidad origina un mayor costo constructivo por el incremento del desperdicio de material, y disminución del rendimiento de la mano de obra, esto en su conjunto nos muestra la importancia de la definición de éste índice.

Se define como el porcentaje de la vivienda que presenta regularidad en planta.

El valor del índice será mayor cuanto mayor sea el porcentaje de la vivienda con impronta regular.

$$I_4 = \left(1 - \frac{\text{Cerramiento horizontal irregular}}{\text{Cerramiento horizontal total}} \right) * 100$$

15-16-17-Índices de Estructura de Hormigón

Considerando como estructura mínima la formada por vigas de encadenado, columnas de encadenado y vigas de fundación, con dimensiones y armadura ya definidas por el Reglamento INPRES CIRCOC, y teniendo en cuenta que se trata de viviendas económicas, donde los costos es una de las variables que debe ajustarse al máximo, es importante concebir proyectos que se puedan resolver estructuralmente con la estructura mínima reglamentaria.

La existencia de columnas de cargas, vigas de cargas, y vigas de arriostramiento, origina un mayor costo de materiales, y operacional.

Este índice pondera la mayor o menor proporción entre la estructura mínima y la resultante del cálculo, en cada diseño estructural.

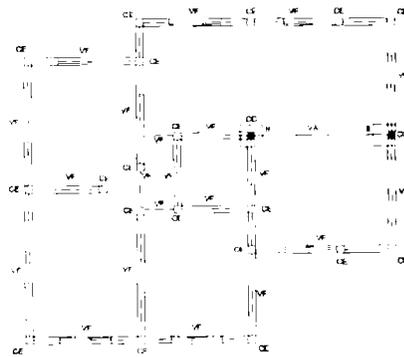
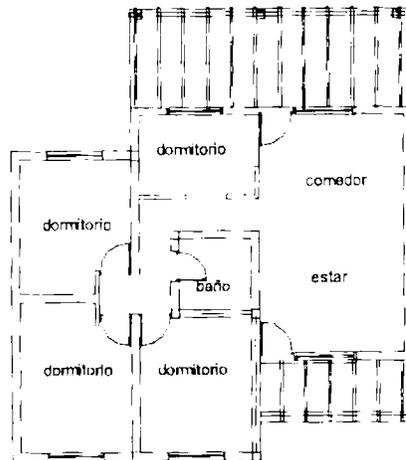
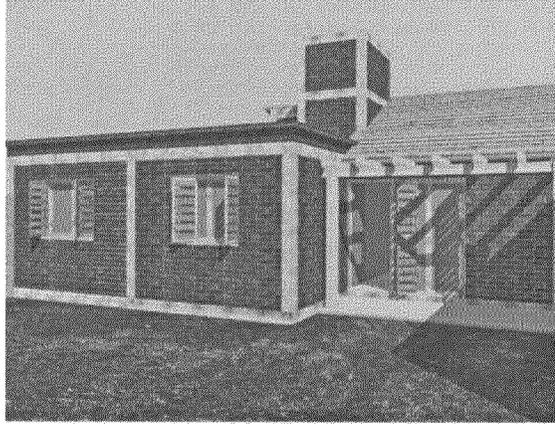
Las viviendas resueltas con la estructura mínima, obtendrán en esta variable el 100% del puntaje.

$$I_5 = \left(1 - \frac{\text{Columnas de cargas}}{\text{Columnas totales}} \right) * 100$$

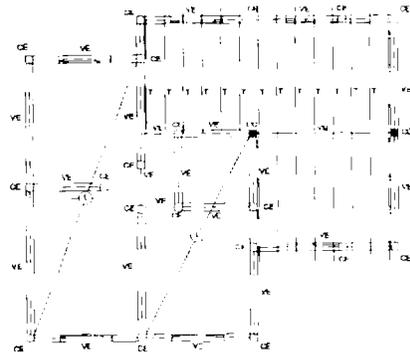
$$I_6 = \left(1 - \frac{\text{Longitud de vigas de cargas}}{\text{Longitud total de vigas}} \right) * 100$$

$$I_7 = \left(1 - \frac{\text{Longitud de vigas de arriostramiento}}{\text{Longitud total de vigas (VF + VA)}} \right) * 100$$

