









Artículo Científico

Metodología Integrada para el Índice de Riesgo Sísmico-Ocupacional (IRSO) de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Estatal del Sur de Manabí

Integrated Methodology for The Seismic-Occupational Risk Index (IRSO) of the Faculty of Economic Sciences at the Southern State University of Manabi

 Ponce-Regalado, Douglas S.¹
 <https://orcid.org/0000-0002-9496-5721>
 ponce-douglas7598@unesum.edu.ec
 Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador, Manabí.

 Palma-Ramos, Jacqueline R.²
 <https://orcid.org/0009-0005-8726-6892>
 jacqueline.palma@unesum.edu.ec
 Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador, Manabí.

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/xxxxxx>

Resumen: Se desarrolló y validó una metodología integrada para la estimación del Índice de Riesgo Sísmico-Ocupacional (IRSO) en edificaciones universitarias situadas en zonas de alta sismicidad. Su objetivo fue juntar la susceptibilidad estructural, el peligro sísmico en un modelo cuantitativo en relación con la exposición ocupacional lo que permitirá una evaluación del riesgo en entornos académicos. La metodología fue aplicada a la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Estatal del Sur de Manabí en Ecuador, incluyendo variables como la densidad poblacional dinámica, la frecuencia de permanencia y cercanía a elementos susceptibles no estructurales vulnerables. Las ponderaciones del modelo se definieron mediante juicio de expertos, cuya consistencia fue verificada estadísticamente. Los resultados determinaron un IRSO final de 0.73, lo que clasifica a la edificación en un nivel de riesgo alto. Se concluye que la integración de factores operativos y el tiempo de respuesta institucional optimizan la gestión de riesgos y la planificación de estrategias de mitigación en centros de educación superior.

Palabras clave: Exposición ocupacional, edificios universitarios, riesgo, fortaleza institucional.



Check for updates

Received: 15/May/2026
Accepted: 11/Jun/2026
Published: 09/Jul/2026

Cita: Ponce-Regalado, D. S., & Palma-Ramos, J. R. (2026). Metodología Integrada para el Índice de Riesgo Sísmico-Ocupacional (IRSO) de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(3), 60-85. <https://doi.org/10.55813/gaeal/rcym/v4/n3/223>

Revista Científica Ciencia y Método (RCyM)
<https://revistacym.com>
revistacym@editorialgrupo-aea.com
info@editorialgrupo-aea.com

© 2026. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

An integrated methodology was developed and validated for estimating the Seismic-Occupational Risk Index (SORI) in university buildings located in high-seismicity zones. The objective was to combine structural susceptibility and seismic hazard into a quantitative model in relation to occupational exposure, thereby enabling risk assessment in academic settings. The methodology was applied to the Faculty of Economic Sciences at the Southern Manabí State University in Ecuador, incorporating variables such as dynamic population density, occupancy frequency, and proximity to vulnerable non-structural elements. The model's weightings were defined through expert judgment, and their consistency was statistically verified. The results determined a final IRSO of 0.73, which classifies the building as high risk. It is concluded that the integration of operational factors and institutional response time optimizes risk management and the planning of mitigation strategies in higher education institutions.

Keywords: Occupational exposure, university buildings, risk, institutional strength.

1. Introducción

La evaluación del riesgo sísmico en edificaciones educativas constituye una problemática de creciente relevancia en regiones expuestas a elevada amenaza tectónica, particularmente en contextos universitarios caracterizados por alta densidad ocupacional y permanencia prolongada de usuarios. Aunque los avances en ingeniería sísmica han permitido fortalecer los métodos de evaluación estructural y mejorar los criterios de diseño sismorresistente, la mayoría de los enfoques convencionales continúa centrando el análisis en la vulnerabilidad física de las edificaciones, relegando la influencia de los factores humanos y ocupacionales en la estimación integral del riesgo (Mora-Albán & Baque-Solís, 2025; Cerracchio et al., 2025).

Los análisis tradicionales de evaluación del riesgo sísmico consideran como variables al comportamiento estructurales, al sistema fuerte, la calidad de materiales, la configuración geométrica y el estado de conservación de la edificación. Estas metodologías demuestran ampliación en la ejecución de la práctica profesional, en la que presentan restricciones al momento de representar la complejidad multidimensional del riesgo (Han et al., 2024). En si muestran una capacidad con poca limitación para incorpora la conexión entre las condiciones estructurales y la dinámica de ocupación, lo que conduce a una subestimación de las pérdidas asociadas a la exposición de los usuarios mientras ocurre un sismo (Zhang et al., 2024).

Existe una brecha relacionada con la ausencia de modelos cuantitativos aptos para integrar la exposición ocupacional como un componente dentro de la evaluación ante

una amenaza sísmica. Varios estudios mencionan que los enfoques hoy en día presentan limitaciones para representar de forma coherente la interconexión entre vulnerabilidad estructural, condiciones operativas de evacuación y concentración de algunos ocupantes, en especial en edificaciones de uso colectivo (Estêvão et al., 2022).

Esta problemática requiere una mayor importancia en Manabí – Ecuador, región localizada en un entorno activo debido a la relación entre la placa Nazca y la placa sudamericana, algunas investigaciones recientes reportan valores repetitivos de aceleración del pico del suelo “PGA” en sectores como Jipijapa – Manabí, Ecuador, se evidencia condiciones de riesgo sísmico elevado por lo que surge una necesidad urgente de fortalecer los procesos de evaluación y gestión del riesgo (Ponce & Marcillo, 2026).

Sobre la problemática analizada, el estudio plantea ¿De qué manera la vulnerabilidad estructural, el peligro sísmico y la exposición ocupacional permiten mejorar la estimación de riesgos físicos ocupacionales en edificaciones universitarias en zonas de alta amenaza sísmica? Como hipótesis, se establece la incorporación de variables ocupacionales dentro de un diseño cuantitativo integrado que permitirá una evaluación precisa del riesgo sísmico en relación con los enfoques centrados en la vulnerabilidad estructural (Ballesteros-Salazar et al., 2022). Bajo este planteamiento, se propone el índice de riesgo sísmico – ocupacional, concebido como un diseño cuantitativo que articula tres componentes principales del riesgo, vulnerabilidad estructural, peligro sísmico y exposición ocupacional. El modelo incorpora un factor de corrección asociado a condiciones institucionales, ambientales y de evacuación, en la que permite representar al riesgo desde una perspectiva sistémica (Ajaz et al., 2020).

2. Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se desarrolló en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, ubicada en la ciudad de Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador. La zona estudio se considera tectónicamente activa debido a la interacción entre la placa de nazca y la placa sudamericana, condición que genera constantemente eventos sísmicos, por lo tanto, esta zona se convirtió en el área de análisis en un escenario representativo para la evaluación del riesgo sísmico en edificios universitarios.

La población fue clasificada en tres grupos, estudiantes, docentes y personal administrativo, esta clasificación fue efectuada debido a que cada grupo presentó patrones diferenciados de movilidad, permanencia y densidad de ocupación, siendo elementos considerados relevantes en la modelación del riesgo sísmico – ocupacional.

Figura 1

Ubicación geográfica de la Facultad de Ciencias Económicas



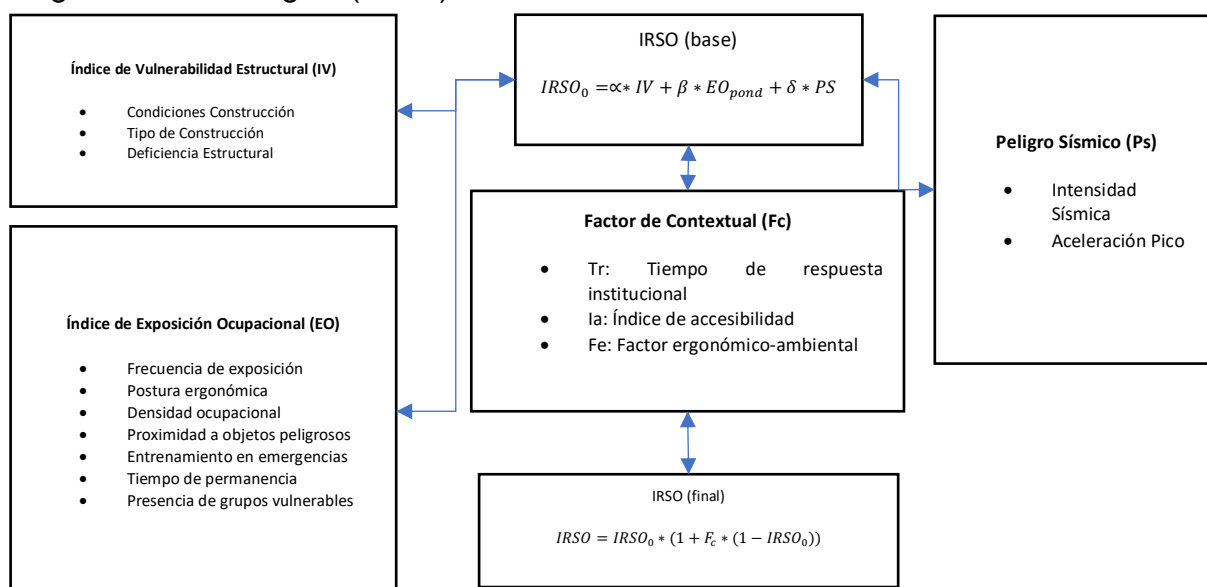
Nota: Autores (2026)

