

# SUSTENTABILIDAD DE UN MODELO ESTRUCTURAL FUERA DE NORMATIVA. ARQUITECTURA PATRIMONIAL EN ALBAÑILERÍA SIMPLE DE LADRILLOS

Sustainability of a non-normative structural model. Architectural heritage in simple masonry of bricks.

**Isabel María García García**

Arquitecta de la Universidad de Chile, Máster en Diseño Sísmico de Edificios Universidad Mayor, Diploma en Estudios Avanzados y Doctora en Arquitectura y Patrimonio Cultural de la Universidad de Sevilla. Docente de las Escuelas de Arquitectura de la Universidad Central y Universidad de Chile y Escuela de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Metropolitana. Es Coordinadora del Área de Ciencias de la Escuela de Arquitectura U. Central

## RESUMEN

Una antigua tipología constructivo estructural utilizada en la ciudad de Santiago permanece vigente por nueve décadas, resistiendo terremotos severos durante dos siglos: XX y XXI. Se trata de albañilería simple de ladrillos de arcilla, cocidos artesanalmente (Guzmán, 1992:186), combinados con tabiques de madera.

La calidad de los materiales, la supervisión permanente de las obras en construcción, la calidad del suelo de implantación de las viviendas así como la ubicación en zonas de resguardo de desastres cobra gran importancia en conjuntos habitacionales estudiados por la autora.

## ABSTRACT

A former structural constructive typology used in the city of Santiago, it remains in effect for nine decades, resisting severe earthquakes during two centuries: 20th and 21st century. It is simple masonry clay bricks, cooked by hand (Guzmán, 1992:186), combined with wooden partitions. The quality of the materials, the permanent supervision of the construction works, the quality of the soil of implementation of housing as well as the location in areas of disaster shelter becomes very important in housing projects studied by the author.

### [ Palabras claves ]

Albañilería simple, tabiques de madera, tipología estructural, calidad del suelo.

### [ Key Words ]

Simple masonry, partitions of wood, structural typology, quality of the soil.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio, que esencialmente contiene partes de mi tesis doctoral, nace como una gran inquietud por restablecer un modelo estructural que hoy en día está fuera de normativa; son las casas de ladrillo artesanal de principios de siglo XX, que no poseen refuerzo de hormigón armado vertical y las más antiguas no presentan ningún tipo de refuerzo en hormigón o metal a la vista. La elección de la materia de Tesis fue difícil, considerando que los tópicos de doctorado estaban relacionados con historia, teoría y composición arquitectónicas. Afortunadamente fue posible establecer un tema dentro del ámbito constructivo estructural, por lo cual me fue asignado un co-director especialista, sin descuidar lo propio del departamento gestor de tesis. Me desempeño por más de 20 años como profesora de Estructuras en la Universidad Central de Chile y por eso la cercanía a un tema de este tipo. La tipología de vivienda que predomina en la exposición de casos considerados en mi tesis doctoral, la llevo presente, creo que subconscientemente, desde que era una niña.

## II. LA COMUNA DE ÑUÑO A EN PELIGRO: SITUACIÓN ACTUAL

Ñuñoa fue una comuna con edificación en baja altura hasta la década de 1950. Planes Reguladores de esa época permitían edificios altos en vías principales, ejes de la comuna, como Irrarrázaval y vías periféricas al oriente y poniente, como Américo Vespucio y Vicuña Mackenna. Sin embargo, no se manifestó un interés en el cambio de altura de esas vías durante varios decenios. La imagen de Irrarrázaval fue cambiando lentamente hasta 1989, en que proliferó la construcción de edificios de aproximadamente 12 pisos. A partir de los años 1990 hasta el día de hoy, fue incrementando paulatinamente el interés por la edificación superior a 12 pisos. La actual ordenanza local<sup>1</sup> permite altura libre según rasante, variando el sistema de agrupación, porcentajes de ocupación de suelo y coeficientes de constructibilidad en las tres vías mencionadas: Irrarrázaval, Vespucio y Vicuña Mackenna. El gran y antiguo eje comercial Irrarrázaval ha ido cambiando su imagen, provocando reacciones de oposición en la población, especialmente en sectores de baja altura. La ordenanza aplica hasta una profundidad de 100 metros hacia el norte y el sur de la gran avenida. La erección de los edificios ha ocasionado daños en numerosas propiedades de deslinde; esto se ha acusado en el gran número de denuncias registradas en la Dirección de Obras del municipio. Américo Vespucio, límite oriente de la comuna, mantiene un gran porcentaje de uso residencial, puesto que el Plano Regulador vigente restringe el comercio considerablemente. El incremento de edificación en altura ha sido lento; sin embargo, durante la última década se ha percibido un aumento en edificaciones sin prohibiciones de altura, salvo rasante, permitidas por el Plan Vicuña Mackenna (antiguo camino de Cintura), límite poniente de la comuna, gran y antiguo eje comercial, ha mostrado deterioro severo en el comercio; sin embargo, muestra revitalización a través de edificios de gran altura, sobre 25 pisos, libres según rasante, de uso vivienda. Las propiedades antiguas que acogieron comercio 20 años atrás, han sido abandonadas y no han recuperado su primitivo uso de vivienda. Cabe agregar que los grandes ejes oriente y poniente han potenciado su incremento en altura

1 Ordenanza Local y Plan regulador Comunal de Ñuñoa. Aprobado por decreto N° 129 del 27 de octubre de 1989. Texto actualizado noviembre de 2007. Disponible en: [http://www.nuñoa.cl/media/plano\\_regulador/ordenanza\\_nov2007.pdf](http://www.nuñoa.cl/media/plano_regulador/ordenanza_nov2007.pdf)  
Eje oriente: Américo Vespucio. Eje poniente: Vicuña Mackenna



Vistas de conjunto Leopoldo Urrutia. Edificios en Av. Irarrázaval amenazan a la densidad. Fotos Luis Vargas. 2011

en los sectores en los cuales se ha dotado circulación de tren subterráneo como medio de transporte urbano interconectado dentro de la ciudad de Santiago. También es válido mencionar que el actual Plano Regulador mantiene baja altura, máximo 4 pisos para un sector que corresponde aproximadamente al 70% de la comuna, con uso preferente de vivienda. Es la razón por la cual Ñuñoa sigue siendo un sector que ejerce mucha atracción sobre personas que residen en otras comunas de Santiago. En vías cercanas a los conjuntos en estudio, como por ejemplo José Domingo Cañas y Dublé Almeyda, el Plan Regulador permite vivienda en altura y oficinas comerciales. Los tamaños prediales son variables y todavía existen numerosos terrenos con edificaciones de baja densidad. La Dirección de Obras de Ñuñoa ha recibido permanentemente denuncias de vecinos del sector por ejecución de faenas de sobrecalzado de dudosa calidad. Esto



Edificios de Av. Suecia e Irarrázaval amenazan a conjunto Núñez de Arce. Cableado eléctrico aéreo invade el barrio antiguo. Fotos Luis Vargas. 2011

se acusa en asentamientos diferenciales en casas de deslindes a las profundas excavaciones; muchas veces estos descalces no cuentan con un control riguroso y se inician faenas antes de obtener el Permiso respectivo de Edificación.

Hay tres conjuntos vulnerables a una mayor densidad, producto de la permisión de construcciones en altura en sectores aledaños: Elías de La Cruz, Leopoldo Urrutia y Núñez de Arce.

Verónica Adrián, arquitecta residente de barrio Elías de la Cruz, comentó en enero de 2006, que pese a ser este el único conjunto habitacional reconocido en el Plan Regulador a esa fecha como Zona de Conservación Histórica, está siendo vulnerable a la edificación en altura en tres de sus bordes: calle Dublé Almeyda por el norte, avenida José Domingo Cañas por el sur y calle Capitán Fuentes por el oriente: "Nuestro barrio es el único sector considerado Zona de Conservación Histórica de Ñuñoa, sin embargo paradójicamente, estamos en peligro de sufrir el "efecto isla", a causa del brutal cambio que su morfología urbana ha sufrido durante los 2 últimos años, particularmente en sectores de mayor valor patrimonial, como es el caso de la zona que rodea nuestro barrio. En el borde oriente y sur se han edificado torres de gran altura, por el norte existen otros 2 proyectos más, contaminando visualmente el paisaje: -Ya no tenemos derecho a la cordillera, ni a la aparición de la luna por el oriente, además de perder asoleamiento por el norte y oriente, sumándose a ello el desbordante incremento de las densidades habitacionales, lo que produce alta congestión vehicular, contaminación acústica y del



Edificios de doce pisos amenazan a Barrio Elías de la Cruz, interfiriendo vistas a la cordillera y a la luna, además de aumentar densidad considerablemente. Imágenes de Leticia Benforado García (2017)

aire, por citar solo los impactos más visibles.”<sup>2</sup> La red ciudadana por Ñuñoa es una organización de vecinos que defiende sus propiedades de las ventas inmobiliarias que paulatinamente han ido en aumento en la comuna. Han denominado “Cronología del Desastre” la situación que han vivido la última década quienes han sido víctimas de una construcción en altura en alguno de los deslindes de su propiedad. Señalan que la normativa es antigua y que las autoridades promueven el desarrollo de las edificaciones, sin controlar situaciones de riesgo alertadas en forma reiterada en la Dirección de Obras Municipales. El impacto negativo de la edificación que irrumpe agresivamente en los habitantes, se manifiesta, según la red Ciudadana, en diversos aspectos de sus vidas (social, psicológico, ambiental, salud). Acusan irregularidades en el uso horario de trabajo. También reclaman la existencia de un grupo profesional interdisciplinario para elaborar un Nuevo Plan Regulador, en el cual concurren Geógrafos, Ingenieros Ambientales, Geólogos, Ingenieros, Sociólogos y Arquitectos con especialización en Urbanismo.<sup>3</sup> El crecimiento acelerado de la comuna en las vías que permiten edificación en altura, conlleva un aumento en la densidad habitacional, pues la idea es construir una gran superficie en el menor espacio. Este crecimiento crea impactos negativos en el entorno: visual, de viento, en el paisaje, disminución de asoleamiento y otros que deberán ser considerados en las políticas de desarrollo urbano (Valdés, Echechurri y Tripaldi: s/f: 1). Las transformaciones que están produciendo las torres en su entorno son violentas y propician un tipo de ciudad incompatible con los criterios de sostenibilidad. La imagen urbana revela un conflicto entre un modelo formal consolidado y su modificación a causa de un proceso inmobiliario densificatorio descontrolado (Céspedes y Muñoz, 1996:218)