PROTOTIPO B

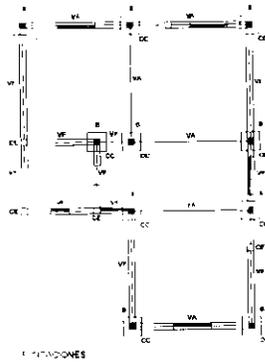
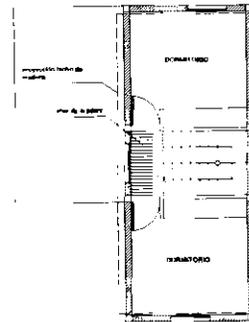
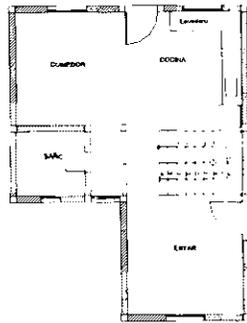
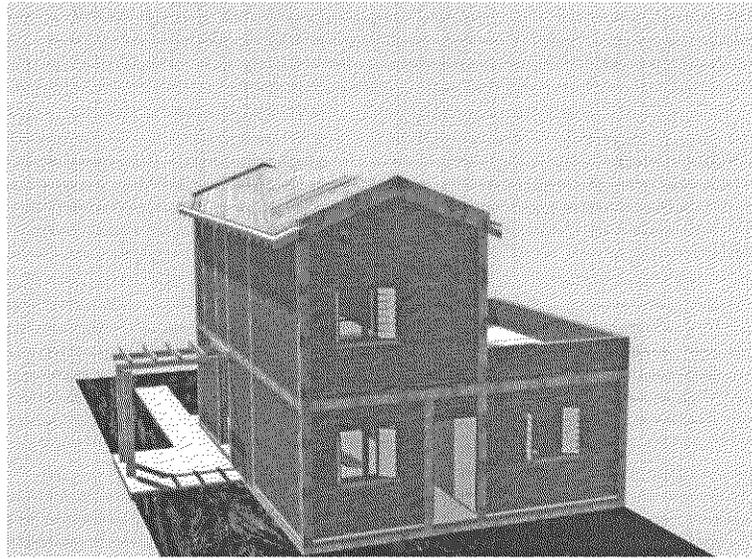


FUNDACIONES

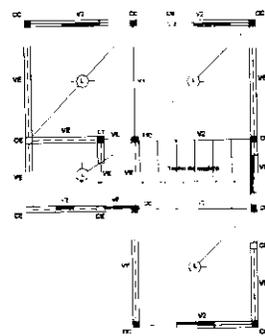


ESTRUCTURA TECHO

PROTOTIPO F



ESTACIONES



ESTRUCTURA PLANTA BAJA



ESTR. PLANTA ALTA

CALCULO DE LOS INDICES EN LOS PROTOTIPOS ANALIZADOS

PROTOTIPO	sup. muros portantes (m2)	sup. total muros (m2)	11
PROTOTIPO A	0.00	145.26	0.00
PROTOTIPO B	66.04	150.90	43.76
PROTOTIPO D	83.72	130.87	63.97
PROTOTIPO F	10.08	93.84	10.74
PROTOTIPO M	5.88	8.84	66.52
PROTOTIPO P	6.684	10.28	64.99

PROTOTIPO	sup. cub. (m2)	dx	dy	12	13
PROTOTIPO A	90.72	0.000	0.000	0.00	0.00
PROTOTIPO B	76.62	0.040	0.100	100.00	100.00
PROTOTIPO D	41.08	0.060	0.120	100.00	100.00
PROTOTIPO F	76.62	0.000	0.000	0.00	0.00
PROTOTIPO M	76.62	0.020	0.030	100.00	100.00
PROTOTIPO P	51.84	0.060	0.067	100.00	100.00

