



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia



ODT

OBSERVATORIO DE
DINÁMICAS TERRITORIALES

DOCUMENTO DE ANÁLISIS TERRITORIAL NO. 01 | 2026

AMENAZA SÍSMICA Y TERRITORIO EN COLOMBIA

Análisis comparativo de los modelos
nacionales de amenaza sísmica SGC
(2020) y AIS 300-26

Dr.-Ing. Mario Camilo Torres Suárez

Universidad La Gran Colombia
Facultad de Arquitectura e Ingenierías
Observatorio de Dinámicas Territoriales

Documento de Análisis Territorial No. 01 | 2026

Amenaza sísmica y territorio en Colombia

Análisis comparativo de los modelos nacionales de amenaza sísmica SGC (2020) y AIS 300-26

Autor

Mario Camilo Torres Suárez
Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia
Decano, Facultad de Arquitectura e Ingenierías, Universidad La Gran Colombia
Expresidente, Sociedad Colombiana de Geotecnia

Edición institucional

Observatorio de Dinámicas Territoriales
Facultad de Arquitectura e Ingenierías
Universidad La Gran Colombia

Preparación editorial

Dirección de Investigaciones

Código de publicación

ODT-DAT-001-2026

Primera edición digital

Bogotá D. C., Colombia
2026

© Universidad La Gran Colombia

© Mario Camilo Torres Suárez

Citación sugerida

Torres Suárez, M. C. (2026). *Amenaza sísmica y territorio en Colombia: análisis comparativo de los modelos nacionales de amenaza sísmica SGC (2020) y AIS 300-26*. Documento de Análisis Territorial No. 01. Observatorio de Dinámicas Territoriales, Universidad La Gran Colombia.

Nota editorial

Los *Documentos de Análisis Territorial* del Observatorio de Dinámicas Territoriales constituyen un espacio para la circulación y divulgación de análisis académicos y técnicos relacionados con los fenómenos, procesos y transformaciones que inciden en el territorio. Las interpretaciones, valoraciones, conclusiones y recomendaciones contenidas en esta publicación son responsabilidad de su autor y no representan necesariamente la posición institucional de la Universidad La Gran Colombia, de la Facultad de Arquitectura e Ingenierías ni del Observatorio de Dinámicas Territoriales.

La reproducción, distribución o utilización de contenidos de esta publicación deberá realizarse respetando los derechos morales y patrimoniales correspondientes y citando adecuadamente la fuente.



Publicación digital de acceso abierto



Presentación

El territorio no es únicamente el soporte físico sobre el cual se localizan ciudades, infraestructuras y actividades humanas. Es un sistema dinámico en el que interactúan condiciones ambientales y geográficas, procesos sociales y económicos, formas de ocupación, redes de infraestructura, decisiones de planificación, desarrollos tecnológicos y distintas maneras de habitar y transformar el espacio. Comprender esas interacciones exige observarlas desde múltiples escalas y disciplinas, pero también construir información que permita reconocer sus cambios, anticipar sus efectos y aportar elementos para la toma de decisiones.

Desde esta perspectiva, el Observatorio de Dinámicas Territoriales de la Universidad La Gran Colombia, adscrito a la Facultad de Arquitectura e Ingenierías, se proyecta como un espacio académico para la observación, el análisis, la interpretación y la divulgación de fenómenos que inciden en la configuración y transformación de los territorios urbanos y rurales. Su propósito es convertir datos, conocimiento científico, información espacial, investigación aplicada y experiencias territoriales en evidencia comprensible y útil, capaz de alimentar nuevas preguntas de investigación, procesos de formación, ejercicios de planificación, desarrollos tecnológicos y escenarios de diálogo con instituciones, comunidades y demás actores del territorio.

Esta vocación adquiere un alcance particular en una Facultad en la que convergen la arquitectura y la ingeniería.