### III. ALBAÑILERÍA SIMPLE DE LADRILLOS ARTESANALES

Las obras levantadas con ladrillos, bloques de cemento, piedras y otros materiales análogos, son denominadas fábrica. Cuando se menciona un muro de fábrica, se interpreta que dicho paramento está construido o relleno con materiales pesados, unidos con argamasa o mortero (Guzmán, 1990:131). La estructura del Taj Mahal en la India, el alcantarillado subterráneo de Londres, los templos de Pagán en Birmania, tienen algo en común: se construyeron con ladrillo. “El ladrillo es a la vez el más simple y el más versátil de los materiales, el más ubicuo y el menos valorado, demasiado familiar, pero, a la vez, extrañamente olvidado” (Campbell, 2004:13). Para efectos de este estudio, interesa la edificación de ladrillo de arcilla cocida en forma artesanal, que unida con mortero conforma muros perimetrales de las construcciones de conjuntos de vivienda. También es utilizado el término mampostería y albañilería de ladrillos con igual significado<sup>4</sup>. Los muros interiores de dichas residencias corresponden a tabiquerías estructurales de madera, a base de pies derechos y diagonales, rellenos con adobe, que contribuyen a soportar esfuerzos estáticos y dinámicos del conjunto. La resistencia del ladrillo en compresión en España varía entre 150 Kg /cm<sup>2</sup> y 300 Kg /cm<sup>2</sup> (15 y 30 MPa<sup>5</sup>), en tracción disminuye

2 Comentario de la arquitecta Verónica Adrián. [nunoescalahumana.blogspot.com](http://nunoescalahumana.blogspot.com) 30 enero 2006.

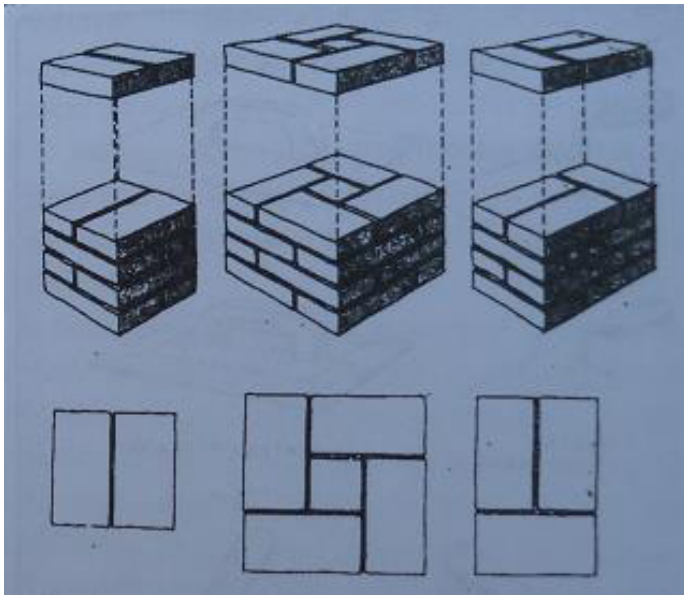
3 <http://rciudadanapornuñoa.blogspot.com/>

4 Mampostería: obra de piedras o ladrillos unidos con mortero o simplemente sobrepuertos; sinónimo: albañilería. (Meli, 1998: 219). Albañilería: Obra de ladrillo, piedra, cal y arena; sinónimo de mampostería. (Meli, 1998: 217)

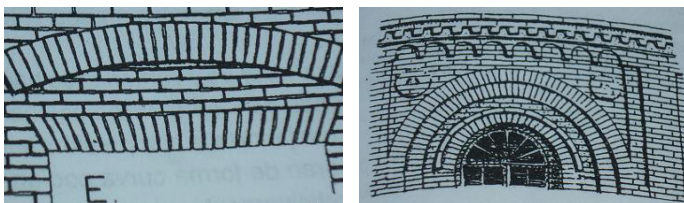
5 1MPa = 10 kg/cm<sup>2</sup>



Casa de ladrillo artesanal del conjunto La Colmena. Los Jazmines 579. Ñuñoa. Imagen propia



Diversas formas de disponer ladrillos en un pilar (Guzmán, 1990:133).



Sobrecargo o arco de descarga

Fachada de ladrillo

(Guzmán, 1990:133).

entre 5% y 8% de ese valor. Su elasticidad oscila entre 50.000 Kg /cm<sup>2</sup> y 100.000 Kg /cm<sup>2</sup> y un coeficiente de Poisson<sup>6</sup> entre 0,15 y 0,20. Para morteros de pega con proporciones cal: arena entre 1:3 y 1:5,25 kg/cm<sup>2</sup> y su resistencia a tracción un 5% (Escrig, 2004:81). La resistencia del muro de fábrica en su conjunto de elementos es variable y depende de sus piezas y espesores de juntas. En general oscila entre 20 kg/cm<sup>2</sup> y 110 kg/cm<sup>2</sup> en compresión (Escrig, 2004:81), aunque actualmente en Chile se ha llegado incluso a considerar hasta 5 kg /cm<sup>2</sup> de resistencia en compresión y un 10% de esa cifra en tracción y corte; en México se considera entre 15 y 20 kg/cm<sup>2</sup> (ladrillo con mortero de cal) de resistencia en compresión, 2 kg/cm<sup>2</sup> en corte y 10.000 kg/cm<sup>2</sup> para módulo de elasticidad. (Meli, 1998: 31)

Los muros de ladrillo mencionados, no siguen las reglas de materiales elásticos como el acero u otros materiales modernos. Por tal razón es conveniente obtener ciertos valores que nos permitan utilizar parámetros de rigidez y deformación que puedan ser analizados a través de expresiones matemáticas. (Escrig, 2004:81). Para cálculo estructural de resistencia, se recurre a reglas empíricas, pero también se utilizan dos hipótesis extremas:

- Comportamiento lineal hasta la falla, dando pie al uso de fórmulas de la teoría elástica para el cálculo de esfuerzos.
- Comportamiento plástico, en el que se supone que antes de la falla, es permisible que toda el área de la sección sujeta a compresión, alcance el esfuerzo máximo resistente a ese tipo de trabajo.

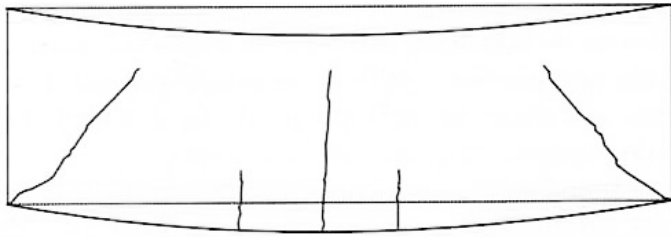
Si bien esta última hipótesis parece estar alejada del comportamiento de un material frágil como la albañilería, permite mejores estimaciones de resistencia. (Meli, 1998:36)<sup>7</sup>

Según Euclides Guzmán, los pilares de ladrillo debían contar con espesores equivalentes a la octava parte de su altura. De este modo, un pilar de 35 cm espesor debería tener una altura cercana a 2,80 m. La ejecución artesanal de muros de ladrillo sin refuerzo logró buenos resultados, especialmente molduras y decoraciones ejecutadas en cada hilada en el alzamiento de muros. Los reforzamientos o confinamientos de vanos, se ejecutaban con el mismo ladrillo; en el caso de confeccionar dinteles curvos, se colocaba como dovelas, trabajando en compresión, compromiso característico de este material. En dinteles rectos la compresión aumenta, por lo cual la luz a salvar es menor. Si se requiere un dintel recto de mayor luz, es factible disminuir su carga superior a través de un sobrecargo o arco de descarga.

Tanto muros como pilares de ladrillo deben ser capaces de resistir cargas de peso propio y sobrecargas de la edificación, como también esfuerzos horizontales en el sentido de sus planos y perpendicular a ellos. En la opinión de Roberto Meli, los muros tienen la misión de cumplir tres funciones:

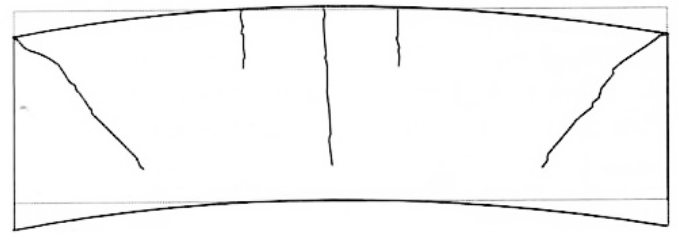
6 El coeficiente de Poisson (denotado mediante la letra griega  $\nu$ ) es una constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de un prisma de material elástico lineal e isótropo cuando se estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la de estiramiento. El nombre de dicho coeficiente se le dio en honor al físico francés Simeon Poisson.

7 Según Meli, la redistribución de esfuerzos que se presenta antes de la falla produce una condición bastante más próxima a la plastificación que a la distribución lineal.



