

EVALUACION DE ESTADO ESTRUCTURAL

Edificio GeoCentro Amunátegui

Versión B

16 de Marzo 2010

Solicitado por Comunidad Edificio GeoCentro Amunátegui

INDICE

1.	ALCANCE GENERAL.....	3
2.	ANTECEDENTES.....	3
3.	DESCRIPCION COMPORTAMIENTO SISMICO EDIFICIO.....	4
4.	EVALUACION GENERAL DE ESTADO DE ESTRUCTURA.....	5
4.1	Evaluación de Daños que Reducen Resistencia Sísmica Global.....	5
4.2	Evaluación de Daños en Elementos Estructurales que afectan resistencia Local ..	5
4.3	Evaluación de Estabilidad General.....	6
4.3.1	Estabilidad General bajo Cargas Gravitacionales	6
4.3.2	Estabilidad General bajo Cargas Sísmicas	8
5.	DESCRIPCION DE DAÑOS ESTRUCTURALES RELEVANTES.....	9
5.1	Falla Flexo-compresión Muro Eje K, Piso 1	9
5.2	Agrietamiento Viga Eje F entre Ejes 16a y 18, Piso 27	11
5.3	Agrietamiento Losa Dinteles Puertas, Pisos 2 a 26.....	12
5.4	Agrietamiento Losa Descanso Escalera Emergencia, Pisos 2 a 26.....	19
5.5	Agrietamiento Cabezal Machón Eje K con 8, Nivel Subterráneo -1	22
5.6	Agrietamiento Base Muro Eje D entre Ejes 15 y 17, Piso 1	23
5.7	Fisuración Viga y Muro Rampa Eje W, Nivel Subterráneo -1.....	23
5.8	Fisuración Viga Alta Eje S ente Ejes 12 y 12b, Nivel Subterráneo -1	25
5.9	Fisuración Base Anclaje Pilares Metálicos, Piso 1	25
5.10	Fisuración General de Losas, Pisos 1 a 26	26
6.	CONCLUSIONES.....	29

1. ALCANCE GENERAL

El presente informe corresponde a la evaluación del estado estructural del Edificio GeoCentro Amunátegui, ubicado en Amunátegui 810, comuna de Santiago debido a los efectos que se produjeron en la estructura luego de terremoto Mw=8.8 ocurrido el día 27 de Febrero de 2010, a partir de la solicitud por parte de la comunidad de Edificio.

El objetivo principal del presente informe es determinar el estado actual del edificio luego del terremoto del 27 de Febrero pasado, de forma de evaluar conceptualmente las condiciones de confiabilidad estructural del edificio a nivel global y local mediante la descripción de los principales daños estructurales existentes, con el fin de informar las conclusiones de esta evaluación a la comunidad del edificio.

Se excluye de este alcance la determinación de especificaciones técnicas para la ejecución de las eventuales reparaciones a implementar en el edificio, aunque se indica la factibilidad general de reparar los daños indicados.

Los antecedentes que justifican las conclusiones de este informe se obtienen a partir de la inspección visual efectuada el día 5 de Marzo de 2010 por parte de un grupo profesional compuesto por ingeniero civil estructural y dos arquitectos. Adicionalmente se consideran las conclusiones de reunión efectuada el día 15 de Marzo de 2010 en conjunto con calculista del Edificio Geocentro Amunátegui Sr. Rafael Gatica, de forma de concordar en la conceptualización del comportamiento sísmico del edificio, determinar la magnitud de los problemas estructurales observados, y evaluar en términos generales las formas de reparación a los problemas existentes.

La evaluación adjunta en el presente informe se realiza considerando que las edificaciones habitacionales en altura deben cumplir a cabalidad las disposiciones indicadas en la norma chilena NCh 433 of. 96 Diseño Sísmico de Edificios.

2. ANTECEDENTES

Los antecedentes para la preparación del presente informe son los siguientes:

- Visita a Edificio GeoCentro Amunátegui realizada el día Viernes 5 de Marzo de 2010 por grupo de profesionales compuesto por Sra. María Teresa Bobadilla P. (Arquitecto), Guillermo Parada S. (Arquitecto), y Hugo Bobadilla P. (Ingeniero Civil Estructural). Durante esta visita se obtienen fotografías que se adjuntan en este informe, y que permiten realizar una primera evaluación correspondiente a la versión preliminar de este informe.