Diseño metodológico

El estudio se desarrolló en el período académico 2025-2026 en la que se estructuró una metodología tal como, i) distinguir la vulnerabilidad estructural de la edificación, ii) evaluar la exposición ocupacional, iii) estimación del peligro sísmico, iv) comprobar la estabilidad del modelo IRSO. A diferencia de los enfoques tradicionales centrados exclusivamente en la vulnerabilidad estructural, el modelo propuesto integró cuatro componentes fundamentales: vulnerabilidad estructural (IV), exposición ocupacional (EO), peligro sísmico (Ps) y factor de corrección contextual (Fc).

Figura 2

Diagrama metodológico (IRSO)



Nota: Elaboración basada en FEMA P-154, NEC 2015, UNDRR e ISO 45001-2020 (Autores, 2026).

Estructura conceptual del modelo irso

El modelo IRSO se fundamentó en la formulación clásica del riesgo:

$$Riesgo = P \times E \times V$$

Donde:

P: peligro sísmico;

E: Exposición;

V: Vulnerabilidad.

La metodología extendió este planteamiento mediante la incorporación de un factor de corrección contextual asociado a condiciones operativas e institucionales.

Riesgo base: Índice de Riesgo Sísmico – Ocupacional (IRSO₀)

El riesgo base o riesgo intrínseco se calculó mediante una combinación ponderada de vulnerabilidad estructural, exposición ocupacional y peligro sísmico.

$$IRSO_0 = \alpha * IV + \beta * EO_{pond} + \delta * PS$$

Donde:

I.V: Índice de Vulnerabilidad estructural normalizado (0, 1);

E.O: Exposición Ocupacional;

P.S: Peligro sísmico;

α, β, δ : ponderaciones normalizadas $\sum = 1$

Índice de vulnerabilidad Estructural (IV)

El índice de vulnerabilidad estructural permitió clasificar la susceptibilidad sísmica de la edificación evaluada. La metodología se basó en la valoración de once parámetros estructurales relacionados con el comportamiento sísmico del edificio, siguiendo criterios establecidos del método italiano a partir de 1976, complementándose en 1986 y por último adaptándose en investigación realizada por Aguiar & Bolaños (2007).

$$IV = \sum_{k=1}^{11} K_i * W_i$$

Donde:

- K_i = Parámetros de evaluación por clase.
- W_i = ponderación de la categoría i

Tabla 1

Índice de vulnerabilidad estructural Hormigón Armado

Parámetros	K _i			W _i
	Clase A	Clase B	Clase C	
Tipo y organización del sistema resistente	0	6	12	1
Calidad del sistema resistente	0	6	12	0.5
Resistencia convencional	0	11	22	1
Posición del edificio y cimentación	0	2	4	0.5

Diafragmas horizontales	0	3	6	1
Configuración en planta	0	3	6	0.5
Configuración en elevación	0	3	6	1
Distancia máxima entre muros	0	3	6	0.75
Tipo de cubierta	0	3	6	1
Elementos no estructurales	0	4	10	0.25
Estado de conservación	0	10	20	1

Nota: Adaptado de Evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica en edificios de hormigón armado (Aguiar & Bolaños, 2007).

Índice de Exposición ocupacional (EO)

La exposición ocupacional cuantificó las condiciones humanas y operativas que influyeron en el impacto potencial de un evento sísmico. En la misma línea enfatizo que las condiciones del entorno construido y la accesibilidad a rutas de evacuación afectan de manera significativa la eficiencia de respuesta ante eventos críticos. La ponderación de cada categoría se adaptó de normas internacionales (ISO 45001, 2018; FEMA P-154, 2020) y estudios recientes en gestión de riesgos escolares.

$$EO = \sum_{i=1}^n (P_i * V_i)$$

Donde:

- EO = Índice de Exposición Ocupacional (rango 0–1);
- P_i = ponderación de la categoría i ;
- V_i = valor de la categoría i ;
- n = número de categorías evaluadas.

Tabla 2

Categorías y ponderaciones del índice de exposición ocupacional

Categoría	Descripción	Ponderación (%)
Frecuencia de exposición (Fe)	Tiempo semanal de exposición de ocupantes en el edificio	18%
Postura (P)	Posturas mantenidas, esfuerzo físico y condiciones ergonómicas en el aula o área laboral.	18%
Densidad ocupacional (Do)	Condiciones ergonómicas y esfuerzo físico en posturas mantenidas	24%
Proximidad a objetos peligrosos (Pop)	Proximidad a objetos que pueden caer o causar daño	12%
Entrenamiento y preparación en emergencias (Ee)	Preparación en emergencias mediante capacitación y simulacros	12%
Tiempo de permanencia (Tp)	Tiempo promedio de permanencia diaria en el edificio	11%
Grupos vulnerables (Gv)	Porcentaje de ocupantes con necesidades de apoyo especial	5%

Nota: Adaptado de ISO 45001 (2020), United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2019), FEMA P-154 (2020), y los criterios propuestos por Yuan et al. (2020) y Ramos et al. (2021).

Interpretación del Índice EO

Tabla 3
Interpretación del índice de exposición ocupacional

Rango EO	Nivel de exposición ocupacional
0.00 – 0.25	Riesgo Bajo (Aceptable)
0.26 – 0.50	Riesgo Medio (Mejorable)
0.51 – 0.75	Riesgo Alto (Correctivo urgente)
0.76 – 1.00	Riesgo Crítico (Inaceptable, acción urgente)

Nota: Adaptado de ISO 45001 (2020), FEMA P-154 (2020), ONU-EIRD (2019), Yuan et al. (2020) y Ramos et al. (2021).

Validación de la ponderación del índice de exposición ocupacional (Eo)

Participaron cinco especialistas en ingeniería civil, seguridad ocupacional, gestión del riesgo, evaluación estructural y planificación de emergencias. Cada experto valoró las variables del índice EO mediante una escala Likert de cinco niveles.

Tabla 4
Escala de valoración utilizada en el juicio de expertos

Valor	Interpretación
1	Muy baja importancia
2	Baja importancia
3	Importancia moderada
4	Alta importancia
5	Muy alta importancia

Nota: (Autores, 2026).

Normalización (obtención de ponderaciones): Las ponderaciones finales se obtuvieron mediante normalización de los promedios asignados por los expertos.

Tabla 5
Valoración de expertos para las ponderaciones del índice Eo

Variable	Expertos					Promedio	Ponderación Expertos	Ponderación base	Variación absoluta	Variación (%)
	1	2	3	4	5					
Frecuencia de exposición (Fe)	3	4	3	5	3	3.6	0.15	0.18	-0.03	-16.67
Postura (P)	3	3	3	4	3	3.2	0.13	0.18	-0.05	-27.78
Densidad ocupacional (Do)	3	4	3	4	3	3.4	0.14	0.24	-0.10	-41.67
Proximidad a objetos peligrosos (Pop)	3	5	3	5	3	3.8	0.16	0.12	0.04	33.33
Entrenamiento en emergencias (Ee)	3	5	3	4	3	3.6	0.15	0.12	0.03	25.00
Tiempo de permanencia (Tp)	3	4	3	3	3	3.2	0.13	0.11	0.02	18.18
Grupos vulnerables (Gv)	2	5	3	5	3	3.6	0.14	0.05	0.09	180.00
Suma						24.4	1.00	1.00		

Nota: Elaboración mediante juicio de cinco expertos; referencias base: ISO 45001:2020, FEMA P-154 (2020), ONU-EIRD (2019).

Densidad ocupacional (Do): La densidad ocupacional se calculó como la relación entre el número de ocupantes y el área útil disponible:

$$D = \frac{A}{N}$$

Donde

- D representa la densidad ocupacional (m²/personas);
- N corresponde al número de ocupantes;
- A al área útil metros cuadrados.

Tabla 6*Rangos de densidad ocupacional según categoría de uso*

Categoría de uso	Rango
Aula para estudiantes	1.20 – 2.00 m ² /persona
Sala de docentes	4.00 – 8.00 m ² /persona
Oficinas administrativas	3.00 – 6.00 m ² /persona

Nota: A partir de criterios del Ministerio de Educación del Ecuador, NEC, IBC y NFPA 101.