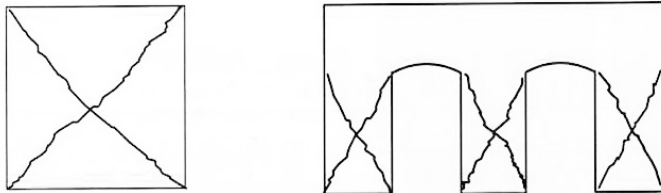
Agrietamiento por hundimiento de la parte central del edificio

(Meli, 1998:48)



Agrietamiento por hundimiento de los extremos

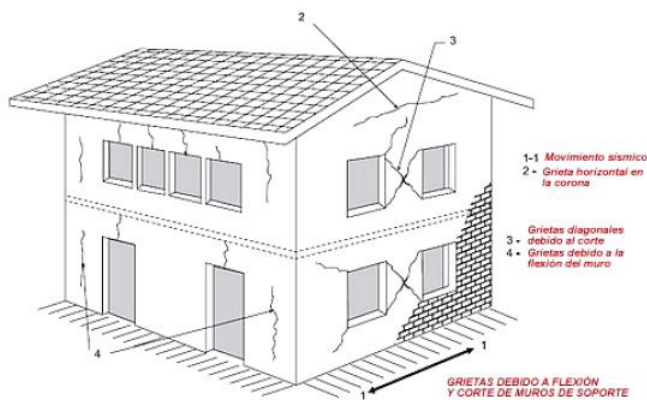
(Meli, 1998:48)



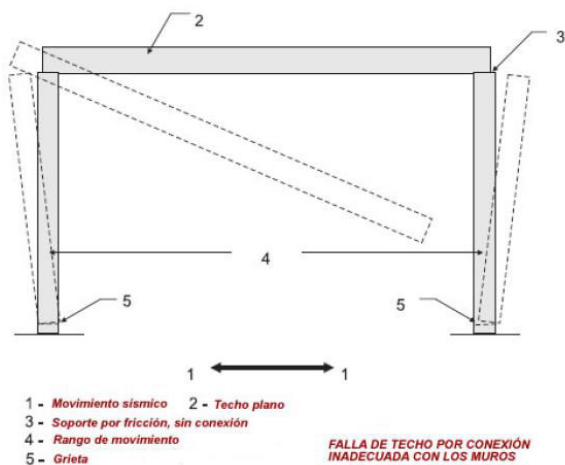
Agrietamiento por fuerzas laterales alternadas (sismos)

(Meli, 1998:48)

#### ◆ Daños y fallas de muros de soporte



(IAEE, 2004: 4).



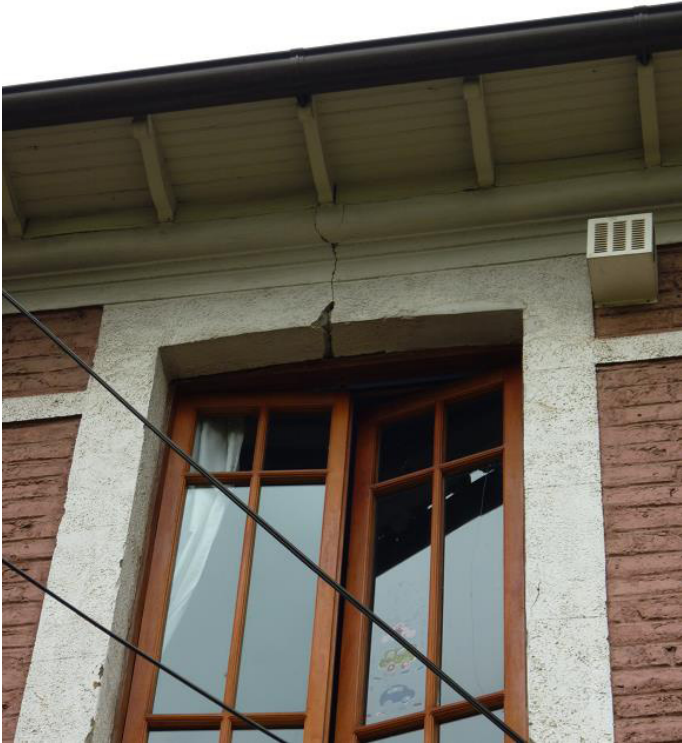
(IAEE, 2004: 5)

1. Soportar carga axial (peso del muro, peso de cubierta más sobrecarga de uso).
2. Resistir empujes normales a su plano que generan flexión en la dirección más débil del muro.
3. Ser capaces de recibir empujes laterales en el sentido de sus planos originados por la cubierta cuando están alineados para trabajar como contrafuertes.(Meli,1998:47)

Santiago Huerta, importante seguidor de Heyman, señaló que las fábricas son rígidas y trabajan exclusivamente en compresión; de ahí la importancia que la línea de empujes siempre circule por el interior de la estructura (Escríg, 2004:62). Por otra parte, son frágiles y por lo mismo están constantemente sujetas a micro fragmentaciones o grietas, según las afectaciones ambientales a las que están expuestas. La configuración de grietas en muros, generalmente evidencia el origen de la falla estructural. Los hundimientos de terreno arrastran a los muros hacia abajo, mientras la parte no afectada se mantiene en su lugar (Meli,1998: 48). Fallas originadas por corte se evidencian a través de grietas diagonales, producto de compresión o tracción diagonal. Por lo general, las grietas se inician en la esquina de una abertura o desde el centro de un segmento de muro. Otro tipo de falla es por flexión; las grietas de tracción se presentan verticalmente. Como los sismos generan movimientos en una dirección, pero en sentidos opuestos, es factible que se obtengan simultáneamente los efectos de corte y flexión, observados en las mismas grietas. Si el coronamiento de los muros no presenta reforzamiento, es posible que durante un sismo se incremente la carga de cubierta y el muro falle por inestabilidad (IAEE, 2004: 4).

Meses después del sismo del 3 de marzo de 1985, en la ciudad de Santiago de Chile se realizó una gran inspección de edificaciones dañadas por el terremoto, efectuada por especialistas, quienes catastraron las construcciones. La mayor parte de las edificaciones correspondió a unidades de viviendas aisladas o pareadas, cuyas superficies en planta van desde 50 m<sup>2</sup> hasta 250 m<sup>2</sup> aproximadamente.

Las inspecciones sobre posibles daños que se realizaron en los inmuebles de albañilería de ladrillos sin armar, correspondieron a edificaciones ejecutadas a fines del siglo XIX y principios del XX. Los materiales utilizados eran ladrillos artesanales cocidos para llevar a cabo su cocimiento. Existe la creencia que en construcciones anteriores al siglo XX, las unidades artesanales habrían sido cocidas en hornos (Cruz, 1988:79). También se señalaba que los morteros inspeccionados en los edificios más



*Daño en dintel en 2º piso. Sismo del 27 de febrero de 2010. Conjunto Elías de la Cruz. Imagen propia.*



*Desplome de antetecho en 2º piso. Sismo del 27 de febrero de 2010. Conjunto Elías de la Cruz. Imagen propia.*



*Dstrucción del empalme de muros. Sismo del 27 de febrero de 2010. Conjunto Elías de la Cruz. Imagen propia.*

antiguos llevarían cal, mientras que los más recientes contendrían cemento. Se observó, en general, que la calidad de ladrillos y morteros, así como su integración fue muy buena, conformando muros de espesores superiores a 40 centímetros, que contenían reforzamientos del mismo material a modo de contrafuertes a poca distancia entre sí y vanos de pequeña talla. La mayor parte de este registro correspondió a casas del sector centro-poniente de Santiago (Cruz, 1988:80). El comentario para esta muestra fue que las viviendas catastradas de un piso mostraron daños como:

- Fisuras en encuentros de muros, a veces con desplome de los mismos.
- Desplome de antetechos, con distintos grados de gravedad, que aunque no fue un daño estructural, constituyó un riesgo para los transeúntes.

Las construcciones de dos pisos de la misma materialidad mostraron un comportamiento más insatisfactorio:

- Desplome de muros muy esbeltos en relación a su altura.
- Destrucción del empalme de muros y su desacople.
- Vaciamiento y falla de dinteles.

El tipo de edificación en estudio, para permanecer en el tiempo luego de tantos sismos severos, presenta numerosas características, las más relevantes son: pequeños vanos de puertas y ventanas, ubicados lejos de las esquinas y de encuentros de muros, así como arriostamientos (muros perpendiculares) a poca distancia que reducen la luz en la flexión lateral. Cuentan con cuantiosas particularidades muy bien representadas por observaciones recogidas por los organismos IAEE y NICEE:<sup>8</sup>

- Las aberturas deberían distanciarse de las esquinas como mínimo  $\frac{1}{4}$  de la altura del vano y como mínimo 60 cm.

8 international Association for Earthquake Engineering (IAEE) Japan and National Information Center of Earthquake Engineering (NICEE) India. (IAEE, 2004:8)

- La longitud total de vanos no debería superar el 50% del largo del muro entre arriostramientos en un piso, 42% en dos pisos y 33% en tres pisos.
- La distancia horizontal entre dos vanos no debería ser inferior a la mitad de la altura de la abertura más pequeña, ni menor a 60 cm.
- La distancia vertical entre dos vanos no debería ser menor a 60 cm, ni menor a la mitad del ancho de la abertura menor.
- Cuando no se cumplan las recomendaciones indicadas, los vanos deberán ser enmarcados o reforzados con varillas.
- Los dinteles que se originan entre dos vanos representan zonas vulnerables del muro sometido a fuerzas laterales y es posible que se generen grietas en diagonal por tal efecto.
- Si existe una mala conexión de muros y cubierta, es posible que se dañen las murallas, formándose grietas de tracción y separación entre paramentos. Además se podrían generar problemas en techumbre y entrepisos.
- Cimentaciones mal conectadas a los paramentos resistentes también pueden originar daños en muros.
- Fallas en terrenos, que pudiesen generar problemas a cimientos de poca profundidad; asentamientos diferenciales de terreno, especialmente por licuefacción de arenas, o deslizamientos en laderas intervenidas.
- Grietas por torsión, debidas a irregularidades o asimetrías de trazado en planta.
- Bajo sismos prolongados podrían eventualmente ampliarse grietas existentes, existir colapso parcial por pérdida de albañilería, desplome de reforzamiento de vanos, caída de aleros, separación de esquinas, caída parcial o total de techumbre o su deslizamiento.
- Las mejores resistencias a tracción y corte, se obtienen en muros con morteros ricos en cemento o cal.
- Mientras mayor sea la excentricidad de la carga vertical sobre un muro, menor será su resistencia.
- En pruebas sobre muros de ladrillo combinando esfuerzos de tracción con corte, muestran que su resistencia al corte disminuye cuando actúa la tracción.
- En ensayos sobre muros combinando esfuerzos de compresión con corte, indican que su resistencia al corte aumenta cuando actúa bajo compresión.
- Para mejorar adherencia en la albañilería, las juntas verticales deberían entrelazarse línea por línea
- Es conveniente reforzar horizontalmente los muros para esfuerzos perpendiculares a su plano, para mantener la verticalidad del muro.