- Reunión realizada el día Lunes 15 de Marzo de 2010 en oficinas de calculista de Edificio Amunátegui, Sr. Rafael Gatica U., contando con la presencia de encargado de la Inmobiliaria Aconcagua, Sr. Ricardo Ramirez R., y del Ingeniero Civil Estructural Sr. Hugo Bobadilla P. El objetivo de la reunión es concordar en la conceptualización del comportamiento sísmico del edificio, determinar la magnitud de los problemas estructurales observados, y evaluar en términos generales las formas de reparación a los problemas existentes.
- Planos estructurales de Edificio GeoCentro Amunategui.
- Norma Chilena NCh 433 of. 96, Diseño Sísmico de Edificios.

3. DESCRIPCION COMPORTAMIENTO SISMICO EDIFICIO

La estructura del edificio de 27 pisos más 2 subterráneos está constituida en base a muros de hormigón armado. La estructuración del edificio presenta una forma en planta similar a una “L” para los pisos 1 a 27, sin que exista una junta de dilatación que permita separe ambos cuerpos de la estructura en planta. La existencia de la caja de ascensores y escalera de emergencia en el sector central de la planta, sumado a la forma de “L” que presenta la planta estructural, produce una mayor flexibilidad del diafragma con lo cual existirán deformaciones relativas entre distintos puntos de la planta para cada nivel.

Respecto a los elementos estructurales verticales, se observa la existencia de muros estructurales que tienen una baja razón ancho/altura, por lo que se espera que estos elementos presenten un comportamiento controlado fundamentalmente por flexocompresión o por flexotracción. En el detallamiento de los muros estructurales se ha incluido la colocación de estribos en elementos de borde, los cuales permiten confinar el extremo de los muros de forma de evitar fallas de compresión. Adicionalmente, no se considera esperable la ocurrencia de fisuración o agrietamiento por corte en los muros debido a la baja razón ancho/altura.

Al revisar los planos de elevaciones de muros se observa la existencia de losas que conectan muros estructurales, con lo cual estos tramos de losas actúan como “dinteles”. Esto produce un comportamiento de losas presentaron agrietamiento en gran parte de los pisos. Según lo indicado en reunión del 15 de Marzo, no incluye los elementos losa en la modelación estructural de las elevaciones, por lo que no se considera que exista una reducción significativa de la resistencia global debido a la existencia de estas rótulas plásticas.

4. EVALUACION GENERAL DE ESTADO DE ESTRUCTURA

El daño estructural relevante observado en el Edificio GeoCentro Amunátegui durante la visita a terreno del 5 de Marzo se describe a continuación en términos de una clasificación observada en obra, y que corresponde a distintos tipos de falla, agrietamiento y fisuración asociada a patrones de carga ocurridos en la estructura durante la aplicación de la carga producto del sismo.

4.1 Evaluación de Daños que Reducen Resistencia Sísmica Global

A continuación se entrega el siguiente detalle de daños que reducen la resistencia sísmica global del edificio:

- a) Falla Flexo-compresión Muro Eje K, Piso 1

La falla de este elemento produce una reducción de la resistencia lateral de aproximadamente un 5% del valor total de diseño, según lo indicado por ingeniero calculista Sr. Rafael Gatica durante reunión del día 15 de Marzo. Por lo tanto se hace necesario reforzar este elemento lo antes posible, de forma de restituir la capacidad resistente de diseño para este elemento.

En Sección 5.1 se presenta el detalle del daño que presenta el muro indicado.