Las dinámicas territoriales difícilmente pueden comprenderse desde fronteras disciplinares rígidas: el hábitat se relaciona con la infraestructura; la movilidad con la forma urbana; los sistemas constructivos con las condiciones ambientales; la ocupación del suelo con el agua y la geotecnia; el riesgo con las decisiones de planificación; y la sostenibilidad con la manera en que se proyectan, construyen, gestionan y transforman los entornos. El Observatorio busca hacer visible precisamente ese espacio de encuentro, articulando capacidades de investigación, grupos y semilleros, laboratorios, herramientas de información geográfica, actividades de extensión y otras estrategias de ciencia, tecnología e innovación alrededor de problemas territoriales comunes.

En este marco surgen los Documentos de Análisis Territorial, una serie concebida como uno de los instrumentos de circulación del conocimiento producido, analizado o convocado por el Observatorio. Su propósito es ofrecer un espacio flexible para estudios técnicos, análisis críticos, lecturas territoriales, resultados de investigación y reflexiones especializadas que permitan comprender fenómenos relevantes para el territorio. Más que constituir una colección restringida a una única disciplina o escala de análisis, estos documentos buscan poner en relación distintas formas de conocimiento y hacer accesibles discusiones que pueden tener implicaciones para la investigación, la planificación, la infraestructura, el hábitat, el ambiente, la gestión del riesgo y las políticas territoriales.

El primer número de esta serie aborda la amenaza sísmica y su expresión territorial en Colombia mediante un análisis comparativo de dos modelos nacionales. La elección resulta especialmente pertinente para inaugurar esta colección. La sismicidad evidencia con particular claridad que las condiciones físicas del territorio no pueden desligarse de las decisiones mediante las cuales este se ocupa, se urbaniza y se equipa. El conocimiento de las fuentes sismogénicas, la distribución espacial de la amenaza y las incertidumbres asociadas a su modelación trasciende el ámbito estrictamente técnico cuando sus resultados sirven de referencia para comprender riesgos, orientar infraestructura, establecer criterios de diseño y sustentar decisiones que afectan ciudades y regiones.

La publicación de este documento representa, por ello, la clase de conversación que el Observatorio busca promover: rigurosa en sus fundamentos, abierta al contraste técnico y capaz de vincular conocimiento especializado con preguntas de alcance territorial.

El ODT no pretende sustituir a las disciplinas, instituciones o autoridades que producen y validan conocimiento especializado; busca generar un espacio desde el cual ese conocimiento pueda ser observado en relación, interrogado desde el territorio, conectado con otras evidencias y puesto en circulación para ampliar su comprensión y sus posibilidades de uso.

Con esta serie, el Observatorio de Dinámicas Territoriales abre así un escenario editorial para reconocer que observar un territorio significa mucho más que describirlo. Significa identificar relaciones, registrar transformaciones, construir indicadores, contrastar información, representar espacialmente fenómenos, reconocer incertidumbres y producir conocimiento capaz de acompañar las decisiones sobre su futuro. Ese es el sentido que orienta esta publicación y el horizonte desde el cual el Observatorio aspira a contribuir a una comprensión cada vez más integral de las dinámicas territoriales.

Resumen

Este documento presenta un análisis comparativo de dos modelos de amenaza sísmica de alcance nacional para Colombia: el Modelo Nacional de Amenaza Sísmica (MNAS), desarrollado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y publicado en 2020, y el modelo contenido en el Documento Técnico AIS 300-26 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. El estudio examina sus fundamentos, estructura y aproximaciones metodológicas, con énfasis en la información sismológica utilizada, la caracterización y modelación de las fuentes sismogénicas, las ecuaciones de predicción del movimiento fuerte del terreno, los procedimientos para el cálculo de la amenaza y la representación de sus resultados. A partir de este contraste, el autor identifica diferencias relevantes en el tratamiento de la información, la geometría y caracterización de las fuentes, los modelos de atenuación y la estimación de la amenaza sísmica, y plantea interrogantes sobre las implicaciones de estas diferencias para la evaluación del territorio colombiano y su aplicación en el diseño sismorresistente. El análisis destaca la necesidad de fortalecer la discusión técnica, la transparencia metodológica, el contraste científico y la participación de distintos actores especializados en la definición y actualización de los referentes nacionales de amenaza sísmica. Finalmente, se formulan recomendaciones orientadas a promover una evaluación coordinada de los modelos y de sus aplicaciones, considerando como propósito fundamental la seguridad de la población, las edificaciones y la infraestructura.