Las edificaciones de albañilería simple resisten muy bajos esfuerzos en tracción; estos esfuerzos generados por movimientos sísmicos pueden ser resistidos muy razonablemente cuando la

cantidad de muros y columnas ocupan gran parte de la planta. Es el concepto de densidad estructural. Esta consideración es calculable y perceptible al marcar en negro los elementos soportantes de un edificio en planta. Un edificio histórico como el Taj Mahal ocupa aproximadamente un 50% de densidad estructural; el Partenón, un 25%; la Catedral de Chartres, un 15%; el edificio Monadnock de 16 pisos, construido en albañilería el año 1889 en Chicago, con muros de espesores 1,80 m en planta demolido a principios de siglo XX, tenía un 15%; y edificios de gran altura en la actualidad apenas alcanzan un 2%, debido al uso de materiales dúctiles (Meli, 1998: 50). El conjunto Elías de la Cruz en Ñuñoa (arquitectos Brugnoli-Cousiño, 1928-30) presenta en la tipología C de viviendas un 12,20% de densidad estructural, bastante si la comparamos con la Catedral de México, que no supera esa cifra y es cercana al 12%.

#### IV. EVALUACIÓN DE LA ALBAÑILERÍA SIMPLE

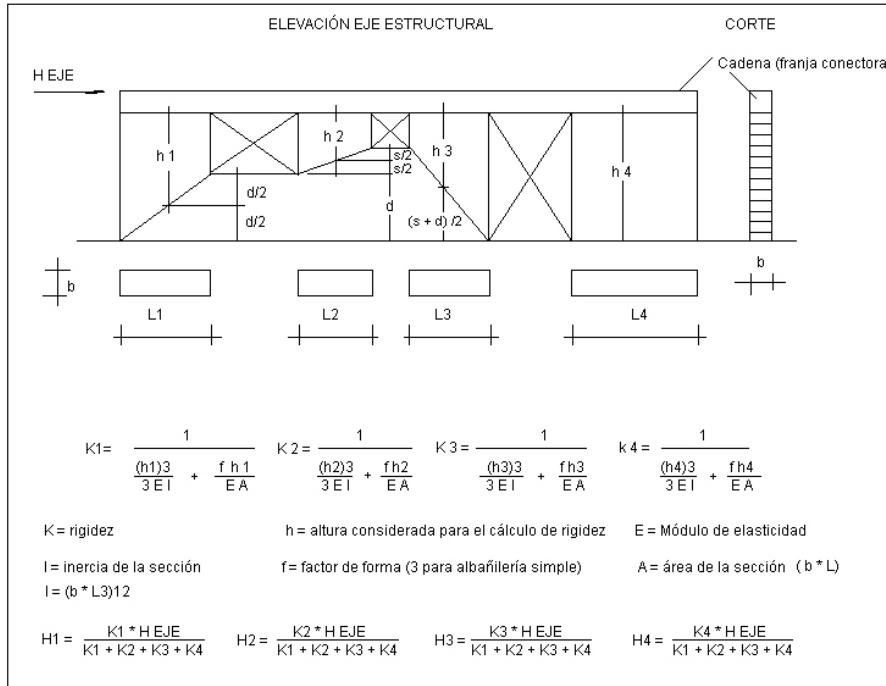
Albañilería Simple: "Es aquella albañilería que no presenta ningún refuerzo vertical. Puede o no tener refuerzos horizontales (cadenas)." (Marchetti, 1990:9)

Tensiones admisibles para el ladrillo chonchón: (Formando parte de albañilería simple)

- Tensión característica (límite ruptura)  $f_{mk} = 15 \text{ kg/cm}^2$
- Tensión admisible por compresión efectiva  $f_{md} = 5 \text{ kg/cm}^2$
- Tensión admisible por cortante  $v = 0,5 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad  $E = 5000 \text{ a } 20000 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico  $P = 1600 \text{ kg/m}^3$

Normas en uso

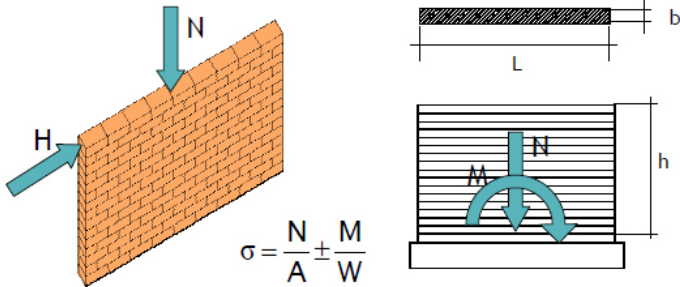
- Ordenanza General de Construcciones y Urbanización.
- Se encuentra fuera de la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización. Se obliga a confinar todos los vanos. Al enmarcarlos con hormigón armado, se debería seguir la norma chilena Nch 2123- 1997, modificada en 2003 Albañilería Confinada. Requisitos de diseño y cálculo.
- Nch 433- 1996, diseño sismorresistente de edificios, modificada en 2009 y 2011. Esta norma restringe el cortante basal, pues al no ser un material aceptado, aplica un gran coeficiente sísmico. Factor de modificación de respuesta  $R=3$ . Se empleará el método de fuerzas laterales equivalentes o Método estático. El esfuerzo de corte basal  $Q_0 = C * I * P$ , en que C es coeficiente sísmico, I es factor de importancia (se usará 1) y P se obtiene multiplicando volumen por peso específico. Entonces se tiene  $C \text{ máx} = (0,60 * S * A_0) / g$ , donde  $S = 1,0$  (para suelo tipo II ó B) y  $A_0 = 0,30g$  para zona sísmica en Ñuñoa. Por lo tanto  $C \text{ máx} = 0,18$
- Nch 432- 2010 especifica acciones del viento.
- Nch 431- 2010, especifica sobrecargas de nieve.
- Nch 1537- 2009, especifica cargas permanentes y sobrecargas de uso para edificaciones.



Distribución de fuerza sísmica (H) según rigideces de elementos conectados a la cadena de hormigón armado (hay casos en que no hay cadena y por lo tanto el elemento conector es una franja horizontal de albañilería).  
Fuente propia.

## EVALUACION

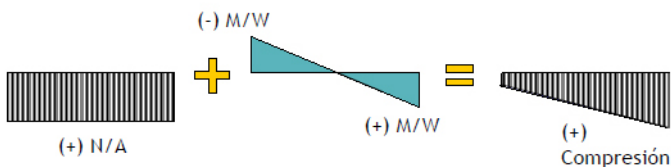
### Flexión compuesta



- N = Carga Normal total incluido peso propio del muro.
- A = Área de la sección en planta.
- M = Momento volcante calculado en la base del muro.
- W = Momento resistente de la sección de muro.

(Veas, 2007: 13)

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$



- La albañilería está en equilibrio, siempre que no pase de la tensión limite.

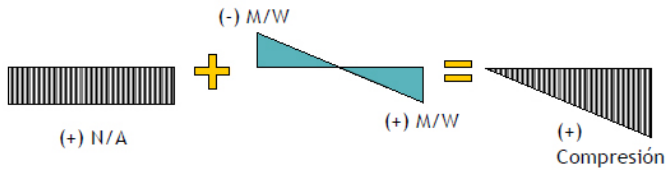
(Veas, 2007: 14)

El diseño de la albañilería se verificará como peso propio más sobrecarga.

**Método Estático:** Se evaluará flexión compuesta y corte en el sentido del plano de los muros. La zona de Nuñoa presenta, para todos los casos, mayor restricción a sismos que a viento. Por lo tanto, se utilizará el método de análisis sísmico basado en el cálculo del cortante basal (Q<sub>0</sub>), distribuido a ejes estructurales, mediante entrepisos flexibles. La suma de fuerzas H en dirección "X" de la planta, será igual a la suma de fuerzas H en dirección "Y" de la planta y equivaldrán al cortante basal total de la edificación. Los entrepisos flexibles operan distribuyendo esfuerzos horizontales "H" por ejes estructurales, de modo que todos los ejes en dirección "X" de una planta asumirán la totalidad del cortante basal Q<sub>0</sub>, del mismo modo que lo harán los elementos en dirección "Y" de la misma planta. La fuerza sísmica "H" de cada eje se redistribuirá a los muros contenidos en dicho eje (elementos amarrados a la cadena o al conector de ladrillo) proporcional a las rigideces de cada muro. Finalmente se procede a la evaluación de flexión compuesta y corte de cada muro dentro de su respectivo eje estructural. La tensión admisible en cada tipo de trabajo no debería ser excedida.



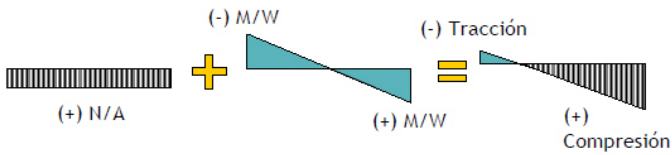
$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$



- La albañilería está en equilibrio, es el caso límite, ya que se está al borde de la aparición de tracciones.

(Veas, 2007: 15)

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

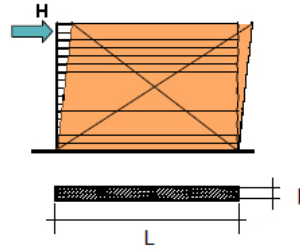


- La albañilería no está en equilibrio, porque ésta no tiene capacidad de responder ante las tracciones.

(Veas, 2007: 16)

## EVALUACION

### Corte



$$V = \frac{H}{0,66 A} \text{ Albañilería simple}$$

$$V = \frac{H}{0,75 A} \text{ Albañilería semiconfinada}$$

$$V = \frac{H}{0,85 A} \text{ Albañilería confinada}$$

- H = Fuerza horizontal producto del sismo.
- A = Área de la sección en planta.