4.2 Evaluación de Daños en Elementos Estructurales que afectan resistencia Local

Durante visita al edificio se detectaron una serie daños estructurales que solo afectan la capacidad de la estructura en términos locales. Estos elementos que presentan daños locales son los siguientes:

- a) Agrietamiento Viga Eje F entre Ejes 16a y 18, Piso 27
- b) Agrietamiento Losa Dinteles Puertas, Pisos 2 a 26
- c) Agrietamiento Losa Descanso Escalera Emergencia, Pisos 2 a 26
- d) Agrietamiento Cabezal Machón Eje K con 8, Nivel Subterráneo -1
- e) Agrietamiento en Base Muro Eje D entre Ejes 15 y 17, Piso 1
- f) Fisuración Viga y Muro Rampa Eje W, Nivel Subterráneo -1
- g) Fisuración Viga Alta Eje S ente Ejes 12 y 12b, Nivel Subterráneo -1
- h) Fisuración Base Pilares Metálicos, Piso 1
- i) Fisuración en Losa Pisos 2 a 26, y en Escalera Losa Escalera Emergencia

En Sección 5.2 a 5.10 del presente informe se describen en detalle cada una de los daños estructurales relevantes observados. El listado indicado no descarta la existencia de otros daños estructurales en puntos del edificio que no fueron

observados durante la visita, o a los daños estructurales resultantes de futuras réplicas sobre el edificio que aumenten el nivel de daño.

Con el fin de evaluar la totalidad de los daños que deben ser reparados y que no han sido descritos en la presente lista, se considera daño menor por reparar a todas las fisuras estructurales que tengan un espesor mayor a 0.4 mm. Estas fisuras pueden ser detectadas luego de retirar el enyesado, enlucido y/o estuco de la superficie correspondiente.

Las fisuras con espesor menor a 0.4 mm podrán ser eliminadas de forma superficial, lo cual debiera ser controlado a través de una Inspección de Obra independiente durante el proceso de reparación.

4.3 Evaluación de Estabilidad General

4.3.1 Estabilidad General bajo Cargas Gravitacionales

El estado de la estabilidad general de la estructura bajo cargas gravitacionales en condiciones normales no presenta inconvenientes mayores, según lo observado durante visita a terreno. El único sector que ha debido ser reforzado de forma provisoria para soportar cargas gravitacionales en zona cercana a muro ascensor, cuya losa ha sido apuntalada mediante alzaprimas en los pisos 1, 2, primer y segundo subterráneo.



Fig. 1: Apuntalamiento de Losa en Sector Muro Eje K – Piso 1



Fig. 2: Apuntalamiento de Losa en Sector Muro Eje K – Piso 2

En Figuras 1 y 2 se observa el apuntalamiento ejecutado por inmobiliaria para el soporte de cargas verticales debido a la falla del muro indicado que se describe en detalle en sección 5.1 del presente informe, con el fin de evitar el asentamiento de muro y el aumento del agrietamiento de losa cielo primer piso. Una vez realizada la reparación del elemento descrito en 5.1, será posible retirar el apuntalamiento de losas mostrado. El resto de los elementos observados en la estructura no presenta inconvenientes de estabilidad bajo cargas verticales.

Al mismo tiempo, no se observa la existencia de desaplomes laterales del edificio. Esto no descarta la posibilidad de realizar medición topográfica, de forma de determinar de forma precisa cualquier desalineamiento vertical existente, aunque no existe evidencia para confirmar o descartar este hecho.

4.3.2 Estabilidad General bajo Cargas Sísmicas

El efecto sobre la resistencia global de la estructura en su estado actual bajo las cargas sísmicas consideradas en la norma NCh 433 of. 96 sólo se ha reducido debido a la rotura de Muro Eje K en Piso 1 debido al defecto de la no colocación del elemento de confinamiento de borde. Por lo tanto, se hace necesario restituir la resistencia a la flexocompresión de este elemento a la brevedad posible, de forma de devolver la capacidad global del edificio bajo cargas sísmicas a su valor original.

A nivel local, existe una serie de daños estructurales que son necesarios de corregir. Por tanto, se recomienda corregir los problemas estructurales descritos en puntos 5.2 a 5.10, no excluyendo otros puntos agrietados o fisurados que puedan existir en el edificio, de forma de restituir la capacidad local de los elementos indicados y dar un nivel de seguridad completo a sus usuarios.

5. DESCRIPCION DE DAÑOS ESTRUCTURALES RELEVANTES

5.1 Falla Flexo-compresión Muro Eje K, Piso 1

En sección 4.1 se realizó descripción general de los puntos que presentan daño estructural relevante. El mayor daño estructural observado en edificio corresponde al muro ubicado al costado de ascensor en piso 1, debido a falla de flexo-compresión de este elemento.