Palabras clave: amenaza sísmica; modelos de amenaza sísmica; fuentes sismogénicas; movimiento fuerte del terreno; diseño sismorresistente; gestión del riesgo; Colombia.

Abstract

This document presents a comparative analysis of two national-scale seismic hazard models for Colombia: The National Seismic Hazard Model (MNAS), developed by the Colombian Geological Survey (SGC) and published in 2020, and the model included in Technical Document AIS 300-26 of the Colombian Association for Earthquake Engineering. The study examines their foundations, structure, and methodological approaches, with particular emphasis on the seismological information used, the characterization and modelling of seismic sources, ground-motion prediction equations, seismic hazard calculation procedures, and the representation of their results. Based on this comparison, the author identifies relevant differences in data treatment, source geometry and characterization, attenuation models, and seismic hazard estimation, and raises questions about the implications of these differences for the assessment of the Colombian territory and their application to earthquake-resistant design. The analysis highlights the need to strengthen technical discussion, methodological transparency, scientific review, and the participation of different specialized stakeholders in the definition and updating of national seismic hazard references. Finally, recommendations are proposed to promote a coordinated assessment of the models and their applications, with the safety of the population, buildings, and infrastructure as the main objective.

Keywords: seismic hazard; seismic hazard models; seismic sources; ground motion; earthquake-resistant design; risk management; Colombia.

Introducción

El presente documento evalúa una serie de aspectos comunes tratados por los modelos de amenaza sísmica nacional con los que actualmente cuenta Colombia. El primero fue elaborado en el marco de las atribuciones legales y estatutarias emanadas del Dec. 2703 de 2013 de la Presidencia de la República, por medio del cual se atribuye la responsabilidad técnico – científica al SGC® para que establezca la amenaza sísmica para el territorio colombiano. El segundo fue elaborado por iniciativa propia de la Asociación de Ingeniería Sísmica – AIS a través del Documento Técnico AIS 300-26, como una continuación de trabajos previos desarrollados inicialmente en forma conjunta entre AIS (Comité AIS 300 – Amenaza Sísmica), INGEOMINAS (actual SGC) y la Universidad de los Andes bajo el **Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia** (1996), el cual fue ajustado posteriormente por el mismo Comité AIS 300 para los propósitos de las Normas de Diseño y Construcción Sismorresistente (NSR10) en el año 2009 y de nuevo para la Norma de Diseño Sísmico de Puentes (CCP14) en el año 2014.

Dado que a partir del año 2013 se endilgó al SGC® la responsabilidad de establecer las amenazas de origen geológico para Colombia, incluida la sísmica, tanto generada por tectonismo activo como por actividad volcánica, se inició el proceso de elaboración del Modelo Nacional de Amenaza Sísmica para Colombia [MNAS] que culminó en el año 2020 con un documento robusto y científicamente bien estructurado, apoyado adicionalmente por la Fundación Global Earthquake Model® (GEM Foundation), hoy por hoy se cuenta con dos modelos de amenaza sísmica que ostentan diferencias sustanciales, pero que más allá de eso deben ser comprendidas en pro de la seguridad sísmica que requieren las edificaciones e infraestructuras que se diseñan y construyen en el territorio colombiano.

Este análisis se motivó a partir de los recientes acontecimientos sísmicos que afectaron severamente a la hermana República Bolivariana de Venezuela y solo busca que la ciencia, la técnica y la Comisión Asesora Permanente – CAP para el Régimen de Construcción Sismorresistente en Colombia, cuenten con mejores insumos y elementos de juicio a la hora de tomar decisiones al respecto para el país.