EO ponderado por equipo ocupacional

Debido a la presencia de distintos grupos ocupacionales dentro de la edificación, el índice EO se calculó individualmente para estudiantes, docentes y personal administrativo. Posteriormente, se obtuvo un valor ponderado considerando el número total de ocupantes:

$$EO_{ponderado} = \frac{\sum_{i=1}^n (EO_i * N_i)}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

Donde:

- EO_i = Índice de exposición ocupacional del grupo i ;
- N_i = Número de personas de ese grupo en el edificio;
- n = número total de grupos.

Peligro sísmico P_s : El peligro sísmico se modeló mediante una función probabilística dependiente de la tasa anual de ocurrencia sísmica y del horizonte temporal de análisis. La probabilidad de ocurrencia sísmica se determinó mediante:

$$P_s = 1 - e^{(-\lambda * t)}$$

Donde:

- P_s = probabilidad de ocurrencia de un sismo en el período;
- λ = tasa anual de ocurrencia de sismos con magnitud mayor o igual a la de diseño;
- t = horizonte temporal (años), por ejemplo, 1 año o la vida útil del edificio.

Factor de corrección contextual (Fc)

El factor de corrección contextual se incorporó para modelar la influencia de variables operativas y organizacionales sobre el comportamiento del riesgo durante situaciones de emergencia. El factor se calculó mediante:

$$F_c = \alpha * T_r + \beta * (1 - I_a) + \delta * F_e$$

Donde:

- T_r : Tiempo de respuesta institucional (segundos requeridos para activar protocolo);
- I_a : Índice de accesibilidad (% de rutas accesibles para personas con discapacidad);
- F_e : Factor ergonómico-ambiental;
- α, β, δ : ponderaciones normalizadas $\sum = 1$

Los coeficientes de ponderación (α, β, δ) fueron definidos considerando la influencia relativa de cada variable en el proceso de evacuación y respuesta humana ante situaciones de emergencia, garantizando que la suma total de los coeficientes sea igual a 1.

$$\alpha = 0.50, \beta = 0.30, \delta = 0.20$$

Tiempo de Respuesta Institucional (T_r)

Fue definido como el intervalo transcurrido entre la ocurrencia del evento sísmico y la activación efectiva de los protocolos de emergencia, incluyendo la emisión de alertas, organización de brigadas y el inicio del proceso de evacuación. La variable presente fue incorporada al modelo IRSO debido a su influencia de forma directa sobre la exposición ocupacional y la probabilidad de afecto a los usuarios durante una emergencia sísmica.

Estudios desarrollados por Chen et al. (2019) mostraron que los usuarios iniciaron procesos de evacuación entre 120 y 300 segundos después de activarse la alarma, mientras que en retrasos incrementaron el riesgo de congestión y exposición al peligro (Shrahily & Albeera, 2025).

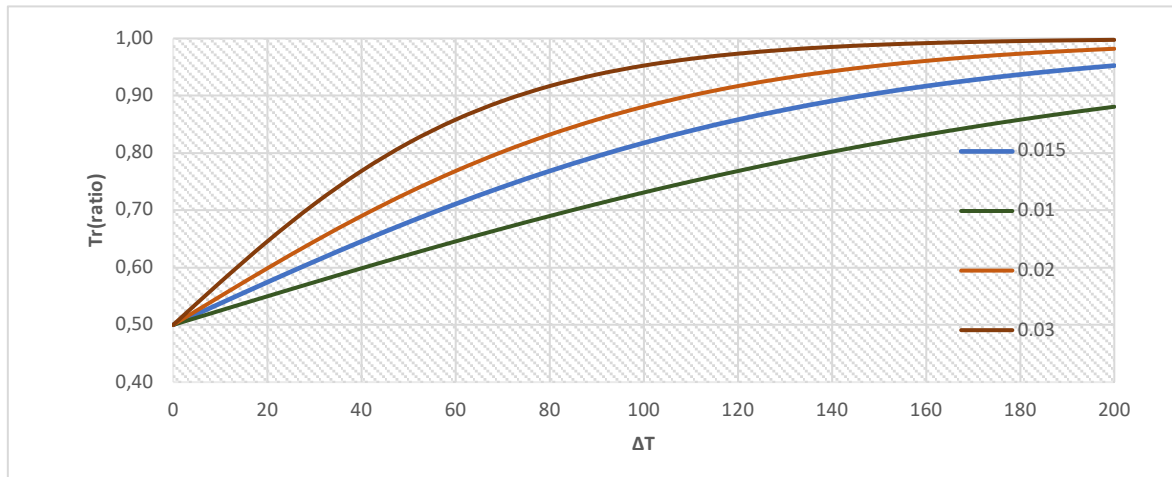
$$T_r = \frac{1}{1 + e^{-k(T_{max} - T_o)}}$$

Donde:

- T_r : índice normalizado del tiempo de respuesta institucional;
- k : parámetro de sensibilidad asociado al crecimiento del riesgo ante retrasos en la evacuación;
- T_{max} : tiempo máximo de evacuación registrado;
- T_o : tiempo mínimo de evacuación observado;
- e : constante exponencial de Euler.

La utilización de una función logística permitió representar la transición progresiva entre condiciones de evacuación controlada y escenarios de congestión crítica. Valores elevados de k indican una mayor sensibilidad del sistema, de modo que pequeñas variaciones en el tiempo de respuesta generan incrementos significativos en el nivel de riesgo.

Figura 3
Curva de sensibilidad valores k



Nota: Basada en análisis de sensibilidad de modelos de riesgo(Autores, 2026)

Tabla 7
Interpretación de parámetros utilizados en el modelo logístico

Parámetro	Interpretación	Justificación
(Tc)	Tiempo crítico de respuesta	Basado en estudios de evacuación que sitúan el inicio de evacuación
(k)	Pendiente de crecimiento del riesgo	Representa la sensibilidad del sistema ante retrasos institucionales

Nota: Basada en modelos logísticos aplicados a evacuación y gestión del riesgo (FEMA P-154, 2020; ISO 31000, 2020).

Para la estimación de tiempo máximo y mínimo de evacuación registrado se empleó la ecuación:

$$T_{max;min} = \frac{N}{A * k} + \frac{D}{V}$$

Donde:

- Tmax ; Tmin: tiempo de evacuación (s);
- N: Numero de ocupantes;
- A: Ancho de salidas (m);
- k: Constante Exp. 1.30 personas/m.seg;
- D: Distancia de evacuación (m);
- V: Velocidad promedio de Desplazamiento 0.60 m/seg.

Índice de Accesibilidad (I_a)

El Índice de Accesibilidad (I_a) se realizó con el propósito de cuantificar el nivel de accesibilidad de las rutas de evacuación disponibles dentro de la edificación, considerando la presencia de barreras físicas, obstrucciones y limitaciones funcionales que pudieran afectar la movilidad de los ocupantes durante una emergencia sísmica. Para ello, se empleó la siguiente expresión:

$$I_a = 1 - \frac{Ra}{Rt}$$

Donde:

- Ra: Ruta Accesibles;
- Rt: Rutas totales.

El índice fue definido en una escala normalizada entre 0 y 1, donde valores cercanos a 0 representan condiciones adecuadas de accesibilidad y valores próximos a 1 indican una mayor presencia de restricciones físicas o limitaciones operativas que incrementan el riesgo durante la evacuación.

Factor Ergonómico-Ambiental (F_e): La evaluación del Factor Ergonómico-Ambiental (F_e) se realizó con el objetivo de incorporar dentro del modelo IRSO la influencia de las condiciones ambientales y ergonómicas sobre el desempeño cognitivo y la capacidad de respuesta de los ocupantes durante una emergencia sísmica. Se consideró que variables como el confort térmico, la iluminación y el ruido ambiental pueden afectar la percepción del riesgo, el reconocimiento de señales de alarma y la velocidad de evacuación.

$$F_e = \frac{C + I + R}{3}$$

Donde:

- C: Índice de confort térmico;
- I: Índice de iluminación;
- R: Índice de ruido ambiental.

Índice de confort térmico (C):

Para la evaluación del confort térmico se empleó una escala cualitativa de cinco niveles, basada en las condiciones ambientales observadas dentro de la edificación, considerando ventilación, acumulación de calor, sensación térmica y circulación de aire.