Este elemento presenta los siguientes daños respecto a su diseño original:

- Desprendimiento de recubrimiento.
- Pandeo y corte de Barras Verticales de borde, que genera resistencia a flexo-compresión del elemento.
- Agrietamiento de losa cercana.

Se estima que las razones que produjeron la falla del elemento indicado corresponden al corte de enfierradura de borde y estribos durante la etapa de construcción. Debido a esto, se produjo daño estructural por falla de flexocompresión debido a la inexistencia de elemento de borde confinado. Por tanto, se requiere realizar reparación urgente de este elemento, de forma de restituir la capacidad de este elemento de aproximadamente el 5% del corte total de la estructura en la dirección de análisis.

A continuación en las Figuras 3 y 4 se presenta el estado actual del muro indicado en Piso 1. Adicionalmente se presenta Figura 5, en donde se presenta la solución de elemento de confinamiento que restituye la resistencia estructural del elemento.



Fig. 3: Falla Flexo-compresión Muro Eje K Piso 1 – Pandeo local de barras verticales – Desprendimiento de recubrimiento



Fig. 4: Falla Flexo-compresión Muro Eje K Piso 1 – Pandeo local de barras verticales – Desprendimiento de recubrimiento

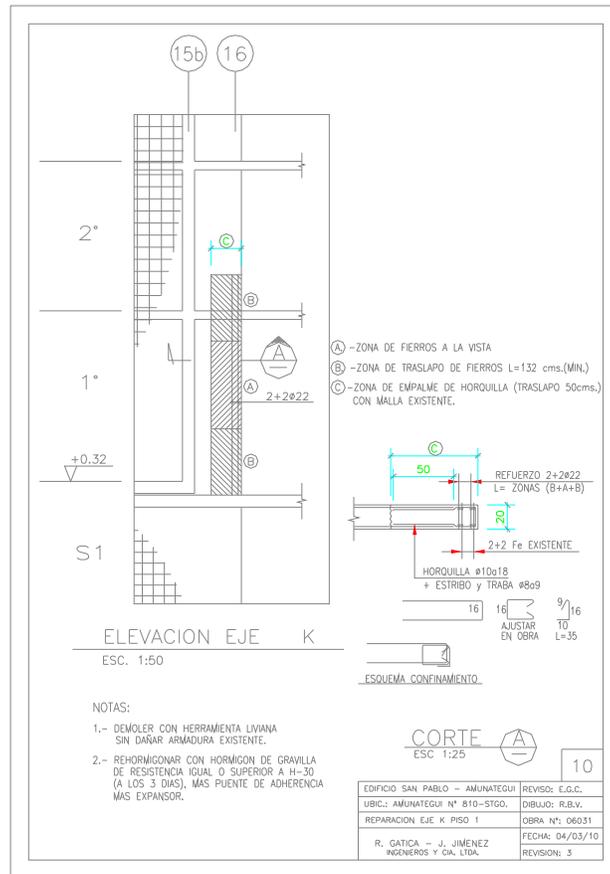


Fig. 5: Refuerzo de borde para Reparación Muro Eje K Piso 1

5.2 Agrietamiento Viga Eje F entre Ejes 16a y 18, Piso 27

En Figura 6 se observa agrietamiento por flexión de viga ubicada F entre Ejes 16a y 18 en Piso 27. Según plano de elevación, la viga indicada está dilatada para no tomar esfuerzos, pero en la práctica se observa agrietamiento importante. Por lo tanto, se solicita revisar las condiciones de vinculación de este elemento, de forma de confirmar las razones que produjeron el daño estructural. Adicionalmente se solicita reparar las partes del elemento que presentan daño.



Fig. 6: Agrietamiento Flexión en Viga Piso 27

5.3 Agrietamiento Losa Dinteles Puertas, Pisos 2 a 26.

Este agrietamiento es localizado en las puertas de entrada a los departamentos. Los pasillos del edificio están compuestos por muros que presentan una discontinuidad en las puertas de los departamentos, dado que el dintel de las puertas fue ejecutado mediante el uso de hormigón celular, por lo que el dintel no es estructural. Por lo tanto, al parecer la losa se comportó como dintel estructural generándose agrietamiento debido a la formación de rótulas plásticas en estos puntos de la losa. Este agrietamiento se produce de forma recurrente en los departamentos 01, 07 y 13 de todos los pisos, y en menor medida en algunos departamentos números 08, 09, 10 de cada nivel. En Sección 5.10 se describe fisuración menor asociada a estas losas, las cuales deberán tratarse de forma distinta a lo presentado en este punto.

