

Generación de Escenarios de Riesgo Sísmico Urbano, utilizando tecnología G.I.S.

Mirta Romero, Aldo Zaragoza, Gustavo Martín, Marta Martinet.

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa)- Fac. de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, U.N.S.J. - Argentina
miromero@farqui.unsj.edu.ar, azaragoza@unsj.edu.ar

The work presented here, describes the use of the GIS (Geographical Information System) like support of data and effective tool in the generation of seismic risk scenarios, in the Great San Juan's urban area. The application of this technology plays an important role, because it improves considerably the possibility to recover and to transmit information, allowing the generation of a big number of alternative and possibilities.

Seismic Vulnerability, Scenarios, Emergency, GIS technology

Antecedentes

La provincia de San Juan está situada en la región Centro-Oeste de la República Argentina, al Oeste de la cordillera de los Andes. Es una de las zonas de mayor actividad sísmica del país. Fue sacudida por cinco grandes terremotos en los últimos 108 años, los que causaron gran cantidad de muertos y heridos así como graves daños en construcciones, redes de infraestructura, caminos, vías férreas, etc.

Por lo tanto la probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico de magnitud es elevada y compromete a la población de la ciudad, su patrimonio cultural, económico y social. Aunque no es posible predecir cuándo se producirá un terremoto destructivo, se sabe que ocurrirá en el corto o mediano plazo. En consecuencia, es importante la prevención y el desarrollo de planes para la emergencia, que utilicen las más eficientes tecnologías para el monitoreo y la administración de catástrofes.

El Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa) de la U.N.S.J. viene estudiando desde 1991 las interrelaciones entre los principales condicionantes del subsistema natural y los elementos de la ciudad como subsistema construido.

El trabajo que aquí se presenta, describe la utilización de los SIG (Sistemas de Información Geográfica) como soporte de datos y herramienta eficaz en la generación de escenarios de riesgo sísmico y el desarrollo de planes para la emergencia.

Objetivo

Implementar un Sistema de Información Geográfico, que sistematice los datos provistos por los diferentes campos disciplinares abordados y permita la modelización de escenarios de Riesgo sísmico.

Metodología

La elaboración de un Sistema de Información Geográfica ha incluido la definición de un Modelo para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Superestructura Urbana, el desarrollo de una Metodología para la evaluación del daño físico directo de la construcción en los seis departamentos que conforman el Gran San Juan y la determinación de las pérdidas colaterales: número de muertos y heridos leves o graves.

Definición de un modelo para la Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica de la superestructura urbana.

Es un modelo complejo, dada su cualidad de dinámico. Está constituido por el área urbana de los seis departamentos del Gran San Juan. Cada uno de los ellos poseen un subsistema que se define por

Departamento	Fracciones	Radios	Manzanas	Parcelas	Edificios
Capital	7	115	1190	32027	77271
Chimbabue	3	39	609	13416	26706
Pocito	4	25	426	6686	7642
Rawson	7	73	1048	22190	50067
Rivadavia	5	51	659	17278	33446
Santa Lucía	4	35	362	10842	23035

inclusión de sus elementos (en todos los casos son Polígonos), siendo estos: Fracción, radio, manzana, parcela y edificio. (Tabla N° 1)

Tabla N° 1- Área urbana del Gran San Juan

Metodología de evaluación del daño físico directo de la edificación

Los edificios en la ciudad de San Juan fueron clasificados en grupos de edificios factibles de sufrir similares características de daños o pérdidas ante un evento sísmico, dentro de un stock de tipologías edilicias obtenidas a partir de los datos existentes (Sistema de Información Territorial de la Dirección General de Catastro de la Provincia de San Juan – SITCAT)

Los siguientes parámetros fueron considerados esenciales en relación con la ocurrencia de daño edilicio y a las características de las pérdidas:

Altura de la edificación; tipo de mecanismo resistente: características de planos resistentes verticales y horizontales; destino de la edificación; criterios de diseño sísmico.

