

# Contribución de las técnicas geoespaciales y la inteligencia artificial a la evaluación de la exposición al riesgo sísmico en ciudades prioritarias de Centroamérica y Caribe

Junio 24-28, 2024  
San José, Costa Rica

Rodríguez-Saiz, J.<sup>a,b</sup>; Ureña-Pliego, M.<sup>a</sup>; García-Lanchares, C.<sup>a,c</sup>; Rejas-Ayuga, J.G.<sup>a</sup>; González-Rodrigo, B.<sup>d</sup>; Marchamalo-Sacristán, M.<sup>a\*</sup>.

**POLITÉCNICA**

## INTRODUCCIÓN

La exposición sísmica de un lugar se basa en la caracterización del mismo para estimar la respuesta del patrimonio edificado ante un evento sísmico. Existen diversas metodologías para trabajar la exposición sísmica de un territorio. En este caso se ha empleado la taxonomía del GEM (Global Earthquake Model) para caracterizar las edificaciones y se ha adaptado la metodología propuesta por el GFZ (Centro de investigaciones en Geociencias alemán) para clasificarlas. Se ha contado con el trabajo realizado por la Universidad de Costa Rica, que caracterizó y clasificó visualmente una muestra de 7.296 edificaciones del cantón de San José, Costa Rica.

- Superficie = 152,7 m<sup>2</sup>
- Índice de Polsby-Popper = 0,514 → Regular
- Edificio en manzana
- Construido antes de 1975
- Altura = 3,12 m
- Cubierta clara no metálica



- Superficie = 257,2 m<sup>2</sup>
- Índice de Polsby-Popper = 0,676 → Muy regular
- Edificio aislado
- Construido antes de 1975
- Altura = 3,86m
- Cubierta de zinc

## CLASIFICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES

Se han clasificado las estructuras para poder agruparlas y estudiar su vulnerabilidad de forma eficiente. Esta clasificación se ha estructurado a partir de las clasificaciones realizadas por la Universidad de Costa Rica en estudios previos. Además, las clases han sido adaptadas para ser útiles de cara al estudio de vulnerabilidad de las mismas, separando según las características más sensibles a la vulnerabilidad sísmica, en este caso según sus materiales y altura.

Clases	Nombre	Material	Núm. de plantas
A	MCF.A	Mampostería confinada y/o reforzada	1
B	MCF.B	Mampostería confinada y/o reforzada	2 o más
C	CR.A	Hormigón armado o pretensado	1 – 5
D	CR.B	Hormigón armado o pretensado	6 – 10
E	CR.C	Hormigón armado o pretensado	11 o más
F	S/W.A	Sistemas ligeros de acero o madera	1
G	S.B	Acero	2 o más
H	INFOR	Construcciones informales	