Las Figuras 7 a 18 presentan el detalle de algunos ejemplos de agrietamiento observado, aunque no son todos los casos observados en obra. Por tanto, es necesario revisar la totalidad de las losas antes de enfrentar el proceso de reparación.

En algunos casos el agrietamiento producido llega a generar la rotura del recubrimiento, de forma que se observa la armadura inferior, y las cañerías interiores de las losas. El agrietamiento en algunos casos llega al extremo superior de las losas, produciendo la rotura de las cerámicas de piso. Por lo tanto, se hace necesario retirar las baldosas por el costado superior de las losas en los puntos

que presentan agrietamiento, de forma de confirmar el alcance de la fisura y/o grietas existentes en el elemento.



Fig. 7: Agrietamiento Losa en Dintel Puerta, Piso 19



Fig. 8: Agrietamiento Losa en Dintel Puerta, Piso 19



Fig. 9: Agrietamiento Losa en Dintel Puerta, Piso 16



Fig. 10: Agrietamiento Losa en Dintel Puerta, Piso 15



Fig. 11: Agrietamiento Losa Dintel Puerta, Piso 15



Fig. 12: Agrietamiento Losa Dintel Puerta, Piso 13



Fig. 13: Agrietamiento Losa Dintel Puerta, Piso 13



Fig. 14: Agrietamiento Losa Dintel Puerta, Piso 13



Fig. 15: Agrietamiento Losa Dintel Puerta, Piso 12



Fig. 16: Agrietamiento Losa Dintel Puerta, Piso 12



Fig. 17: Agrietamiento Losa Dintel Puerta, Piso 10



Fig. 18: Agrietamiento Losa Dintel Puerta, Piso 7

5.4 Agrietamiento Losa Descanso Escalera Emergencia, Pisos 2 a 26.

En las losas de los descansos en las escaleras de emergencia se produce un patrón de agrietamiento en el encuentro de la gradas en dirección superior e inferior, debido a la concentración de esfuerzo de corte debido al esfuerzo sísmico. En algunos casos incluso se produce una deformación relativa entre las dos partes de la losa separadas por la grieta. En Figuras 19 a 23 se observan ejemplos de este agrietamiento, que se repite de forma sistemática en todas las losas de escaleras entre los pisos 2 al 26.

La grieta mostrada en Figura tiene una cierta longitud que se encuentra limitada por la capacidad de corte del hormigón. Luego se produce solo una fisura, la cual en general se extiende hasta llegar al muro más cercano. Esta fisuración que se va reduciendo en dimensión se debe abordar según lo indicado en Sección 6.3 del presente informe.



Fig. 19: Agrietamiento en Cara Inferior Losa Escalera Emergencia, Piso 18



Fig. 20: Agrietamiento en Cara Inferior Losa Escalera Emergencia, Piso 17



Fig. 21: Agrietamiento en Cara Inferior Losa Escalera Emergencia, Piso 16



Fig. 22: Agrietamiento en Cara Inferior Losa Escalera Emergencia, Piso 13



Fig. 23: Agrietamiento en Cara Inferior Losa Escalera Emergencia, Piso 13

5.5 Agrietamiento Cabezal Machón Eje K con 8, Nivel Subterráneo -1

En muro ubicado en zona cuarto eléctrico de Nivel Subterráneo -1, existe agrietamiento de cabezal. Se recomienda retirar el hormigón de recubrimiento que se encuentre suelto y reponer con material epóxico de alta resistencia, considerando la colocación de apuntalamiento provisorio eventual en caso que exista asentamiento o agrietamiento de la losa. En Figura 24 se presenta el muro indicado con ubicación de agrietamiento indicado.