Altura de la edificación

Los rangos de altura se establecieron como:

Bajo (1 a 3 niveles); medio (4 a 7 niveles) y alto (≥ 8 niveles)

Tipos edilicios	Destino	Mecanismo Resistente	
		Estructura -Techo	Muros
I	Vivienda; Hotel Sanatorio; Negocio; Banco, Oficina Pública Centro Deportivo	Estructura de H° A° no convencional Losas de H° A° planas	Hormigón armado o ladrillo prensado.
II	Fábrica, Bodega, Taller, Garaje, Estación de Servicio.	Estructura de H° A° sismorresistente. Cubierta c/estructura metálica	Mampostería de ladrillos
III	Vivienda; Hotel Sanatorio; Negocio; Banco, Oficina Pública Centro Deportivo	Estructura de H° A° sismorresistente. Losas de nervios pretensados Tiranería de madera	Ladrillo común cerámico.
IV	Fábrica, Bodega, Taller, Garaje, Estación de Servicio.	Estructura metálica sismorresistente, Cubierta de madera, cubierta de chapa	Cierre de chapa sobre estructura metálica
V	Vivienda o mixta (Viv. y comercio)	Sin estructura sismorresistente. Chapa fibrocemento o cinc	Adobe, block o ladrillo s/estructura sismorresistente, Madera.
VI	Vivienda o mixta (Viv. y comercio)	S/estructura sismorresistente. Palos y cañas, tablas, cartón.	Chapa, cañizo, otros.

Tipo de mecanismo resistente y Destino de la edificación

Se interrelacionaron estas dos variables.

Todas las combinaciones obtenidas a partir del cruce de ambas, fueron reducidas a seis Tipos Edilicios. (Tabla N° 2)

Tabla N° 2 - Tipos Edilicios de la ciudad de San Juan

Criterios de diseño sísmico

Para la construcción de esta variable se tuvo en cuenta el año de la construcción ya que está asociada al Código Sismorresistente adoptado en el diseño estructural y construcción, reflejando de alguna manera el estado del arte en el momento de la ejecución de la obra.

Se establecieron cinco intervalos de tiempo, correspondientes a los períodos de vigencia de las distintas normas de diseño sismorresistente: INPRES CIRSOC 103, NAA 80, CONCAR 70, Código de

edificación de la Provincia de San Juan. En función de los criterios de diseño imperantes y del estado del arte en ese período, se asignaron factores que tienen en cuenta la efectividad de la capacidad sismorresistente. Así se elaboró la Matriz correspondiente al Código (Tabla N° 3).

Tabla N° 3: Matriz correspondiente al Código.

Periodo	Edad	Código	Efectividad Capacidad S. R.
1988 - actual	< 13 años	INPRES CIRSOC 103	100 %
1980 - 1988	14 a 21 años	NAA 80	80 %
1970 - 1980	22 a 31 años	CONCAR 70	70 %
1945 - 1970	32 a 57 años	Código de Edificación	50 %
antes de 1944	mas de 58 años	Sin código	33 %

Método de estimación del Daño Físico Directo de la construcción:

El método permite la determinación del daño físico en las construcciones, conociendo el Tipo Edificio, los Criterios de Diseño Sísmico utilizados y la Altura de la Edificación.

Para el análisis de daños se utilizaron las matrices relativas al Daño Estructural vs. IMM propuesta en ATC13: Earthquake Damage Evaluation Data for California. Estas matrices fueron convenientemente calibradas y modificadas para la aplicación a nuestro medio, adoptándose los valores que pueden observarse en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4 – Índice de Daños en la edificación

ESTADO DE DAÑOS	D DR: Índice de Daños (%)
1- Sin daño o con pequeños daños localizados en componentes no estructurales	Hasta el 5 %
2-Moderado. Daño en componentes no estructurales. Pequeños daños en componentes estructurales.	6% al 20 %
3- Grande. Daños sustanciales en componentes estructurales	21% al 45 %
4- Mayor. Gran daño en componentes estructurales. Colapso	46% al 100 %

Las matrices fueron combinadas con el escenario propuesto (IMM IX en la ciudad de San Juan), lo que equivale a un epicentro en las cercanías. Esta hipótesis es perfectamente posible, debido a la historia sísmica que San Juan posee.

Como resultado de la aplicación de lo anteriormente expuesto se obtuvo la Matriz de Daños en la Edificación. (Ver Tabla N° 5 al final).

Tabla N° 5 – Matriz de daños en la edificación para un sismo I.M.M. IX Si bien la unidad de análisis mínima es el edificio, cuando se quiere efectuar un análisis a nivel urbano, esta unidad resulta excesivamente pequeña, para la construcción de un mapa continuo, que permita la identificación de sectores urbanos con rango de daños similares.

Dado que una parcela puede contener más de una edificación, a efectos de poder efectuar este análisis, se trabajó asignando a la parcela (unidad de análisis espacial continua) el valor del estado de daños correspondiente al polígono o edificación de la parcela de mayor superficie cubierta.

Determinación de Pérdidas Colaterales

La cantidad de muertos y heridos resultantes de los terremotos se deben principalmente a fallas en las construcciones que efectúan los hombres.