(Veas, 2007: 17)

**Método Modal Espectral:** Siguiendo con la normativa actual que rige al territorio chileno, mencionada en el análisis anterior, se procederá al cálculo de los períodos de la estructura. Se obtendrá inicialmente del análisis modal del software de elementos finitos; luego estos períodos serán analizados de acuerdo a lo estipulado en la NCh 433 Of. 96 modificada el 2009 y 2011 "Diseño Sísmico de Edificios" según el método modal espectral. La modelación comienza con un requerimiento específico, que es simplificar el análisis estructural mediante un software. Luego de contar con la estructuración definida y simplificada, se inicia el empleo del software de la siguiente forma: En primera instancia se ingresan

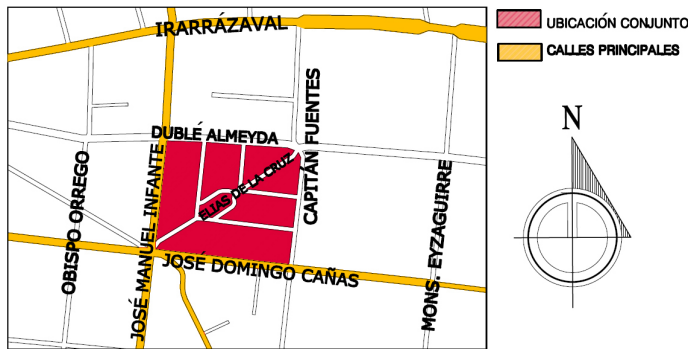
## FICHA ELÍAS DE LA CRUZ

<b>NOMBRE:</b> Elías de la Cruz	<b>CODIGO DE ESTUDIO:</b> C1
<b>UBICACIÓN</b>	
CALLES: Dublé Almeyda, Capitán Fuentes, José Domingo Cañas y José Miguel Infante.	
N° MUNICIPAL MANZANA(S) ROL :	
<b>NORMATIVAS</b>	
ZONA PRL: El conjunto Elías de la Cruz es calificado bajo planificación como Zona Z-6. Zona de conservación histórica.	
<b>Usos de suelo permitidos:</b>	
Residencial: De todo tipo	
Equipamiento: Exclusivamente de las clases detalladas a continuación:	
- Comercio, locales comerciales relacionados con el destino cultural	
- Servicios, en establecimientos destinados principalmente a actividades que involucren la prestación de servicios profesionales, tales como oficinas.	
- Servicios artesanales relacionados con el destino cultural.	
<b>Usos de suelo prohibidos:</b>	
Equipamiento: Todo tipo de equipamiento, con excepción de los expresamente permitidos.	
Actividades Productivas: Todas en general.	
<b>NORMATIVA URBANISTICA DE ZONA</b>	
<b>Z-6</b>	
En esta Zona de conservación histórica, declarada en virtud del artículo 60 de la Ley General de Urbanismo y Construcción, se deben respetar las condiciones de las edificaciones existentes.	
Sin perjuicio de lo anterior se aplicarán las siguientes normas específicas de subdivisión y edificación.	
Superficie predial mínima	300 m <sup>2</sup>
Porcentaje máximo de ocupación de suelo	60%
Coefficiente de constructibilidad	1,2
Sistemas de agrupamiento	Aislado y Pareado
Porcentaje máximo de pareo en el deslinde	60%
Adosamiento	Según Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, retirado a 3 m de la fachada
Altura máxima de edificación	8 m
Rasante	Según Artículo 2.6.3 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones
Antejardín mínimo	3 m

las propiedades, tanto físicas como mecánicas del material, que en este caso corresponden a albañilería y hormigón armado (vigas, cadenas, vigas de sobrecimientos y fundaciones). Para la realización del modelo, se procede a dibujar los elementos Shell<sup>9</sup> que componen los muros de albañilería, vigas, cadenas y vigas de sobrecimientos. Con los periodos (asociados a los modos con mayor masa traslacional según dirección de análisis) encontrados y todos los demás parámetros, se determinan las solicitaciones sísmicas de acuerdo a la NCh 433 Of. 96 MOD. 2009 y 2011 "Diseño Sísmico de Edificios", que será cargado en el software de elementos finitos y asociado a las masas participantes, de acuerdo a lo que indica esta norma, un 100% del peso propio.

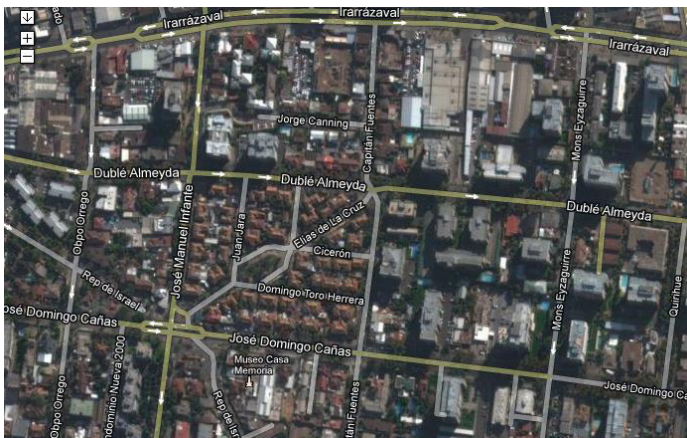
Según este análisis, realizado con una normativa extremadamente severa, la mayoría de los casos de viviendas evaluadas, necesita una armadura de acero en bordes de muros del orden de 10 mm de diámetro, sin necesidad de armadura de refuerzo vertical y horizontal; sin embargo, la normativa exige el refuerzo<sup>10</sup>.

### PLANO UBICACIÓN



Dibujo: Karen Gallardo

### IMAGEN SATELITAL

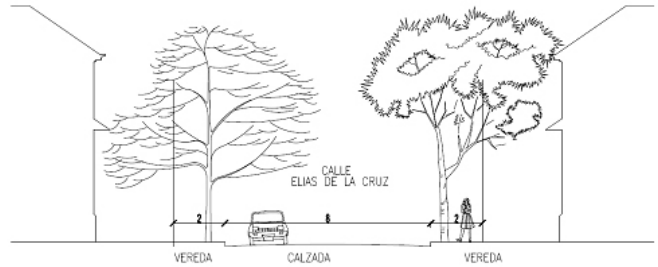


<http://chile.pueblosamerica.com/fotos-satelitales/chacra-valparaiso>

9 En informática, el término shell se emplea para referirse a aquellos programas que proveen una interfaz de usuario para acceder a los servicios del sistema operativo. Estos pueden ser gráficos o de texto simple, dependiendo del tipo de interfaz que empleen. Los shells están diseñados para facilitar la forma en que se invocan o ejecutan los distintos programas disponibles en el computador. Disponible en: <http://blog.desdelinux.net/que-es-un-shell/>

10 En Chile, para cumplir con normativa NCh, del INN, la albañilería puede ser de dos tipos: a) NCh1928 Of 2009, denominada albañilería armada, con acero en barras horizontales y verticales o bien, b) NCh 2123 Of 2003, denominada albañilería confinada esencialmente con hormigón armado en todos los bordes de muros.

PERFIL	
CALLE PRINCIPAL (Elías de la cruz)	
Ancho vereda	2 m
Ancho calzada	8 m
Ancho vereda	2 m
Total ancho	12 m
Largo	—m



Dibujo: Karen Gallardo

Respecto de planos de conjunto y de arquitectura o detalles constructivos, en los archivos de la Dirección de Obras de la Municipalidad de Ñuñoa se encontró plano catastral de conjunto y planimetrías de tipología C.

Plano conjunto



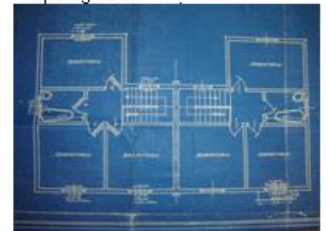
Plano catastral DOM de Ñuñoa

Tipologías C



Planta primer piso

Tipología C



Planta segundo piso

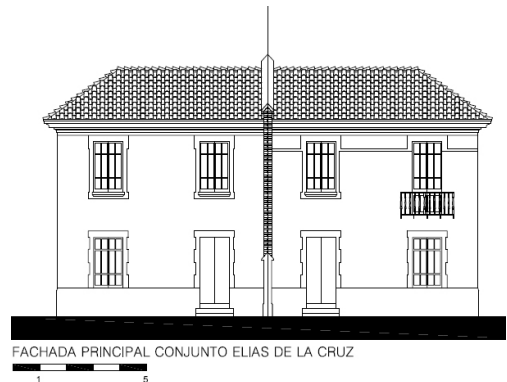
Planimetrías encontradas en DOM de Ñuñoa

El conjunto residencial Elías de la Cruz, de los arquitectos Brugnoli y Cousiño, año 1928-1930, se desarrolla al interior de una manzana, similar en tamaño a las existentes en el sector; el perímetro lo constituyen las calles Dublé Almeyda, Capitán Fuentes, José Domingo Cañas y José M. Infante. Al interior se han desarrollado seis manzanas menores, cuyas calles confluyen a una plaza central de nombre Enrique Bunster. La calle principal, llamada Elías de la Cruz, atraviesa axialmente la plaza, conformando una diagonal que da identidad a este conjunto, aún cuando su direccionalidad no apunta claramente a algo concreto en la trama urbana. Barrio de Conservación Histórica, según Decreto Supremo N° 723 del 15/06/1973. "En su corazón una plaza, que al ser de mayor ancho que la Diagonal, obliga que dos de las manzanas se quiebren produciendo una situación especial de interés. Esta situación queda en definitiva, definida por los muros del jardín, que en este conjunto, particularmente, son tratados con mucha fuerza." (Boza, 1982: 166). Esta agrupación de casas de dos pisos, configura cuatro tipos de pareo: A, B, C y D, separadas de los deslindes y con antejardín. También existe la casa esquina llamada E y la casa F, aquella que no constituye pareo y está adosada a ambos deslindes laterales sin antejardín. Las casas que constituyen pareos, y que son la mayoría del conjunto, sobresalen por su expresión formal basada en el adecuado uso del ladrillo y la presencia de grandes techos con teja de arcilla. Las fachadas exponen vanos enmarcados en estucos que imitan sillerías de piedra y que en algunos casos contrastan con la albañilería. Se observa una fuerte presencia del muro cortafuego entre unidades que constituyen el pareo, que sobresale del plano de fachada y de cubierta. Se destaca la tipología B, que muestra arcos de ladrillo, uno de los cuales denota la presencia de la escalera que comunica los dos niveles. Dada la gran extensión de las fichas en la tesis doctoral, en este estudio se desarrollará exclusivamente una sola: tipología C.