Tabla 8*Escala de valoración del confort térmico*

Condición térmica	Temperatura	Ventilación	Clasificación	Valor
Muy favorable	22–24 °C	Alta circulación de aire	Muy bajo impacto	0.20
Favorable	24–26 °C	Adecuada	Bajo impacto	0.40
Moderadamente favorable	27–29 °C	Moderada	Impacto medio	0.60
Desfavorable	30–32 °C	Deficiente	Alto impacto	0.80
Muy desfavorable	> 32 °C	Muy deficiente o inexistente	Impacto crítico	1.00

Nota: basada en criterios de confort térmico (ISO 7730, ASHRAE 55).

Iluminación (I)

La valoración fue efectuada mediante una inspección técnica en oficinas administrativas, aulas y áreas de circulación, considerando criterios asociados al nivel aproximado del alumbrado, con disponibilidad de luz natural, percepción de fatiga visual de los que se ocupan y la uniformidad lumínica.

Tabla 9*Escala de evaluación de iluminación y parámetros considerados*

Condición	Nivel (lux)	Uniformidad lumínica	Clasificación	Valor normalizado
Muy favorable	> 500 lux	Uniforme	Muy bajo impacto	0.20
Favorable	400–500 lux	Levemente variable	Bajo impacto	0.40
Moderadamente favorable	300–400 lux	Variabilidad parcial	Impacto medio	0.55
Desfavorable	200–300 lux	No uniforme	Alto impacto	0.80
Muy desfavorable	< 200 lux	Muy irregular	Impacto crítico	1.00

Nota: Basada en criterios de iluminación ocupacional (ISO 8995-1, CIE 117).

Ruido ambiental (R)

Tabla 10*Escala de evaluación del ruido ambiental y parámetros considerados*

Condición	Nivel ruido (dB)	Interferencia en comunicación	Clasificación	Valor normalizado
Muy favorable	< 40 dB	Nula	Muy bajo impacto	0.20
Favorable	40–50 dB	Baja	Bajo impacto	0.40
Moderadamente favorable	50–65 dB	Moderada	Impacto medio	0.65
Desfavorable	65–75 dB	Alta	Alto impacto	0.80
Muy desfavorable	> 75 dB	Muy alta	Impacto crítico	1.00

Nota: Basada en criterios de ruido ambiental (ISO 1996-1, OMS).

Riesgo ajustado:

Finalmente, el índice IRSO fue ajustado mediante el factor contextual:

$$IRSO = IRSO_0 * (1 + F_c * (1 - IRSO_0))$$

Donde:

- $IRSO_0$: Índice base (riesgo intrínseco);
- F_C : Factor de corrección contextual.

La formulación permitió modelar el riesgo como un sistema dinámico donde pequeñas variaciones operativas podían generar cambios significativos en el riesgo final.

Tabla 11

Clasificación del Índice de Riesgo Sísmico–Ocupacional (IRSO)

Rango IRSO	Nivel de riesgo	Acción recomendada
0.00 – 0.25	Bajo	Mantener medidas de prevención y monitoreo
0.26 – 0.50	Medio	Implementar mejoras estructurales y/o ocupacionales
0.51 – 0.75	Alto	Intervención urgente
0.76 – 1.00	Crítico	Acción inmediata

Nota: Basada en criterios de ruido ambiental (ISO 1996-1, OMS).

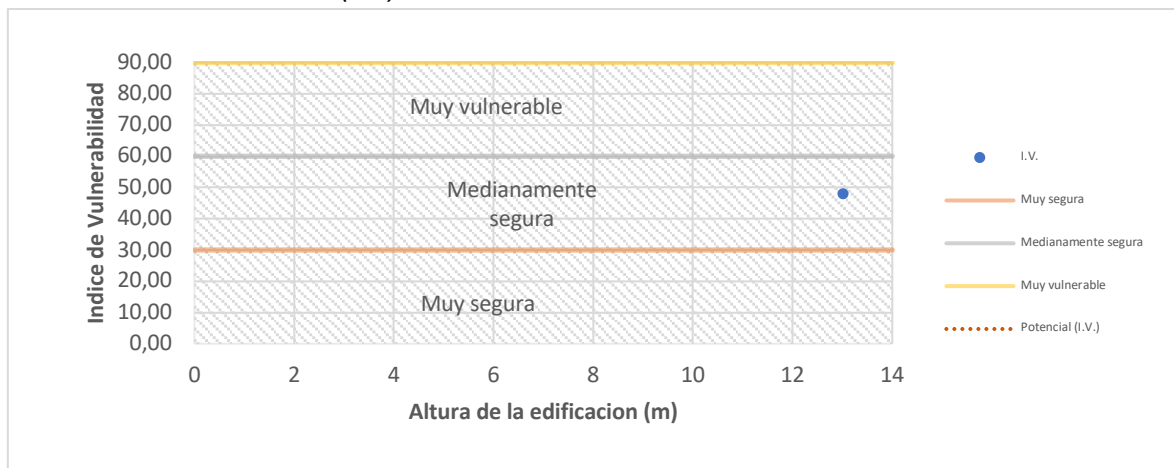
3. Resultados

Es Índice de Vulnerabilidad (I.V)

El valor obtenido fue $IV = 0.48$, correspondiente a una clasificación de estructura medianamente segura.

Figura 4

Índice de Vulnerabilidad (I.V)

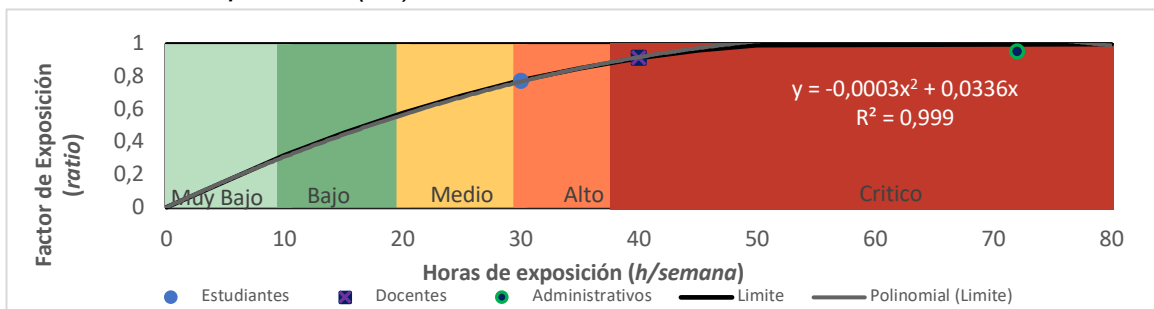


Nota: Autores (2026)

Índice de Exposición Ocupacional (EO)

Frecuencia de exposición (F_e): Los valores de exposición semanal mostraron diferencias entre los grupos evaluados. El personal administrativo registró 72 h/semana, equivalente a $F_e = 0.96$, mientras que los docentes alcanzaron 40 h/semana, obteniendo $F_e = 0.92$. Los estudiantes registraron 30 h/semana, correspondientes a $F_e = 0.78$.

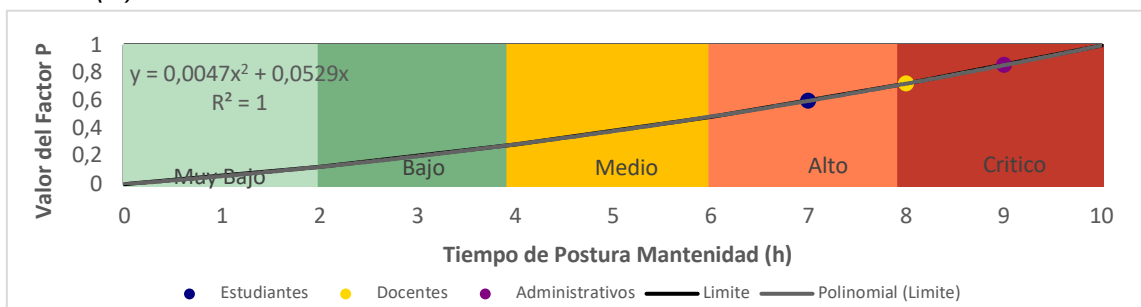
Figura 5
Frecuencia de Exposición (Fe)



Nota: Autores (2026)

Postura (P): La evaluación de postura registró valores comprendidos entre 0.60 y 0.86. El personal administrativo presentó el valor más alto (P = 0.86) asociado a 9 h/día de postura mantenida, seguido de docentes con P = 0.72 y estudiantes con P = 0.60.