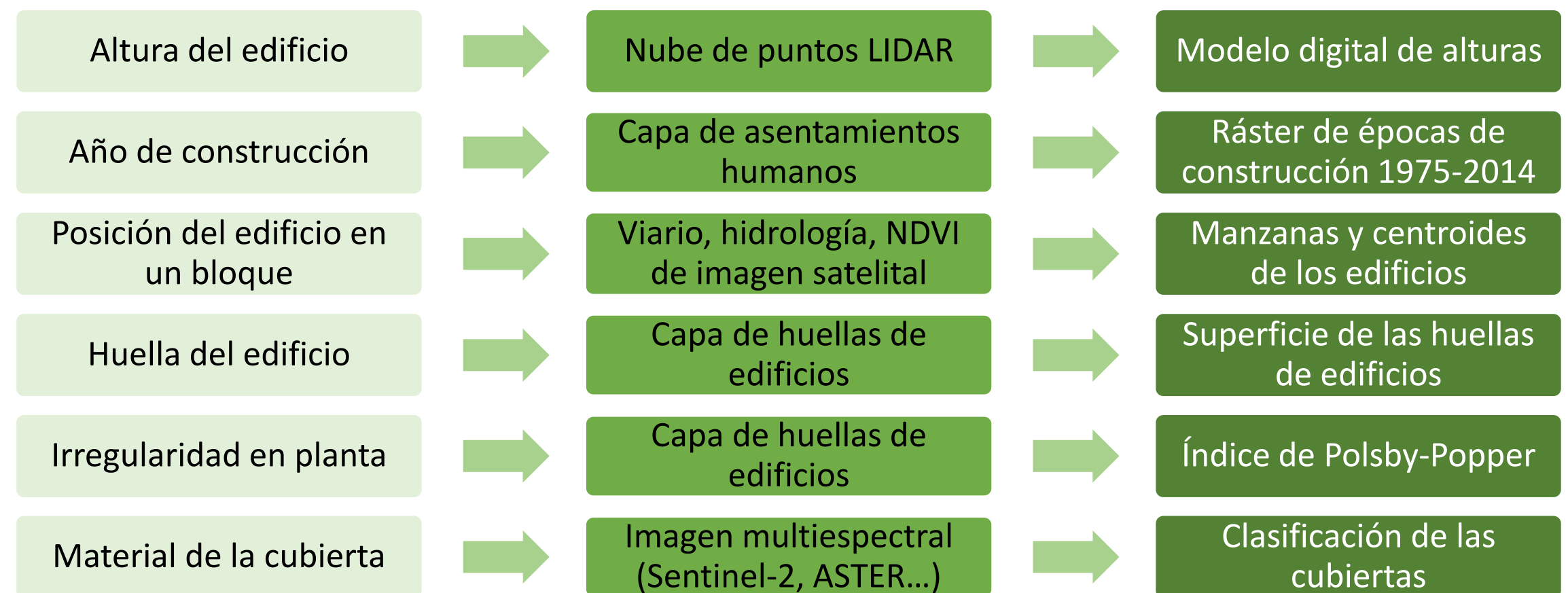
Clases estructurales utilizadas para el estudio en San José, Costa Rica.

## CONCLUSIONES

El estudio de la exposición sísmica por técnicas geomáticas es un campo promisorio con el que ya se puede hacer un estudio parcial y rápido de la exposición sísmica de una población en cualquier lugar del planeta. Las técnicas geoespaciales y la inteligencia artificial permiten la obtención de varios atributos fundamentales para la exposición de forma rápida y masiva. Este proyecto permite realizar un estudio preliminar en situación de emergencia o para optimizar los recursos de un estudio más exhaustivo.

## ESTUDIO DE EXPOSICIÓN POR TÉCNICAS GEOESPACIALES

Se ha estudiado cuáles son los atributos de la taxonomía que se pueden identificar mediante técnicas geomáticas, con los datos disponibles en la región Centroamérica-Caribe. Los atributos que se han obtenido con los datos disponibles han sido: la altura de las edificaciones, rango de fechas estimadas de construcción, identificación de edificios aislados, superficie en planta de la estructura, regularidad de la planta de la edificación y material de la cubierta.



Resumen del proceso de obtención de los atributos de las edificaciones.

Grupo de atributos	#	Atributo	Niveles del atributo
Sistema estructural	1	Dirección	Dirección del edificio
	2	Material del sistema de resistencia de cargas laterales	Tipo de material (nivel 1) Tecnología del material (nivel 2) Propiedades del material (nivel 3)
	3	Sistema de resistencia de cargas laterales	Tipo de sistema de resistencia de cargas laterales (nivel 1) Ductilidad del sistema (nivel 2)
Información del edificio	4	Altura	<b>Altura</b>
	5	Fecha de construcción o rehabilitación	<b>Año de finalización de construcción</b>
	6	Uso	Clase general de uso del edificio (nivel 1) Clase detallada de uso del edificio (nivel 2)
Atributos exteriores	7	Posición del edificio dentro de un bloque	<b>Posición del edificio dentro de un bloque</b>
	8	Forma en planta del edificio	<b>Huella del edificio</b>
	9	Irregularidad estructural	<b>Regular o irregular (nivel 1)</b> <b>Irregularidad en planta o irregularidad vertical (nivel 2)</b> <b>Tipo de irregularidad (nivel 3)</b>
	10	Muros exteriores	Muros exteriores
Cubierta / forjados / cimentación	11	Cubierta	Forma de la cubierta (nivel 1)
			<b>Cobertura de la cubierta (nivel 2)</b>
			Material del sistema de la cubierta (nivel 3)
			Tipo de sistema de la cubierta (nivel 4)
			Conexiones de la cubierta (nivel 5)
12	Forjados	Material del sistema de los forjados (nivel 1)	
		Tipo de sistema de los forjados (nivel 2)	
		Conexiones de los forjados (nivel 3)	
13	Sistema de cimentación	Sistema de cimentación	