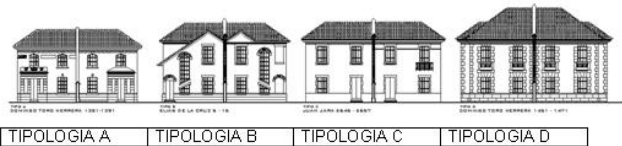
**Valores Urbano - Arquitectónicos:** Conjunto de notable identidad urbano-arquitectónica y adecuada escala residencial que contribuye a precisar la calidad ambiental del lugar. Los cierros contribuyen a diferenciar espacio público de privado, permitiendo al peatón descubrir o imaginar a través de los jardines, lo que ocurre en cada vivienda. Fuera del conjunto se observa una gran proliferación de edificios en altura.



Tipología C. / Imagen y dibujo: Karen Gallardo

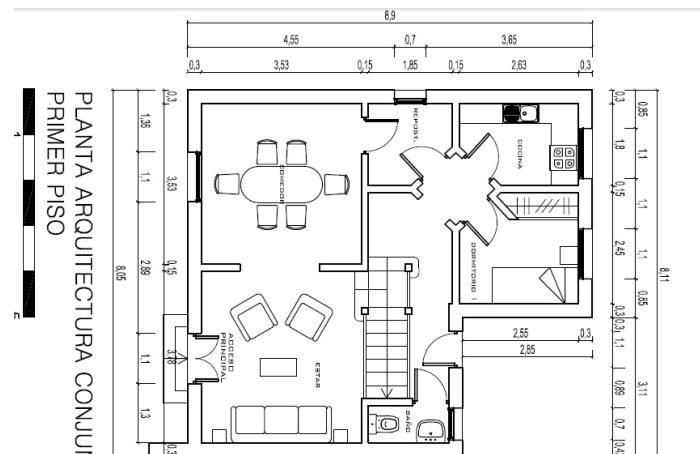


Tipología C. / Dibujo: Karen Gallardo

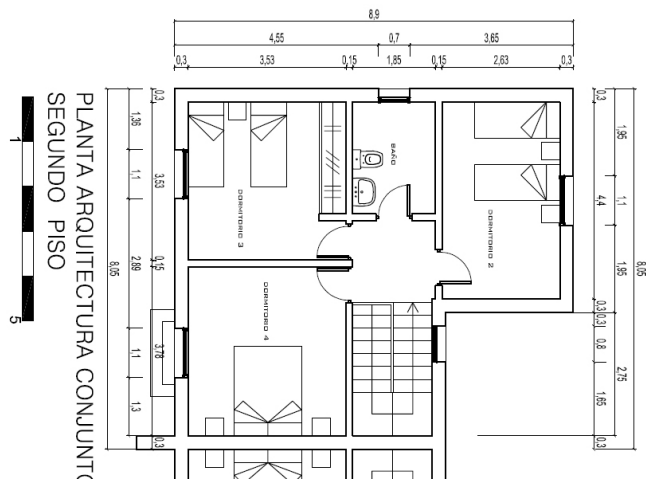


Dibujo e imágenes: Karen Gallardo

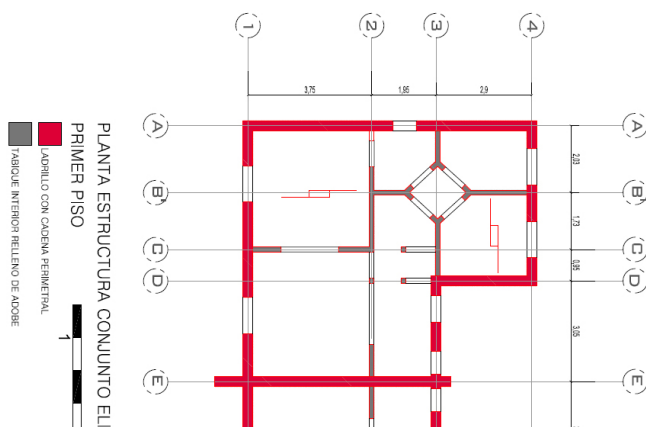
**Valores Arquitectónicos:** Morfológicos y Constructivos: Interesante agrupación de volúmenes, que presentan variedad y armonía de efectos formales y espaciales, dentro de la simpleza de la temática arquitectónica. Sobresale la calidez y el adecuado uso del ladrillo que integran la fábrica constructiva. Soluciones de techumbre con tejas de arcilla aumentan riqueza de volúmenes edificados.



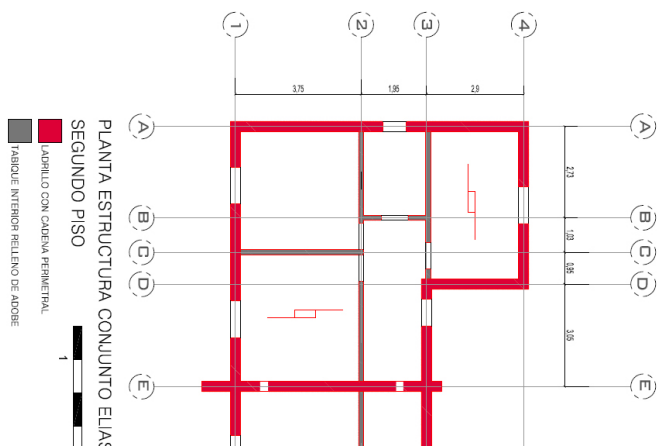
Tipología C. / Planta de arquitectura primer piso. Dibujo: Karen Gallardo



Tipología C. / Planta de arquitectura segundo piso. Dibujo: Karen Gallardo



Tipología C. / Planta de cielo de primer nivel. Dibujo: Karen Gallardo



Tipología C. / Planta de cielo de segundo nivel. Dibujo: Karen Gallardo

**Estado de Conservación:** Las viviendas presentan, en general, buen estado de conservación, aunque un pequeño porcentaje ha sido desafortunadamente intervenido, alterando sus características originales, lo cual se acusó en el sismo del 27 de febrero de 2010.

**Usuarios:** Destacan como usuarios familias compuestas por padre, madre, uno o dos hijos y un adulto mayor, tío o abuelo de los niños. Se observan algunas actividades de talleres artísticos y musicales, además de oficinas administrativas, conservando el uso de vivienda.

**Amenazas a la densidad:** Existe gran amenaza a la densidad del conjunto; este se salva únicamente por contar con protección como barrio de conservación histórica, de modo que aunque se permite demoler, para obra nueva rige el plan regulador que controla iguales características que las viviendas edificadas.

Se calculó con método estático, tensiones admisibles en el sentido del plano de los muros según rigideces, por ejes estructurales y sismo perpendicular al plano. Se escogieron siempre los elementos más desfavorables; dicho cálculo fue realizado por la autora. También se calculó con análisis modal espectral a través de elementos finitos, efectuado por el ingeniero de la Universidad de Santiago: Richard Vásquez. En segundo piso, todas las casas presentan cadena de hormigón armado como elemento conector de rigideces, por lo cual se consideró ese elemento como transmisor de sismo según la rigidez de cada muro. En primer piso, las viviendas no cuentan con cadena, por lo cual se consideró una franja de muro de ladrillo, como elemento transmisor de sismo. (Ver detalle de cálculo estructural en anexo)

Si bien es cierto, la vivienda está satisfaciendo un diseño estructural regido por la actual Normativa Chilena, dado que los muros de albañilería resisten por sí solos los esfuerzos de corte, la inexistencia de armadura mínima horizontal en los muros, hacen que la norma no se esté cumpliendo de forma correcta. Pero, es posible que los muros incluyan piezas metálicas entre hiladas y en conexiones de muros, dado la resistencia aparente que han demostrado. Se presentan muros en dirección X con problemas asociados a esfuerzos de compresión simple y flexo-compresión, según los cálculos realizados se requiere una cantidad de acero de 0.67 cm<sup>2</sup> en los extremos del muro, es decir 1 de 10 en cada extremo. Muros en dirección Y, no presentan problemas por tratarse de paños sin aberturas considerables, es decir presentan una mayor sección transversal y por ende una mayor resistencia ante las sollicitaciones externas (esfuerzos de corte, compresión estática, flexo-compresión). Con respecto a las fundaciones, se establecen las dimensiones mínimas que deberían tener para estar cumpliendo con las exigencias de diseño. Las fundaciones corridas de la vivienda deberían presentar las siguientes dimensiones: Ancho mínimo fundación: 50 cm. Altura fundación: 45 cm<sup>11</sup>. Las deformaciones de la estructura en ambas direcciones de análisis, están por debajo de las deformaciones admisibles establecidas en la NCh 433 Of. 96 mod. 2009 y 2011, en donde se exige una deformación máxima horizontal del orden de 0,002\*H, siendo H la altura de la vivienda. El diseño estructural de los elementos resistentes se realizó considerando un coeficiente sísmico máximo actuando sobre la estructura, lo que es severamente conservador, dado que este parámetro depende

11 Son datos que se presumen para el cálculo, basados en experiencias transmitidas por ingeniería.

del periodo fundamental de la estructura y debiera utilizarse un menor valor que el máximo entregado por la Normativa Sísmica. En la época de construcción probablemente se usó un coeficiente aproximado a un 10 o 12% y no el 18% con el que se efectuaron los cálculos de este estudio. Se ha considerado exclusivamente la densidad estructural en planta de muros de albañilería de ladrillo. Se ha despreciado la colaboración en densidad de los tabiques interiores. Sin embargo, no se ha desatendido la colaboración sísmica de dichos tabiques. La densidad estructural total de la planta en segundo nivel de casa C es 13,07%, superior a la de primer piso. Ideal sería obtener mayor densidad en primer nivel que en segundo, pero generalmente tiene mayor fenestración el nivel de tierra, por necesidades funcionales como acceso y comunicación con patios. La distancia vertical entre vanos es superior a 60 cm. La mayoría de vanos se encuentran enmarcados en reforzamientos de albañilería y estucos.

Buena conexión entre cubierta y muros, salvo algunas excepciones que han sido intervenidas inapropiadamente. Las inspecciones que se ejecutaban desde las Direcciones de Obras a los edificios en construcción eran acuciosas durante la primera mitad del siglo XX; eran efectuadas por ingenieros civiles, quienes obligaban a profundizar las fundaciones más de lo indicado en planos<sup>12</sup>.