Figura 6
Postura (P)



Nota: Autores (2026)

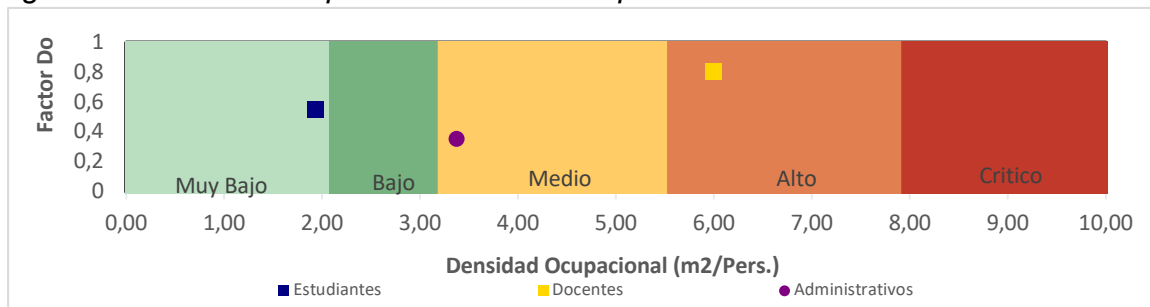
Densidad Ocupacionales (Do): Las aulas universitarias presentaron un área promedio de 60 m² con una ocupación de 31 estudiantes, equivalente a 1.94 m²/persona, mientras que las oficinas docentes registraron 6.00 m²/persona y las áreas administrativas 3.38 m²/persona. Acorde a la planta típica de la edificación.

Tabla 12
Densidad Ocupacionales

Categoría	Área (m ²)	Personas	Densidad (m ² /personas)	Rango recomendado	Cumplimiento
Estudiantes	60.00	31	1.94	1.20 – 2.00	Si
Docentes	60.00	10	6.00	4.00 – 8.00	Si
Administrativos	27.00	8	3.38	3.00 – 6.00	Si

Nota: Autores (2026)

Figura 7
Riesgo Físico Clasificado por la Densidad Ocupacional

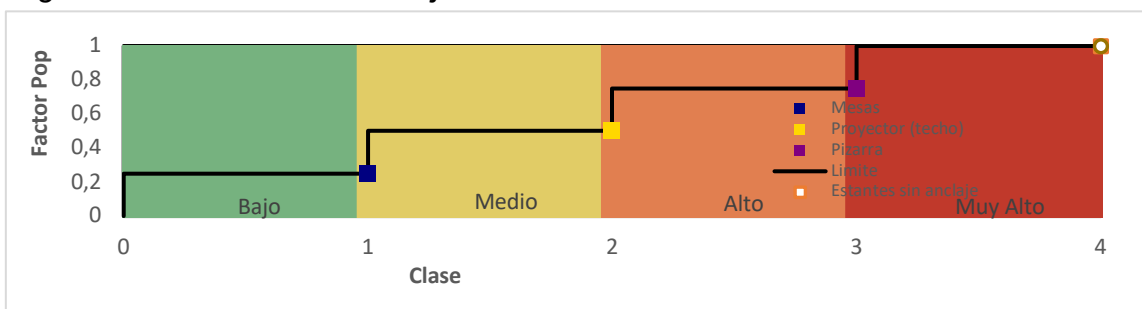


Nota: Autores (2026)

Proximidad a objetos peligrosos (Pop)

Los estantes sin anclaje y archivadores altos registraron los valores más elevados de proximidad al riesgo (Pop = 1.00). La pizarra presentó Pop = 0.75 y el proyector suspendido Pop = 0.50. Las mesas registraron el menor valor (Pop = 0.25).

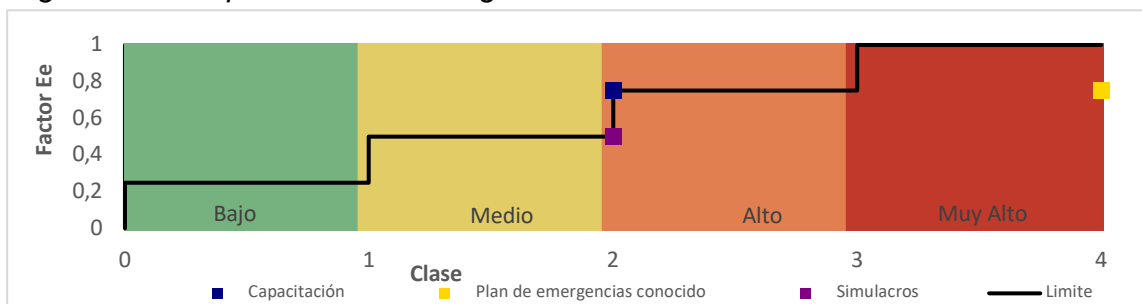
Figura 8
Riesgo Físico Proximidad de Objeto



Nota: Autores (2026)

Entrenamiento y Preparación en Emergencias (Ee): Las capacitaciones institucionales se realizaron con frecuencias comprendidas entre 2 y 3 años, mientras que los simulacros se ejecutaron entre 0 y 1 vez por año. El 50 % de los ocupantes indicó conocer el plan de emergencia institucional. La integración de estos parámetros generó un valor Ee = 0.67.

Figura 9
Riesgo Físico Preparación en Emergencias

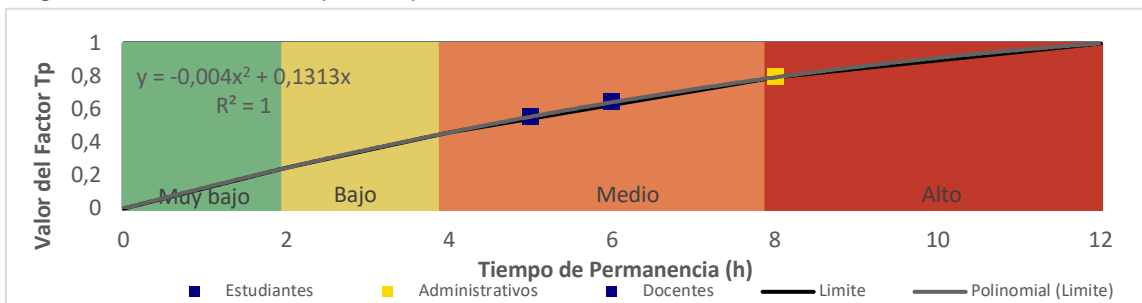


Nota: Autores (2026)

Tiempo de Permanencia (Tp): Los estudiantes registraron 6 h/día de permanencia ($T_p = 0.64$), los docentes 5 h/día ($T_p = 0.56$) y el personal administrativo 8 h/día ($T_p = 0.79$).

Figura 10

Riesgo Psicosocial Tiempo de permanencia

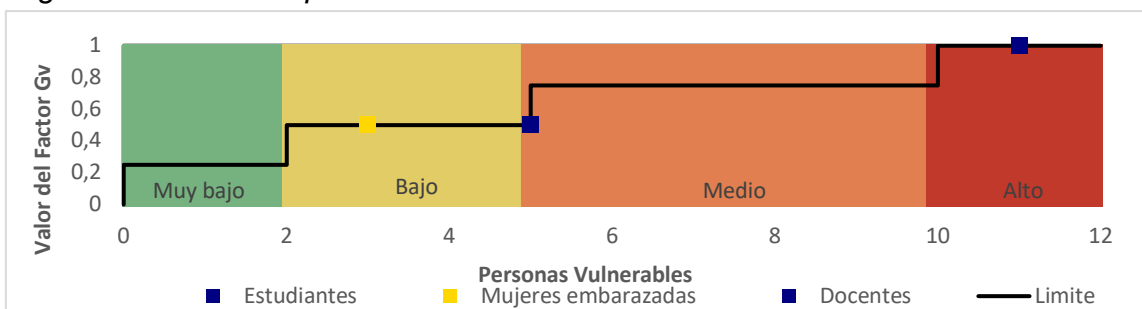


Nota: Autores (2026)

Grupos vulnerables (Gv): Se identificaron 11 estudiantes vulnerables, 5 docentes con condiciones de vulnerabilidad y 3 mujeres embarazadas. El valor global obtenido fue $G_v = 0.67$.

Figura 11

Riesgo Psicosocial Grupos Vulnerables



Nota: Autores (2026)

Exposición Ocupacional (Eo): Para la determinación de la Exposición Ocupacional (EO) se empleó un esquema de ponderación multicriterio previamente definido, el cual fue sometido a un proceso de validación mediante juicio de expertos con el propósito de verificar la coherencia y consistencia de los coeficientes asignados a cada variable del modelo.