Fig. 24: Agrietamiento Cabezal Machón Eje K con 8, Nivel Subterráneo -1

5.6 Agrietamiento Base Muro Eje D entre Ejes 15 y 17, Piso 1

Se observa agrietamiento en base de Muro Eje D entre Ejes 15 y 17 en sector sur-oriente en piso 1, el cual puede producir el desprendimiento del recubrimiento en caso de producirse una sollicitación sísmica. En Figura 25 se presenta ubicación y magnitud aproximada del agrietamiento observado. Se recomienda retirar el hormigón de recubrimiento suelto, y reponer con mortero epóxico de alta resistencia.



Fig. 25: Agrietamiento Base Muro Sector Sur-Oriente, Piso 1

5.7 Fisuración Viga y Muro Rampa Eje W, Nivel Subterráneo -1

En rampa de acceso se observa fisuración de $e=0.6\text{mm}$ en viga de soporte de la losa de rampa de estacionamiento, y fisuración en la parte superior de muro. La fisuración mostrada se debe a que el eje mostrado corresponde al último eje en dirección poniente del edificio, por lo que la sobrecarga vertical en el eje indicado que produce la fisuración. En Figuras 26 a 28 se presenta el detalle de los elementos indicados.



Fig. 26: Fisuración Viga y Muro en Rampa Estacionamiento, Nivel Subterráneo -1



Fig. 27: Fisuración Viga Rampa Estacionamiento, Nivel Subterráneo -1



Fig. 28: Fisuración Muro Rampa Estacionamiento, Nivel Subterráneo -1

5.8 Fisuración Viga Alta Eje S ente Ejes 12 y 12b, Nivel Subterráneo -1

En subterráneo nivel -1 existe viga alta en Eje S entre Eje 12 y 12b que presenta 2 fisuras por corte de 0.4 mm. La viga indicada está ubicada al costado de Estacionamiento 31. Se recomienda realizar sello mediante inyección de epóxico.

5.9 Fisuración Base Anclaje Pilares Metálicos, Piso 1

En primer piso se encuentran pilares metálicos que están anclados en machón de hormigón. Se observa que existe agrietamiento en base de anclaje, según lo observado en Figura 29. Se recomienda realizar sello mediante inyección de epóxico.



Fig. 29: Fisuración Base Anclaje Pilares Metálicos, Piso 1

5.10 Fisuración General de Losas, Pisos 1 a 26

En las losas de pisos 1 a 26 se presentan niveles de fisuración de entre 0.2 mm hasta 1.0 mm que no constituye un problema de estabilidad global de la estructura. Estas fisuras existen tanto en el interior de los departamentos, en los pasillos, y en el sector de escaleras. En Figuras 30 a 32 se presentan algunos ejemplos de la fisuración observada en losas, las cuales debieran ser selladas para restituir sus propiedades estructurales.



Fig. 30: Fisuración Losa Piso 17



Fig. 31: Fisuración Losa Piso 10



Fig. 32: Fisuración Losa Piso 7

6. CONCLUSIONES

Luego de la presentación de los antecedentes, se obtienen las siguientes conclusiones respecto a la evaluación del estado estructural del Edificio GeoCentro Amunátegui:

1. Durante el terremoto se produjo daño estructural en Muro Eje K de Piso 1 por falla de flexocompresión debido a la inexistencia de elemento de borde confinado, lo que redujo la resistencia global del edificio. Por tanto, se requiere realizar reparación urgente de este elemento, de forma de restituir la capacidad de este elemento, que corresponde a aproximadamente el 5% del corte total de la estructura en la dirección X de análisis.
2. Una vez reparado Muro Eje K de Piso 1, se considera que la resistencia global de la estructura será equivalente al valor de diseño del edificio.
3. A nivel local, existe una serie de daños estructurales en losas, vigas y muros, lo que en todo caso no afecta al comportamiento global de la estructura. Por tanto, se recomienda realizar reparaciones para los problemas estructurales descritos en puntos 5.2 a 5.10, no excluyendo otros puntos agrietados o fisurados que puedan existir en el edificio, de forma de restituir la capacidad local de los elementos estructurales indicados.

Hugo Bobadilla Parada

Ingeniero Civil Estructural, Pontificia Universidad Católica de Chile

Master of Engineering, Ingeniería Estructural, Universidad de California-Berkeley