Queda la inquietud por investigar y actuar sobre la elaboración de una nueva normativa sísmo resistente, sobre lineamientos de intervención en los conjuntos observados, estudios respecto a control de densidades en Ñuñoa y reparación estructural de edificios protegidos. Ñuñoa posee muy buen suelo de fundación, que ha contribuido a mantener edificaciones en pie, ejecutadas con buenas técnicas constructivas e inspección idónea; no obstante, hay comunas con suelos de mala calidad que merecen ser estudiados, de modo de establecer una normativa adecuada, puesto que tanto la población como la administración local insisten en construir sobre ellos. Referencia de esta situación, son los casos que fallaron en sismo del 27 de febrero de 2010 en Chile.

## BIBLIOGRAFÍA

- Boza, C., Duval, H., (1982). *Inventario de una arquitectura anónima*. Editorial Lord Cochrane. Santiago.
- Campbell, J., (2004). *Ladrillo Historia Universal*. Editorial Blume. Singapur.
- Céspedes, R., Muñoz, A. (1996). *Imagen Urbana Ñuñoa Residencial. Seminario de Título. 5to año Fau. Universidad de Chile. 1996*.
- Cruz, E., Hidalgo, P., Luders, C., Riddell, R. y otros. (1988). *Lecciones del Sismo del 3 de Marzo de 1985*. Editado por Luders y Vásquez. Publicado por el Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón. Santiago de Chile.
- Escrig, F. (2004). *Características Mecánicas de las obras de Fábrica. Structural Architecture, (Capítulos 1 al 6)*. Sevilla: Star 10
- Flores, R. (1993). *Ingeniería Sísmica*. Instituto de Ingenieros de Chile. Santiago de Chile.
- Guzmán, E. (1990). *Curso Elemental de Edificación. Tomo Segundo Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile*. Santiago: Ediciones J & C Productores.
- Guzmán, E. (1992). *Índice Técnico de materiales de Edificación. ITM. Tomos I y II*. Santiago: Plomada Ediciones.
- Heyman, J. (1995). *Teoría, historia y restauración de Estructuras de fábrica. Colección de ensayos*. Instituto Juan de Herrera. Madrid: Edición Santiago Huerta.
- IAEE (Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica) y NICEE (Centro de Información Nacional de Ingeniería Sísmica), *Guía de Resistencia Sísmica de Vivienda Autoconstruidas, 2004*. <http://www.nicee.org/>.
- Marchetti, R., Veas, V. (1988). *Albañilerías*. Fau Universidad de Chile.
- Marchetti, R., Veas, V. (1990). *Suelos y fundaciones*. Fau Universidad de Chile.
- Meli, R. (1998). *Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*. Fundación ICA S.A. México
- Veas, V., Muñoz, G. (2007). *008 Albañilerías*. Apuntes Fau. Universidad de Chile.

12 La autora trabajó en la Dirección de Obras de la I. M. de Ñuñoa entre los años 1988 a 1991 y se comentaba entre el personal respecto de las antiguas exigencias en obra.

**ANEXO**

**CÁLCULO ESTRUCTURAL**

Tipología C. Método Estático realizado por la autora. Verificación de tensiones admisibles en corte, compresión y tracción. Análisis en el sentido del plano Eje 1.

PLANILLA DE CALCULOS ESTRUCTURALES								
CONJUNTO A ANALIZAR: ELIAS DE LA CRUZ / TIPOLOGIA C								
EJE MAS DESFAVORABLE A ANALIZAR: EJE 1								
FUERZA H EN EJE 1, 1° PISO								
CARGA	MATERIAL	LARGO (m)	ANCHO (m)	P.P. + S.C.U. (Kg/m <sup>2</sup> )	ALTO (m)	TOTAL (kg)		
ENTREPISO	MADERA	1,87	15,5	250	-	5450		
MUROS	ALBAÑILERIA	14,85	0,30	1600	0,79	5631,12		
CONECTOR	ALBAÑILERIA	19,25	0,30	1600	1,42	13120,8		
TABIQUERIA	MADERA	3,45	0,15	40	3,08	63,756		
					TOTAL H2	24265,676		
					H1 + H2	39715,329		
					H x COEF. SISMICO 0,18	7148,7591		
CALCULO RIGIDEZ								
MURO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	INERCIA (cm <sup>4</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	h (cm)	F	K (kg/cm)
M01X	121	30	3630	4428902,5	10000	245	3	9033,46
M02X	289	30	8670	60343922,5	10000	245	3	123081,12
M03X	290	30	8700	60972500	10000	308	3	62598,21
M04X	289	30	8670	60343922,5	10000	245	3	123081,12
M05X	121	30	3630	4428902,5	10000	245	3	9033,46

**DISTRIBUCION FUERZA SISMICA H SEGÚN RIGIDEZ**

MURO	K (kg/cm)	H TOTAL	TOTAL K (kg/cm)	H REPARTIDO (kg)
M01X	9033,46	7148,75913	194712,78	331,658
M02X	123081,12	7148,75913	194712,78	4518,84690
M03X	62598,21	7148,75913	194712,78	2298,254
M02X	123081,12	7148,75913	194712,78	4518,84690
M03X	9033,46	7148,75913	194712,78	331,658

**VERIFICACION ESF. CORTE**

MURO	H DEL MURO (kg)	AREA (cm <sup>2</sup> )	66% AREA	TOTAL (T τ)
M01X	331,66	3630	2395,8	0,138433
M02X	4518,85	8670	5722,2	0,789704
M03X	2298,25	8700	5742	0,400253
M04X	4518,85	8670	5722,2	0,789704
M05X	331,66	3630	2395,8	0,138433

**CALCULO CARGA N**
**MURO M01X**

CARGA	MATERIAL	LARGO (m)	ANCHO (m)	P.P. + S.C.U. (Kg/m <sup>2</sup> )	ALTO (m)	TOTAL (kg)
ENTREPISO	MADERA	1,79	1,87	250	-	836,825
MUROS	ALBAÑILERIA	3,08	0,3	1600	3,08	4553,472
CONECTOR	ALBAÑILERIA	3,63	0,3	1600	1,42	2474,208
<b>TOTAL N2</b>						<b>7864,505</b>
<b>N1 + N2</b>						<b>13009,414</b>

**MURO M02X**

CARGA	MATERIAL	LARGO (m)	ANCHO (m)	P.P. + S.C.U. (Kg/m <sup>2</sup> )	ALTO (m)	TOTAL (kg)
ENTREPISO	MADERA	3,99	1,87	250	-	1865,325
MUROS	ALBAÑILERIA	2,89	0,3	1600	3,08	4272,576
CONECTOR	ALBAÑILERIA	3,99	0,3	1600	1,42	2719,584
TABIQUERIA	MADERA	1,72	0,15	40	3,00	30,96
<b>TOTAL N2</b>						<b>8888,445</b>
<b>N1 + N2</b>						<b>14322,522</b>

MURO M02X						
CARGA	MATERIAL	LARGO (m)	ANCHO (m)	P.P. + S.C.U. (Kg/m <sup>2</sup> )	ALTO (m)	TOTAL (kg)
ENTREPISO	MADERA	3,99	1,87	250	-	1865,325
MUROS	ALBAÑILERIA	2,89	0,3	1600	3,08	4272,576
CONECTOR	ALBAÑILERIA	3,99	0,3	1600	1,42	2719,584
TABIQUERIA	MADERA	1,72	0,15	40	3,00	30,96
TOTAL N2						8888,445
N1 + N2						14322,522

MURO M03X						
CARGA	MATERIAL	LARGO (m)	ANCHO (m)	P.P. + S.C.U. (Kg/m <sup>2</sup> )	ALTO (m)	TOTAL (kg)
ENTREPISO	MADERA	4,00	1,65	250	-	1650
MUROS	ALBAÑILERIA	4,83	0,3	1600	3,08	7140,672
CONECTOR	ALBAÑILERIA	4,86	0,3	1600	1,42	3312,576
TOTAL N2						12103,248
N1 + N2						20311,936

MURO M04X						
CARGA	MATERIAL	LARGO (m)	ANCHO (m)	P.P. + S.C.U. (Kg/m <sup>2</sup> )	ALTO (m)	TOTAL (kg)
ENTREPISO	MADERA	3,99	1,87	250	-	1865,325
MUROS	ALBAÑILERIA	2,89	0,3	1600	3,08	4272,576
CONECTOR	ALBAÑILERIA	3,99	0,3	1600	1,42	2719,584
TABIQUERIA	MADERA	1,72	0,15	40	3	30,96
TOTAL N						8888,445
N1 + N2						14322,522

MURO M05X						
CARGA	MATERIAL	LARGO (m)	ANCHO (m)	P.P. + S.C.U. (Kg/m <sup>2</sup> )	ALTO (m)	TOTAL (kg)
ENTREPISO	MADERA	1,76	1,87	250	-	822,8
MUROS	ALBAÑILERIA	3,08	0,3	1600	3,08	4553,472
CONECTOR	ALBAÑILERIA	3,08	0,3	1600	1,42	2099,328
TOTAL N						7475,6
N1 + N2						12560,416



M				M			
MURO	h TOTAL (cm)	H (kg)	TOTAL M (kg*cm)	MURO	h TOTAL (cm)	H (kg)	TOTAL M (kg*cm)
M01X	245	331,658	81256,1599	M01X	308	331,658	102150,601
M02X	245	4518,85	1107117,49	M02X	308	4518,85	1391804,844
M03X	308	2298,25	707862,367	M03X	308	2298,25	707862,3672
M04X	245	4518,85	1107117,49	M04X	308	4518,85	1391804,844
M05X	245	331,66	81256,1599	M05X	308	331,66	102150,601

W			
MURO	INERCI A (cm <sup>4</sup> )	V (cm)	TOTAL W (cm <sup>3</sup> )
M01X	4428902,5	60,5	73205
M02X	60343922,5	145	417605
M03X	60972500	145,0	420500
M04X	60343922,5	145	417605
M05X	4428902,5	60,5	73205