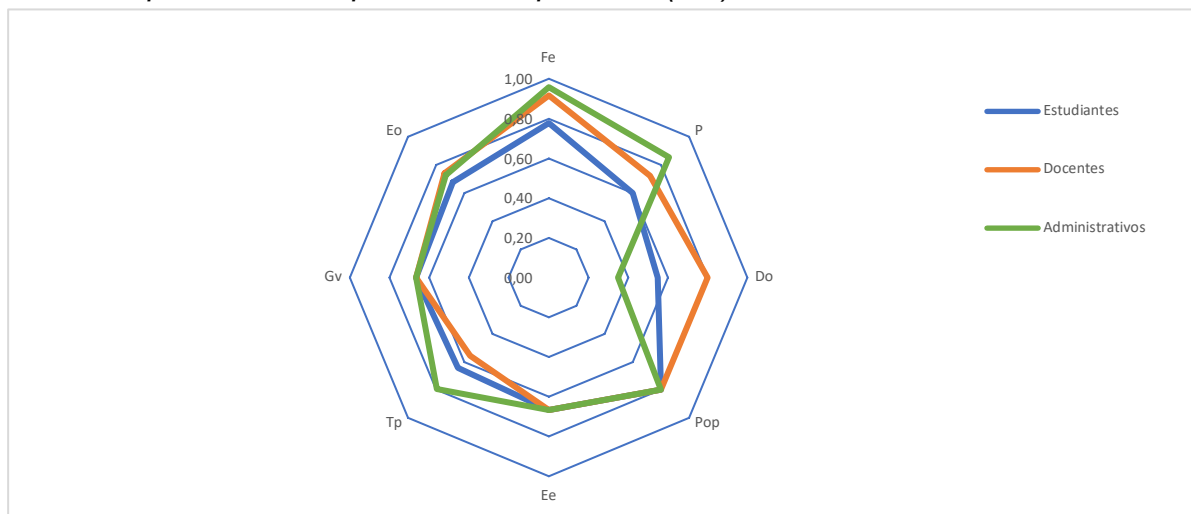
Tabla 13

Parametro para el Cálculo del Eo

Categoría	Fe	P	Do	Pop	Ee	Tp	Gv	EO	Clasificación
Estudiantes	0.78	0.60	0.55	0.80	0.67	0.64	0.67	0.68	Riesgo Alto (Correctivo urgente)
Docentes	0.92	0.72	0.80	0.80	0.67	0.56	0.67	0.74	Riesgo Alto (Correctivo urgente)
Administrativos	0.96	0.86	0.35	0.80	0.67	0.79	0.67	0.73	Riesgo Alto (Correctivo urgente)

Nota: Autores (2026)

Figura 12
Perfil comparativo de Exposición Ocupacional (EO)



Nota: Autores (2026)

En los estudiantes, la exposición se encuentra principalmente influenciada en la frecuencia de exposición (Fe = 0.78) con la proximidad a objetos peligrosos (Pop = 0.80), lo que refleja una permanencia semanal en espacios académicos con una configuración física del entorno que incrementa la posibilidad del impacto directo por caída o desplazamiento de elementos no estructurales, en el momento de un sismo. Asimismo, valores que son asociados a postura mantenida (P = 0.60) y tiempo de permanencia (Tp = 0.64) evidencian la exposición acumulativa derivada a condiciones en constante repetición prolongadas dentro de los espacios universitarios.

En la categoría de los docentes, se registra una mayor frecuencia de exposición (Fe = 0.92), en la que está asociado a jornadas prolongadas y a la movilidad continua entre áreas académicas y aulas, lo que incrementa la probabilidad temporal de exposición al peligro sísmico. En la concentración espacial de ocupantes es menor en comparación con los otros equipos, el valor normalizado de densidad ocupacional (Do = 0.80) continúa representando una condición de manera significativa dentro del modelo de exposición. El efecto de la postura mantenida (P= 0.72) y del tiempo de permanencia (Tp = 0.56) mantiene el índice EO dentro de una categoría de alto riesgo. Mientras que el personal administrativo muestra el mayor valor asociado a postura ocupacional (P=0.86) y frecuencia de exposición (Fe = 0.96), en la que evidencia una permanencia diaria y semanal en espacios cerrados, aunque la densidad ocupacional muestre un valor moderado (Do = 0.35), la permanencia prolongada y la exposición constante a elementos peligrosos genera un escenario de alta susceptibilidad frente a emergencias sísmicas.

Determinación del Eo Ponderado: Se realizó mediante un promedio ponderado en función del número de ocupantes pertenecientes a cada grupo funcional:

$$EO_{ponderado} = \frac{0.68 * 500 + 0.74 * 50 + 0.73 * 30}{580} = 0.69$$

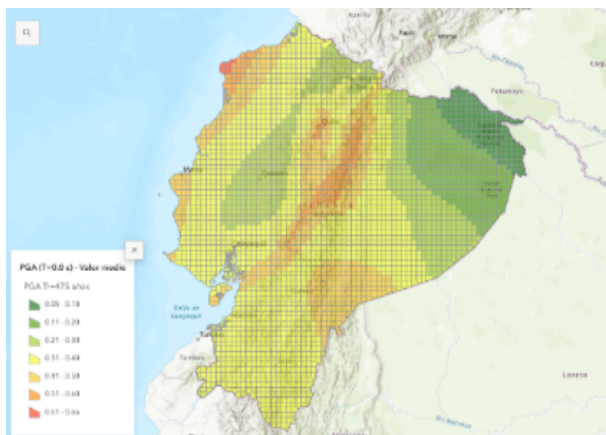
El valor obtenido del EO ponderado (EO = 0.69) clasifica a la edificación dentro de un nivel de Riesgo Alto, lo que implica la necesidad de implementar correctivos urgentes orientados a reducir la exposición ocupacional de la población universitaria.

Peligro sísmico Ps

De acuerdo con los mapas de peligro sísmico del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, el sitio muestra valores de pico de aceleración del suelo PGA del orden 0.38 g para un periodo de retorno de 475 años, en la que evidencia una codificación significativa de riesgo sísmico para edificios institucionales.

Figura 13

Mapa Peligro sísmico PGA Tr=475 años



Parámetro	Valor (g)
PGA	0.38
SA (0.05 s)	0.58
SA (0.07 s)	0.76
SA (0.10 s)	0.96
SA (0.20 s)	0.86
SA (0.50 s)	0.42
SA (1.00 s)	0.21
SA (2.00 s)	0.09

Nota: IGEPN, 2026

$$\lambda = \frac{1}{50} = 0.02; P_s = 1 - e^{-0.02*1} = 0.02 \text{ anual}$$

Probabilidad en mayor horizonte vida útil del edificio, t=50 años

$$P_s = 1 - e^{-0.02*50} = 0.63$$

Vulnerabilidad vs. Exposición ocupacional (I.V ↔ EO)

La relación entre la vulnerabilidad estructural de la edificación (IV = 0.48) y el índice de exposición ocupacional ponderado (EO = 0.69) evidencia que la infraestructura presenta una susceptibilidad significativa frente a una elevada concentración de ocupantes.

Figura 14
Vulnerabilidad Estructural vs Exposición Ocupacional



Nota: Autores (2026)

Exposición ocupacional vs. Peligro sísmico (EO ↔ P_s)

La interacción entre el índice de exposición ocupacional ponderado (EO = 0.69) y el peligro sísmico probabilístico (Ps = 0.63) configura un escenario de riesgo crítico, donde la elevada permanencia humana coincide con un contexto regional de alta amenaza sísmica.

Figura 15
Exposición Ocupacional vs. Peligro sísmico (E.O ↔ P_s)

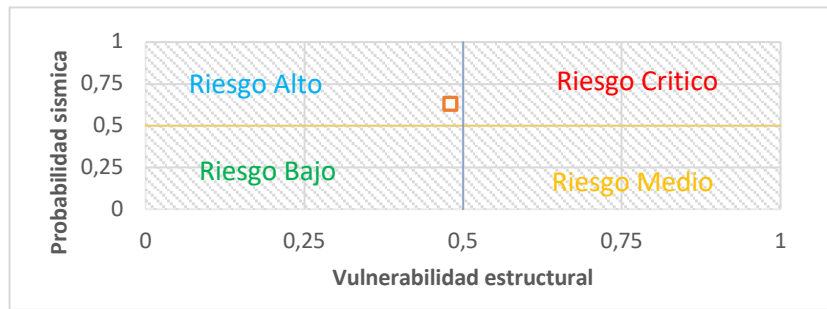


Nota: Autores (2026)

Vulnerabilidad vs. Probabilidad sísmica (I.V ↔ P_s)

La combinación entre la vulnerabilidad estructural de la edificación (IV = 0.48) y el nivel de amenaza sísmica probabilística (Ps = 0.63) evidencia una condición de fragilidad estructural significativa frente a eventos sísmicos de intensidad moderada y alta. Este comportamiento incrementa la probabilidad de daño estructural y no estructural, particularmente considerando la actividad tectónica característica de la región costera ecuatoriana.