PROTOTIPO	sup. irregular techos (m2)	sup. Total techos (m2)	14
PROTOTIPO A	0.00	51.84	100.00
PROTOTIPO B	0.00	76.62	100.00
PROTOTIPO D	0.00	76.62	100.00
PROTOTIPO F	0.00	76.62	100.00
PROTOTIPO M	0.00	76.62	100.00
PROTOTIPO P	0.00	80.54	100.00

PROTOTIPO	Número columnas de cargas	Número columnas totales	15
PROTOTIPO A	9	12	25.00
PROTOTIPO B	2	21	90.48
PROTOTIPO D	8	29	72.41
PROTOTIPO F	12	18	33.33
PROTOTIPO M	9	24	62.56
PROTOTIPO P	3	28	90.00

PROTOTIPO	long vigas cargas (m)	long total vigas (m)	16
PROTOTIPO A	14.00	70.00	80.00
PROTOTIPO B	4.50	64.00	92.97
PROTOTIPO D	24.00	101.60	76.38
PROTOTIPO F	22.50	63.40	64.51
PROTOTIPO M	12.00	91.20	86.84
PROTOTIPO P	2.80	69.15	96.00

PROTOTIPO	long vigas VA(m)	long total (VF+VA) (m)	17
PROTOTIPO A	14.00	42.00	66.67
PROTOTIPO B	4.50	64.00	92.97
PROTOTIPO D	16.50	101.60	83.75
PROTOTIPO F	7.00	66.90	89.54
PROTOTIPO M	11.00	51.60	78.68
PROTOTIPO P	6.90	73.25	90.60

PLANILLA DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS PROTOTIPOS

VARIABLES	Prototipo A	Prototipo B	Prototipo D	Prototipo F	Prototipo M	Prototipo P
I_1 (%)	0.00	43.76	63.97	10.74	66.52	64.99
I_2 (%)	0 00	100.00	100 00	0 00	100.00	100.00
I_3 (%)	0.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00
I_4 (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
I_5 (%)	25.00	90.48	72.41	33.33	62.56	90 00
I_6 (%)	80.00	92.97	76.38	64.51	86.84	96.00
I_7 (%)	66.67	92.97	83.76	89.54	78.68	90.60
TOTALES(%)	38.81	88.60	85.22	42.59	84.89	91.65

Los resultados anteriores califican los prototipos analizados, desde el punto de vista de la racionalidad económica de la estructura utilizada. Estos valores deben conjugarse con los resultados de las otras variables que se desarrollaron en el proyecto, con el objeto de obtener una calificación totalizadora de todos los aspectos que inciden en la definición de un proyecto.

Del análisis de las variables anteriores surgen como conclusión algunas premisas que deberían tenerse en cuenta durante la etapa de proyecto de las viviendas:

- ▶ El diseño modular
- ▶ La regularidad tanto en planta como en altura
- ▶ Buena densidad de muros resistentes
- ▶ Alta rigidez torsional, simetría en planta tanto como en estructura
- ▶ Estructura de hormigón armado mínima reglamentaria

BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Normas Argentinas para la Construcción Sismorresistentes INPRES CIRCOC 103.
Parte I. Construcciones en General.
- ▶ Normas Argentinas para la Construcción Sismorresistentes INPRES CIRCOC 103.
Parte II. Construcciones de Hormigón Armado y Hormigón pretensado.
- ▶ Normas Argentinas para la Construcción Sismorresistentes INPRES CIRCOC 103.
Parte III. Construcciones en Mampostería.
- ▶ Método Gráfico de Interpretación Normativa. Ing. Saldivar M, Ing Moreno J, Arq.
Albarracin O. Año 2000.