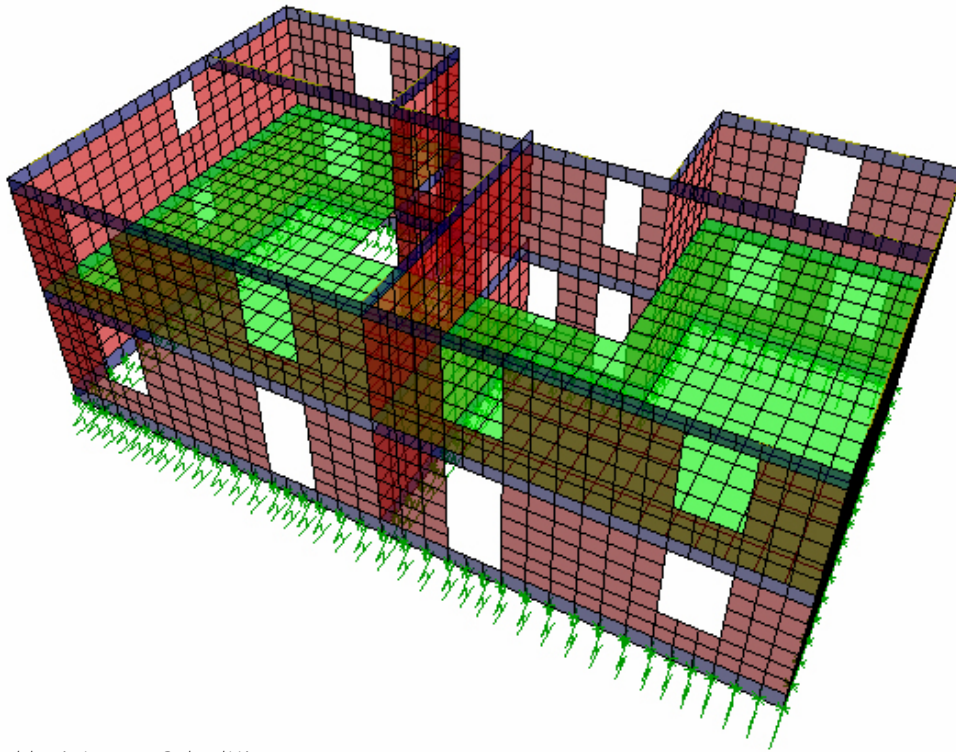
AREA	
MURO	AREA (cm <sup>2</sup> )
M01X	3630
M02X	8670
M03X	8700
M04X	8670
M05X	3630

ESFUERZO DE COMPRESION Y TRACCION			ESFUERZO DE COMPRESION Y TRACCION		
MURO	COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )	TRACCION (kg/cm <sup>2</sup> )	MURO	COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )	TRACCION (kg/cm <sup>2</sup> )
M01X	4,6938	2,47388	M01X	4,9793	2,18846
M02X	4,3031	-0,99915	M02X	4,9848	-1,68086
M03X	4,0181	0,65132	M03X	4,0181	0,65132
M04X	4,3031	-0,99915	M04X	4,9848	-1,68086
M05X	4,5702	2,35019	M05X	4,8556	2,06476

Los dos últimos cuadros corresponden a esfuerzos de compresión y tracción obtenidos por momentos en los cuales primero se consideró la misma altura de muros que la estimada para cálculo de rigideces y luego con la mayor altura, o sea con el mayor momento probable.

Método Modal Espectral realizado por el ingeniero Richard Vásquez con programa de elementos finitos Etabs.



Isométrica casa C. Modelación Ingeniero Richard Vásquez

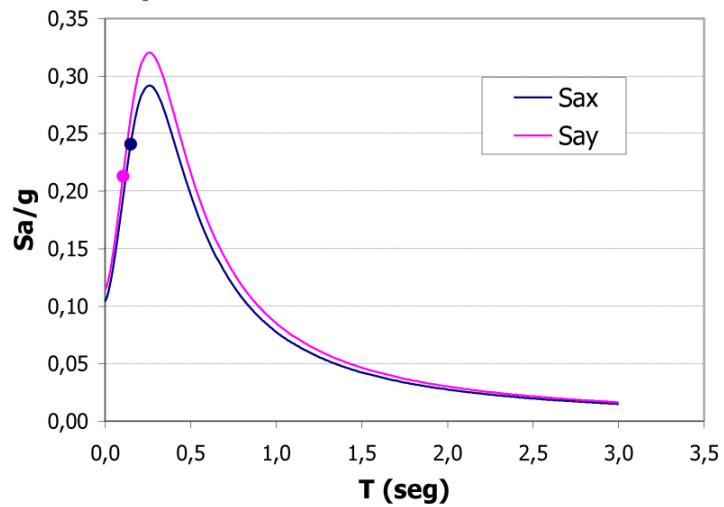
### Obra Vivienda Elias de La Cruz

#### Datos Generales

Zona Sísmica	2
Tipo de Suelo	B
Categoría	II
Factor R0	3
<input type="checkbox"/> ¿Espectro Elástico?	

Parámetros Sísmicos	I	1
	Ao	0,3
	To	0,3
	p	1,5
	S	1
	Ro	3
	R*x	2,879
	R*y	2,622
	I*Cmax	18,0%
	I*Cmin	5,0%
T*x (seg)	0,1508	
T*y (seg)	0,106	

#### Espectro NCh433Of.96 Mod 2011



Datos de Espectro Norma NCh433 Of.96 modificada 2011

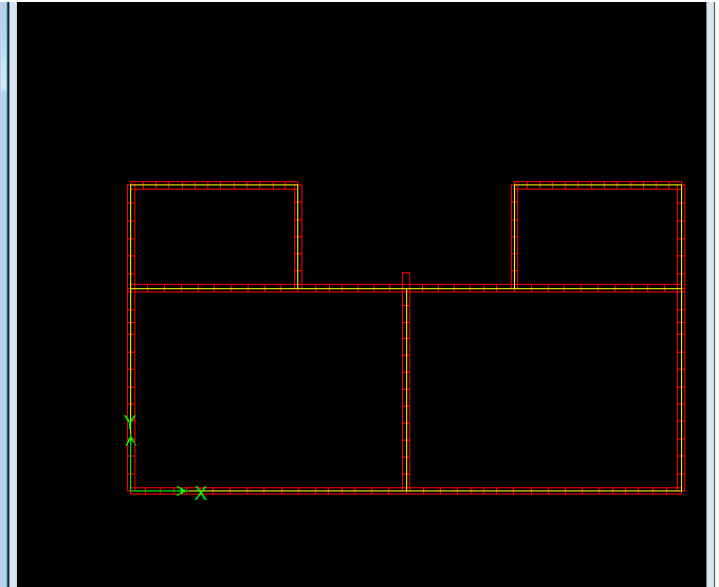
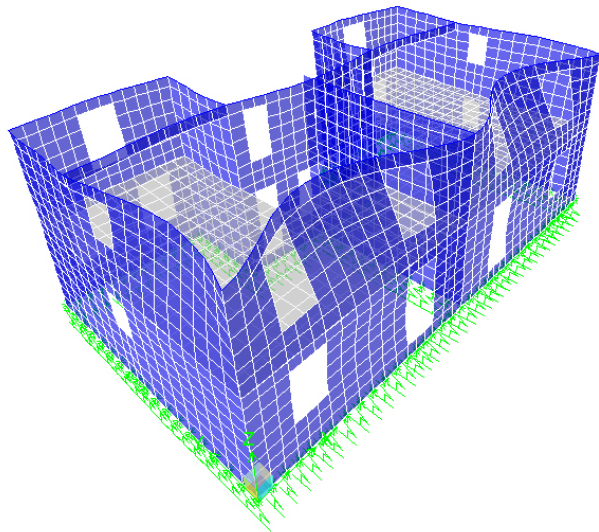


TABLA D-1 Deformación Máxima Sismo X, en cm.

Story	Point	Load	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
STORY1-1	766	SISMOX	0,2081	0,0525	0,0223	0,00008	0,00056	0,00016

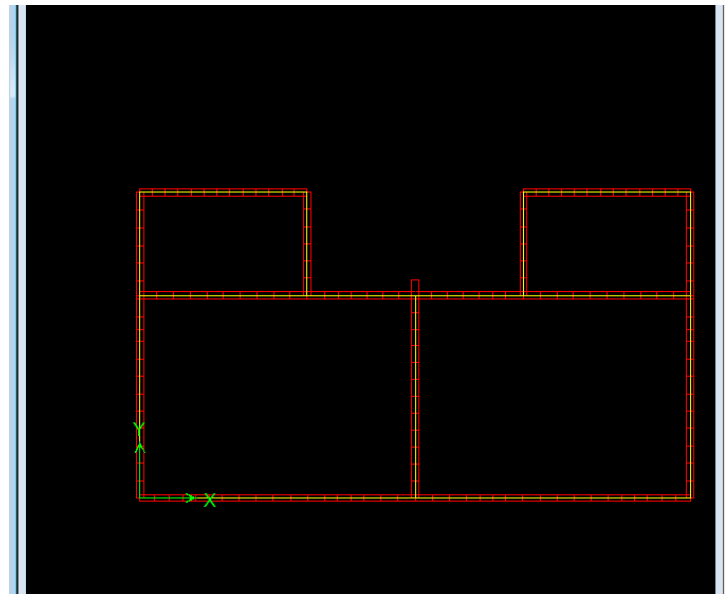
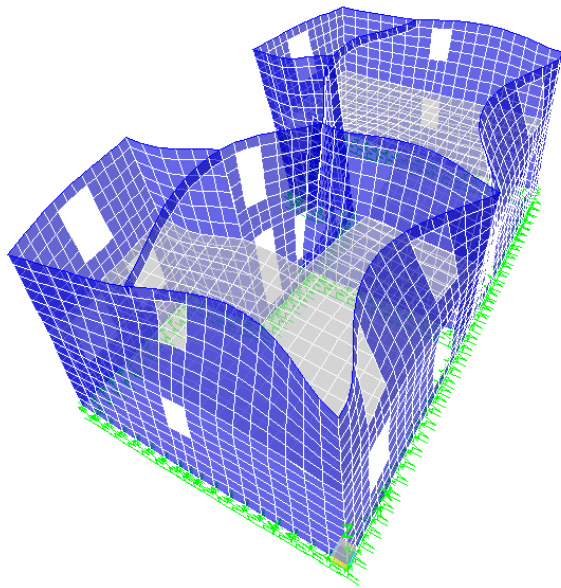


TABLA D-2 Deformación Máxima sismo Y, en cm.

Story	Point	Load	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
STORY1-1	712	SISMOY	0,0023	0,3362	0,0212	0,00129	0,00001	0,00013