Figura 16
Vulnerabilidad vs. Probabilidad sísmica (I.V ↔ P_s)



Nota: Autores (2026)

Integración del IRSO

Una vez determinados el índice de vulnerabilidad estructural de la edificación (IV), el índice de exposición ocupacional ponderado (EO_{pond}) y el nivel de peligro sísmico del sitio (Ps), se procedió a integrar estos componentes mediante la ecuación del índice de riesgo sísmico-ocupacional (IRSO₀).

$$IRSO_0 = 0.50 * 0.48 + 0.30 * 0.69 + 0.20 * 0.63 = \mathbf{0.57}$$

El valor inicial obtenido (IRSO₀=0.57) corresponde a una condición de riesgo moderadamente alta, evidenciando que la combinación entre vulnerabilidad estructural, exposición ocupacional y amenaza sísmica genera un escenario de afectación potencial considerable para los ocupantes de la edificación.

Tabla 14
Variables integradoras del IRSO₀

Índice	Valor	Clasificación
Vulnerabilidad (I.V)	0.48	Media
Exposición (EO_{pond})	0.69	Alta
Peligro Sísmico (Ps)	0.63	Alta
IRSO₀	0.57	Riesgo Alto

Nota: Autores (2026)

Factor de corrección contextual

Para estimar el tiempo de evacuación (Ts) se seleccionaron dos áreas representativas de la edificación: área administrativa y área académica. La estimación se realizó considerando el número de ocupantes, ancho de salidas, distancia de evacuación y velocidad promedio de desplazamiento peatonal.

Área administrativa:

$$T_s = \frac{60 \text{ personas}}{1.20 \text{ m} * 1.3 \frac{\text{pers}}{\text{m. seg}}} + \frac{25 \text{ m}}{0.60 \text{ m/seg}} = 80.13 \text{ seg}$$

Área producción – académica

$$T_s = \frac{120 \text{ personas}}{1.20 \text{ m} * 1.3 \frac{\text{pers}}{\text{m. seg}}} + \frac{35 \text{ m}}{0.60 \text{ m/seg}} = 136.26 \text{ seg}$$

Teniendo un tiempo de respuesta máximo medido acorde al análisis ante expuesto de $T_{max}=136.26 \text{ seg}$ y uno mínimo de $T_o=80.13 \text{ seg}$. Para la sensibilidad k está dentro de un rango ($0.015 \leq k \leq 0.03 \text{ s}^{-1}$) se adoptó de $k=0.02 \text{ s}^{-1}$.

$$T_r = \frac{1}{1+e^{-k(T_{max}-T_o)}}; T_r = \frac{1}{1+e^{-0.02(136.26-80.13)}} = 0.75$$

Índice de Accesibilidad (I_a)

Se observaron que se dispone de 6 rutas de evacuación y tres son accesibles para la facultada en estudio:

$$I_a = 1 - \frac{Ra}{Rt}; I_a = 1 - \frac{3}{6} = 0.5$$

Se tiene una alta presencia de barreras físicas lo que incrementa el riesgo

Índice de confort térmico (C): Para la determinación del índice de confort térmico (C) se realizó una evaluación técnica de las condiciones ambientales interiores de las áreas académicas y administrativas, considerando temperatura ambiente, ventilación natural, ocupación y percepción térmica de los usuarios durante la jornada laboral. Durante las inspecciones realizadas se registraron las siguientes condiciones promedio:

Tabla 15

Valores observados

Condición térmica observada	Temperatura	Ventilación	Ocupación del espacio	Clasificación	Valor normalizado
Moderadamente favorable	27–29 °C	Moderada	Alta	Impacto medio	0.60

Nota: Autores (2026)

Las condiciones observadas evidenciaron una sensación térmica superior al rango de confort recomendado para actividades académicas y administrativas (22–26 °C), especialmente en horarios de mayor ocupación y baja circulación de aire. Sin embargo, no se identificaron condiciones extremas de estrés térmico que comprometieran severamente el desempeño de los ocupantes.

Iluminación (I): Los niveles estimados se situaron entre 300 y 400 lux, rango considerado aceptable para actividades académicas, aunque no completamente óptimo para condiciones de evacuación y respuesta rápida ante emergencias.

Tabla 16

Escala de evaluación de iluminación y parámetros considerados

Condición	Nivel (lux)	Disponibilidad	Clasificación	Valor normalizado
Moderadamente favorable	300–400 lux	Moderada	Impacto medio	0.55

Nota: Autores (2026)

Ruido ambiental (R): Las condiciones acústicas observadas se estimaron dentro de un rango aproximado de 50 a 65 dB, generando interferencias moderadas en la comunicación verbal y disminución parcial de la concentración de los ocupantes.

Tabla 17

Escala de evaluación del ruido ambiental y parámetros considerados

Condición	Nivel (dB)	Interferencia	Distracción percibida	Impacto sobre concentración	Clasificación	Valor normalizado
Moderadamente favorable	50–65 dB	Moderada	Moderada	Disminución parcial de concentración	Impacto de medio	0.65

Nota: Autores (2026)

Este valor indicó que el ruido ambiental podría influir negativamente en la percepción de señales de emergencia, la comprensión de instrucciones de evacuación y la capacidad de reacción de los ocupantes durante un evento sísmico, incrementando potencialmente el nivel de riesgo ocupacional.

Posteriormente, se aplicó la ecuación general del factor ergonómico-ambiental:

$$F_e = \frac{C + I + R}{3}; F_e = \frac{0.60 + 0.55 + 0.65}{3} = 0.60$$

Las condiciones ergonómico-ambientales evaluadas evidenciaron un nivel aceptable, aunque no óptimo, para garantizar una respuesta humana eficiente durante una situación de emergencia sísmica. La corrección contextual (fc) se determinó mediante la integración ponderada del tiempo de respuesta institucional, el factor ergonómico-ambiental, el índice de accesibilidad, utilizando la siguiente expresión:

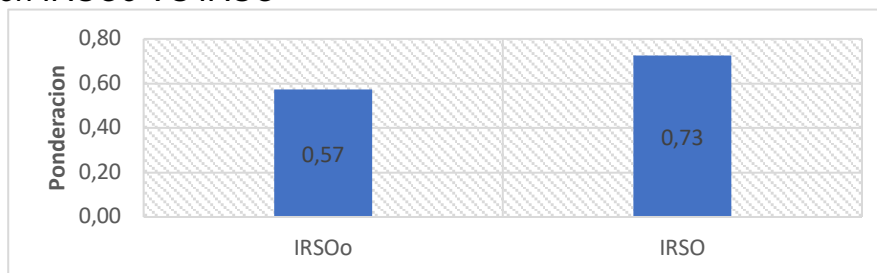
$$F_c = \alpha * T_r + \beta * (1 - I_a) + \delta * F_e; F_c = 0.40 * 0.75 + 0.35 * (1 - 0.50) + 0.25 * 0.60 = 0.63$$

El resultado obtenido mostró una influencia contextual de manera significativa sobre el riesgo sísmico-ocupacional, evidenciando que las condiciones operativas y de los usuarios incrementen el nivel de vulnerabilidad del sistema. Posteriormente, se aplicó la corrección contextual global al índice de riesgo sísmico-ocupacional base (IRSO₀) mediante la siguiente ecuación:

$$IRSO = IRSO_0 * (1 + F_c * (1 - IRSO_0)); IRSO = 0.57 * (1 + 0.63 * (1 - 0.57)) = 0.73$$

Figura 17

Comparacion IRSO₀ VS IRSO



Nota: Autores (2026)

El valor final obtenido ($IRSO=0.73$) clasificó a la edificación dentro del nivel de Riesgo Alto, evidenciando una condición crítica desde el punto de vista de la seguridad sísmico-ocupacional. Este resultado mostró la interacción simultánea entre la elevada exposición ocupacional y la vulnerabilidad estructural y limitaciones contextuales asociadas a la evacuación.

4. Discusión

Los resultados evidenciaron que el riesgo sísmico en edificios universitarios no tiene que ser interpretado como una función exclusiva de la vulnerabilidad estructural, también debe ser interpretado como un fenómeno emergente derivado a la interacción de variables físicas, organizacionales y ocupacionales, en este sentido el modelo IRSO ayuda a capturar dinámicas que permanecen ocultas en los enfoques tradicionales, en particular aquellas asociadas a la exposición de los usuarios en condiciones de la vida de uso del edificio (Iacoletti et al., 2024).

La edificación presentó una vulnerabilidad estructural moderada ($IV= 0.48$); sin embargo, la elevada exposición ocupacional ($EO=0.69$) y el contexto sísmico regional ($PS=0.63$) incrementaron considerablemente el riesgo global, alcanzando un IRSO final de 0.73. Este comportamiento es recurrente con investigaciones recientes en la que señalan la necesidad de incorporar variables de usuarios y operativas dentro de los modelos de riesgos (Gernay, 2021), la cual va a un paso más de integrarlas dentro de un marco cuantitativo unificado.