La NOAA (1972) y Anagnostopoulos y Whitman (1977), determinaron en función del estudio de una serie de terremotos seleccionados ocurridos en EE.UU. desde 1872 a 1971, la cantidad de muertos y heridos cada 100.000 Htes. Propusieron una relación de 4 heridos graves (aquellos que requieren hospitalización) y 30 leves por cada muerte.



Whitman, Cornell y otros propusieron en 1975 otra relación en función del estado de daños de la edificación y finalmente, en función de ambos estudios la ATC13 propone una relación entre el Factor de Daños y la cantidad de muertos y heridos leves y graves (que requieren internación).

Luego de un análisis profundo de los antecedentes existentes y de acuerdo a los rangos del estado de daños adoptado en el trabajo, se establecen los parámetros que figuran en la Tabla N° 6

Estado de Daños	Rangos del Estado de Daños	Heridos		Muertos
		Leves	Graves	
1	0 - 5%	3/10.000	1/25.000	1/100.000
2	6 - 20 %	3/1.000	1/2.500	1/10.000
3	21 - 45 %	3/100	1/250	1/1.000
4	46 - 80%	3/10	1/25	1/100
5	81 - 100%	4/10	1/2.5	2/10

estado de daños adoptado en el trabajo, se establecen los parámetros que figuran en la Tabla N° 6

Tabla N° 6- Número de heridos leves y graves y de muertos

Conclusiones

En la realización de este tipo de estudios, los Sistemas de Información Geográficos (S.I.G.), al permitir relacionar datos gráficos (planos o mapas urbanos) con otros alfanuméricos (demográficos, geológicos, características de la edificación, etc.) que pueden ser permanentemente actualizados, se transforman en una herramienta imprescindible. Nos permiten suponer un escenario y obtener de manera inmediata sus consecuencias. Sólo a partir de este conocimiento es factible proyectar estrategias de reducción del riesgo sísmico urbano y planes para la emergencia.

En el estudio que aquí se presenta fue posible determinar, en función de los distintos escenarios, la magnitud del daño físico, la distribución) del daño y las pérdidas colaterales.

El estado de daños a la edificación en el Gran San Juan muestra gran daño estructural concentrado en las edificaciones de adobe (existentes en la periferia del ejido capitalino) y daño pequeño a moderado en la edificación de mampostería y aporticada realizada antes de 1970. Asimismo se observa que las construcciones realizadas en los últimos 20 años se comportan de manera adecuada con índice de daños entre 4 a 15 %.



Plano 1

Plano 2

El plano 1 muestra el estado de daños ante un sismo IMM IX en el Gran San Juan.

Finalmente y el Plano 2 indica las probables pérdidas colaterales (cantidad de muertos y heridos) por radio censal y departamento del Gran San Juan.

Tabla N° 5 – Matriz de daños en la edificación para un sismo I.M.M. IX

Tipo Edificio	Período de Construcción	N° de Pisos	Estado daños
I y II	Hasta 1944	1 a 3	20%
		4 a 7	40%
		≥ de 8	80%
	1945 y 1969	1 a 3	8%
		4 a 7	15%
		≥ de 8	18%
	1970 y 1979	1 a 3	5%
		4 a 7	10%
		≥ de 8	12%
	1980 y 1987	1 a 3	4%
		4 a 7	8%
		≥ de 8	10%
1988 a 2001	1 a 3	3%	
	4 a 7	5%	
	≥ de 8	7%	
III y IV	Hasta 1944	1 a 3	25%
	1945 y 1969	1 a 3	10%
	1970 y 1979	1 a 3	8%
	1980 y 1987	1 a 3	6%
	1988 a 2001	1 a 3	3%
V	Hasta 1944	1 a 3	100%
	1945 y 1969	1 a 3	100%
	1970 y 1979	1 a 3	60%
	1980 y 1987	1 a 3	60%
	1988 a 2001	1 a 3	60%
VI	Hasta 1944	1 a 3	100%
	1945 y 1969	1 a 3	100%
	1970 y 1979	1 a 3	70%
	1980 y 1987	1 a 3	70%
	1988 a 2001	1 a 3	70%

Referencias

- Anagnostopoulos, S.A., and Whitman, R. V.: 1977, On Human Loss Prediction in Buildings during Earthquakes. Proceeding of the Six World Conference on Earthquake Engineering, New Delhi, India.
- Applied Technology Council (ATC), 1985. ATC-13, FEMA, "An evaluation of a response Spectrum Approach to Seismic Design of Buildings.
- Código de edificación de la Provincia de San Juan: 1974, Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano.
- CONCAR 70: 1972, Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES).
- NAA 80, Normas Antisísmicas Argentinas: 1979, INPRES.
- Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes (INPRES-CIRSOC): 1983I, Parte I, INTI, Bs. As.