Atributos propuestos por el GEM para la caracterización de las edificaciones. Marcados en negrita los obtenidos en este estudio por técnicas geoespaciales e inteligencia artificial.

## ALGORITMOS DE CLASIFICACIÓN RANDOM FOREST

La asignación de clase a cada edificación se ha realizado utilizando un algoritmo Random Forest que predice la clase de cada una a partir de los atributos disponibles.

Los algoritmos Random Forest son una herramienta ampliamente extendida para resolver problemas de clasificación y regresión. Estos algoritmos se basan en el ensamblaje de varios árboles de decisión combinando los resultados de todos ellos y compensando entre sí los errores que puedan tener los árboles de decisión por separado.

Mediante este proceso, se ha logrado clasificar las edificaciones con un error del 13,55% en la predicción de la clase, teniendo en cuenta la altura de las edificaciones, que ha resultado ser un atributo fundamental para este tipo de procesos. Con los mismos datos y simplemente eliminando la altura de los atributos con los que se alimentan los algoritmos el error aumenta hasta el 46,22%.

ID	A	B	C	D	E	F	G	H	Error
A	3333	0	5	0	0	38	9	2	0,0159
B	0	2824	23	0	0	0	0	0	0,0081
C	88	155	34	0	0	2	5	0	0,8803
D	0	0	3	13	2	0	0	0	0,2778
E	0	0	0	3	8	0	0	0	0,2727
F	375	79	2	0	0	45	6	0	0,9112
G	78	68	5	0	0	9	6	1	0,9641
H	25	0	0	0	0	0	0	10	0,7143

Matriz de confusión resultante de la clasificación utilizando un algoritmo Random Forest con los datos de altura de las edificaciones.

a Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno. Universidad Politécnica de Madrid, España.  
b Buin Ingenieros, S.L., Madrid, España  
c Detektia Earth Surface Monitoring, S.L., Madrid, España  
d Departamento de Ingeniería y Gestión Forestal. Universidad Politécnica de Madrid, España  
• Contacto con autores: [miguel.marchamalo@upm.es](mailto:miguel.marchamalo@upm.es)

Esta investigación se ha realizado con el apoyo de los Doctorados Industriales de la Comunidad de Madrid (IND2020/TIC-17528 IND 2023/TIC-28743).

## REFERENCIAS

- Brzev S., Scawthorn C., Charleson A. W., Allen L., Greene M., Jaiswal K., Silva V., (2013). GEM Building Taxonomy Version 2.0. GEM Technical Report 2013-02 V1.0.0, 188 pp., GEM Foundation, Pavia, Italy.
- Esquivel Salas, L. C., (2020). Inventario de edificaciones del cantón de San José para el caso específico de amenaza sísmica utilizando el método de mapeo ambiental rápido. 102pp. Universidad de Costa Rica. Tesis de Maestría Académica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica.
- Pittore M., Haas M., Megalooikonomou K. G., (2018). Risk-Oriented, bottom-up modeling of building portfolios with faceted taxonomies. Frontiers in built environment 4:41. German Research centre for geosciences, Potsdam, Germany.
- Corbane C., Florczyk A., Pasaresi M., Politis, P., Syrris, V., (2018). GHS built-up grid, derived from Landsat, multitemporal (1975-1990-2000-2014), R2018A. European Commission, Joint Research Centre (JRC).
- <https://short.upm.es/o87pd> (30/05/2022). Capa de la huella de edificios de Microsoft Bing.