Asimismo, la combinación entre exposición ocupacional y peligro sísmico refleja un escenario crítico debido a que la elevada permanencia humana coincide con una zona de alta amenaza tectónica asociada al proceso de subducción entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana. Por otra parte, la interacción entre vulnerabilidad estructural y peligro sísmico demuestra que una estructura con vulnerabilidad intermedia puede experimentar condiciones críticas cuando se encuentra localizada en zonas de elevada aceleración sísmica (Iñiguez, 2024; Ponce-Regalado & Marcillo-Merino, 2025)

Un hallazgo importante es el efecto amplificador del factor de corrección contextual, la cual introduce una relación no lineal en la estimación del riesgo, este comportamiento sugiere que pequeñas variables como el tiempo de respuesta institucional o la accesibilidad a las rutas de evacuación puedan generar incrementos desproporcionados en el riesgo final, el resultado mostrado coincide con lo estipulado por Estêvão et al. (2022), quien identifica la influencia de factores no estructurales en la seguridad sísmica.

De la misma manera, el análisis de sensibilidad que confirma el modelo IRSO presenta una estabilidad adecuada frente a variaciones en los coeficientes de ponderación, lo que respalda su metodología, sin embargo, se observa que variables como la proximidad a la frecuencia de exposición generan mayores fluctuaciones en el índice

final, lo que muestra su relevancia dentro del sistema de riesgos (Islas-Toski et al., 2024; Morfidis et al., 2024).

5. Conclusiones

La metodología IRSO permitió integrar de manera cuantitativa la vulnerabilidad estructural, el peligro sísmico y la exposición ocupacional, logrando una evaluación más representativa del riesgo sísmico en edificaciones universitarias.

La Facultad de Ciencias Económicas evidencio un valor del índice IRSO (0.73), del cual se clasificó dentro de un alto riesgo evidenciando que estuvo influenciado por la elevada exposición ocupacional ($EoPond = 0.69$) y por las limitaciones contextuales asociadas al tiempo de respuesta institucional, accesibilidad y condiciones ergonómico ambientales, estos hallazgos sugieren que la exposición de los usuarios no actúe como un componente complementario de riesgo, debe actuar como un elemento capaz de modificar de manera significativa la estimación global del peligro sísmico.

El factor de corrección contextual incrementó el índice inicial $IRSO_0=0.57$ hasta un valor final de $IRSO=0.73$, evidenciando que variables asociadas al desempeño institucional y a las condiciones funcionales de evacuación poseen una influencia considerable en el riesgo total. Este comportamiento demuestra que pequeñas variaciones en el tiempo de respuesta o en la accesibilidad pueden producir incrementos desproporcionados en el nivel de riesgo, especialmente en escenarios de alta ocupación.

En el presente estudio, variables como la frecuencia de exposición y la proximidad a objetos peligrosos presentaron valores elevados en los tres grupos funcionales evaluados, indicando que el riesgo no se distribuye de manera homogénea dentro de la edificación. Particularmente, los estudiantes registraron una elevada exposición debido a la combinación entre densidad ocupacional y permanencia prolongada en aulas, mientras que el personal administrativo mostró mayores niveles asociados a tiempos de permanencia y posturas mantenidas.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

Aguiar Falconí, R., & Bolaños, D. (2007). Evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica en edificios de hormigón armado. En *XIX Jornadas Nacionales de Ingeniería Estructural* (pp. 55–82). Universidad Nacional del Chimborazo.

- Ajaz, A., Datta, S., & Stoodley, S. (2020). High Plains Aquifer—state of affairs of irrigated agriculture and role of irrigation in the sustainability paradigm. *Sustainability*, 12(9), Artículo 3714. <https://doi.org/10.3390/su12093714>
- Ballesteros-Salazar, K. S., Caizaguano-Montero, D. G., Haro-Báez, A. G., & Toulkeridis, T. (2022). Case study of the application of an innovative guide for the seismic vulnerability evaluation of schools located in Sangolquí, Interandean Valley in Ecuador. *Buildings*, 12(9), Artículo 1471. <https://doi.org/10.3390/buildings12091471>
- Cerracchio, V., D'Amore, S., Di Matteo, M., Vallati, A., & Pampanin, S. (2025). Multi-criteria approach for the evaluation of the seismic-energetic retrofit solutions for a public residential building. En M. Papadrakakis & M. Fragiadakis (Eds.), *COMPdyn 2025: Proceedings of the 10th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering* (pp. 2215–2230). ECCOMAS Procedia. <https://doi.org/10.7712/120125.12562.25896>
- Chen, J., Yu, J., Wen, J., Zhang, C., Yin, Z., Wu, J., & Yao, S. (2019). Pre-evacuation time estimation based emergency evacuation simulation in urban residential communities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23), Artículo 4599. <https://doi.org/10.3390/ijerph16234599>
- Estêvão, J. M. C., Morales-Esteban, A., Sá, L. F., Ferreira, M. A., Tomás, B., Esteves, C., Barreto, V., Carreira, A., Braga, A., Requena-Garcia-Cruz, M. V., Romero-Sanchez, E., de-Miguel-Rodríguez, J., Segovia-Verjel, M. L., Blanco, B. Z., & Oliveira, C. S. (2022). Improving the earthquake resilience of primary schools in the border regions of neighbouring countries. *Sustainability*, 14(23), Artículo 15976. <https://doi.org/10.3390/su142315976>
- Gernay, T. (2021). Fire resistance and burnout resistance of timber columns. *Fire Safety Journal*, 122, Artículo 103350. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103350>
- Han, L., Feng, H., Liu, G., Zhang, A., & Han, T. (2024). A real-time intelligent monitoring method for indoor evacuee distribution based on deep learning and spatial division. *Journal of Building Engineering*, 92, Artículo 109764. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.109764>
- Iacoletti, S., Cremen, G., & Galasso, C. (2024). Investigating the sensitivity of losses to time-dependent components of seismic risk modeling. *Earthquake Spectra*, 40(2), 1376–1395. <https://doi.org/10.1177/87552930231226230>
- Íñiguez Jiménez, G. P. (2024). Incidencia de la vulnerabilidad sísmica en la funcionalidad y economía de instituciones públicas del cantón El Empalme, Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 11(1), 42–52. <https://doi.org/10.26423/rctu.v11i1.776>
- Islas-Toski, M., Cuevas, E., Pérez-Cisneros, M., & Escobar, H. (2024). Agent-based evacuation modeling: Enhancing building safety in emergency scenarios. *Smart Cities*, 7(6), 3165–3187. <https://doi.org/10.3390/smartcities7060123>
- Mora-Albán, V. E., & Baque-Solís, B. S. (2025). Aplicación de FEMA P-154 para el análisis de vulnerabilidad sísmica en construcciones del sector El Matal-Jama.

Revista Científica FINIBUS - Ingeniería, Industria y Arquitectura, 8(15), 78–84.
<https://doi.org/10.56124/finibus.v8i15.008>

- Morfidis, K., Sotiriadis, D., Stefanidou, S., Markogiannaki, O., Karatzetou, A., & Margaris, B. (2024). Seismic risk assessment of buildings and infrastructures using artificial neural networks: Empirical prediction equations. *Technical Annals*, 1(6). <https://doi.org/10.12681/ta.36895>
- Ponce-Regalado, D. S., & Marcillo-Merino, G. L. (2025). Evaluación probabilística del peligro sísmico temporal con modelos de Markov y resiliencia en Jipijapa, Ecuador. *Innova Science Journal*, 3(4), 570–588. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n4/159>
- Ponce Regalado, D. S., & Marcillo Merino, G. L. (2026). Marco híbrido de Poisson-Markov para el análisis de recurrencia sísmica en zona de subducción del sur de Manabí, Ecuador. *Arandu UTIC*, 13(1), 693–723. <https://doi.org/10.69639/arandu.v13i1.1941>
- Ramos, A. K., McGinley, M., & Carlo, G. (2021). The relations of workplace safety, perceived occupational stress, and adjustment among Latino/a immigrant cattle feedyard workers in the United States. *Safety Science*, 139, Artículo 105262. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105262>
- Shrahily, R. Y., & Albeera, H. A. (2025). Comparative analysis of engineering building evacuation efficiency: A two-phase study on multi-exit versus single-exit strategies at Al-Baha University. *Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture*, 16(2), 395–413. <https://doi.org/10.1007/s43995-025-00115-2>
- Yuan, F., Li, M., & Liu, R. (2020). Understanding the evolutions of public responses using social media: Hurricane Matthew case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51, Artículo 101798. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101798>
- Zhang, S., Li, S., Zhai, C., & Xiao, J. (2024). An integrated seismic assessment method for urban buildings and roads. *International Journal of Disaster Risk Science*, 15(6), 935–953. <https://doi.org/10.1007/s13753-024-00600-7>