1. Análisis comparativo del contenido

MODELO NACIONAL DE AMENAZA SÍSMICA PARA COLOMBIA (SGC®, 2020); 310 pp.	MODELO NACIONAL DE AMENAZA SÍSMICA DE COLOMBIA (Comité AIS 300-26); 128 pp.
1.0 Introducción 1.1 Principales sismos ocurridos en Colombia 1.2 Estudios previos de amenaza sísmica 1.3 Estructura de la publicación y del modelo de amenaza sísmica 2.0 Objetivos y alcance 2.1 Objetivos 2.2 Alcance y limitaciones 3.0 Conjunto de datos básicos	1.0 Introducción 2.0 Metodología de evaluación 2.1 Modelación geométrica 2.2 Modelación de la sismicidad 2.3 Modelación de la atenuación 2.4 Cálculo de amenaza sísmica

3.1 Catálogo Sísmico Integrado 3.2 Base de datos de fallas activas 3.3 Base de datos de movimientos fuertes 4.0 Modelo de fuentes sísmicas 4.1 Clasificación tectónica de la sismicidad 4.2 Árbol lógico de fuentes sísmicas adoptado para Colombia 4.3 Modelación de fuentes sísmicas 5.0 Selección de ecuaciones de atenuación 5.1 Preselección de ecuaciones de atenuación 5.2 Evaluación de ecuaciones de atenuación 6.0 Cálculo de la amenaza sísmica 6.1 Metodología para estimar la amenaza sísmica 6.2 Requerimientos computacionales 7.0 Resultados del estudio de amenaza sísmica 7.1 Mapas de amenaza en roca firme 7.2 Curvas de amenaza y espectros de amenaza uniforme 7.3 Desagregación de la amenaza sísmica 8.0 Conclusiones y recomendaciones 8.1 Conjunto de datos básicos 8.2 Modelo de fuentes sísmicas 8.3 Ecuaciones de atenuación 8.4 Resultados 8.5 Recomendaciones	3.0 Modelo de amenaza del Comité AIS 300 3.1 Catálogo sismológico 3.2 Modelo de fuentes 3.3 Modelos de sismicidad 3.4 Modelos de atenuación 3.5 Resultados de la evaluación 3.6 Sistema de consulta del modelo de amenaza sísmica de AIS 300 4.0 Propuesta de espectros de diseño 4.1 Metodología de diseño óptimo 4.2 Coeficientes óptimos calculados y espectros de diseño 4.3 Espectros de seguridad limitada y umbral de daño 4.4 Nivel de seguridad de las estructuras diseñadas con los coeficientes propuestos 4.5 Comparación con otro modelo de amenaza sísmica 5.0 Bibliografía
--	--

En este primer análisis comparativo se observa que el [MNAS] del SGC® está claramente enfocado en la determinación de la amenaza sísmica con base en modelos previos de amenaza sísmica, el conocimiento de la sismicidad histórica y registrada así como el conocimiento profundo de las fuentes sísmicas, principalmente del Catálogo sísmico integrado, la Base de datos de fallas activas y la Base de datos de movimientos fuertes, clasificando las fuentes sísmicas dependiendo de la tectónica e incorporando en la modelación de estas fuentes las **superficiales tipo área (volumétricas)**, tipo falla, de subducción y profundas, hasta la implementación de las ecuaciones de atenuación y el cálculo de amenaza en roca firme.

Por su parte, el modelo AIS 300-26 plantea una metodología de evaluación mediante la modelación geométrica, de la sismicidad y de la atenuación, para llegar al cálculo de la amenaza sísmica, considerando por supuesto el Catálogo sísmico así como unos modelos de fuentes, sismicidad y atenuación, para llegar a establecer los espectros de diseño para edificaciones y estructuras mediante el desarrollo de *modelos de optimización*, concluyendo con un “supuesto” análisis comparativo de la amenaza de las ciudades principales con el [MNAS] del SGC® (2020). Un análisis comparativo más detallado de los resultados más relevantes de ambos modelos se presenta a continuación.

2. Mapa de intensidades máximas observadas en Colombia

Con base en el Catálogo Sismológico de Colombia depurado con fecha de cierre al año 2015, cada modelo presenta los resultados de la sismicidad registrada como se observa en las Figuras 1 y 2, para el [MNAS] y el Modelo AIS 300, respectivamente, a continuación:

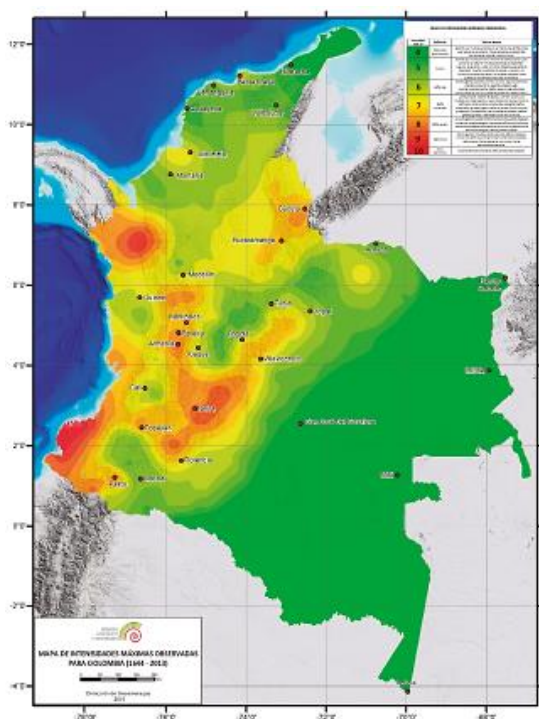


Figura 1. Mapa de intensidades máximas observadas en Colombia
Fuente: Red Sismológica Nacional del SGC® (2015)

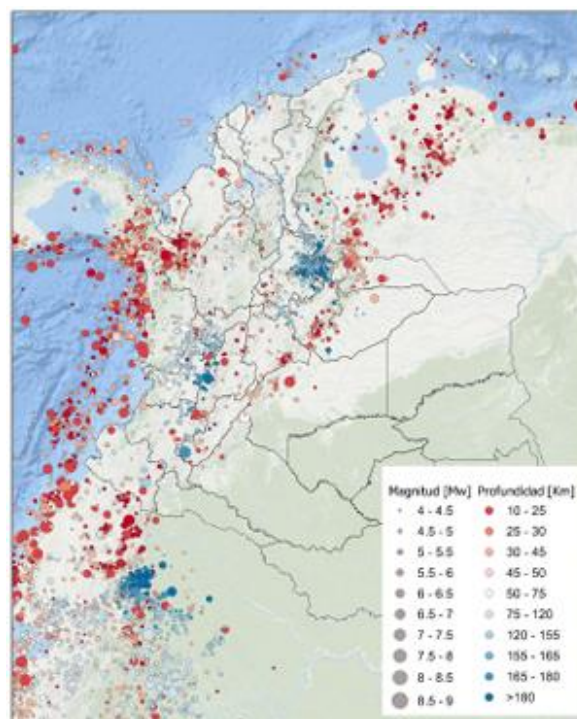


Figura 2. Catálogo sismológico depurado para el modelo AIS 300
Fuente: Red Sismológica Nacional del SGC® (2015) – No referida

Como se observa, aunque la presentación es diferente para los dos modelos, se supone que la información tratada obedece fundamentalmente a la misma fuente (SGC®, 2015), aunque en específico el Modelo AIS 300 no identifica la fuente en el pie del mapa, dado que se habría realizado una serie de filtros así como de completitudes que buscan depurar la información que incluye “*las zonas tectónicamente activas circundantes, entre ellas la región de subducción del Pacífico, el Caribe y la porción norte de los Andes*”. La sismicidad observada es tratada con mucho mayor detalle en el [MNAS] que en el modelo AIS 300-26.

3. Modelos de fuentes sismogénicas

El tratamiento que se le da a las fuentes sismogénicas en cada uno de los modelos es uno de los elementos más relevantes para los resultados del modelo de amenaza sísmica nacional y por ello será revisado con un mayor detalle en el presente análisis comparativo. El [MNAS] del SGC® (2020) desarrolla un análisis detallado de la Base de datos de fallas activas construida

a partir de múltiples trabajos realizados por diferentes autores, durante varias épocas, con énfasis en neotectónica, en los cuales el SGC® habría participado activamente en la mayoría de ellos. Igualmente, la Fundación GEM® ha promovido la creación de esta clase de bases de datos logrando recopilar unas 600 estructuras neotectónicas organizadas en una base digital georreferenciada (Costa et al., 2006); como producto de todos estos trabajos se presenta en las Figuras 3 y 4 los mapas de fallas activas incorporadas en el [MNAS] (SGC®).

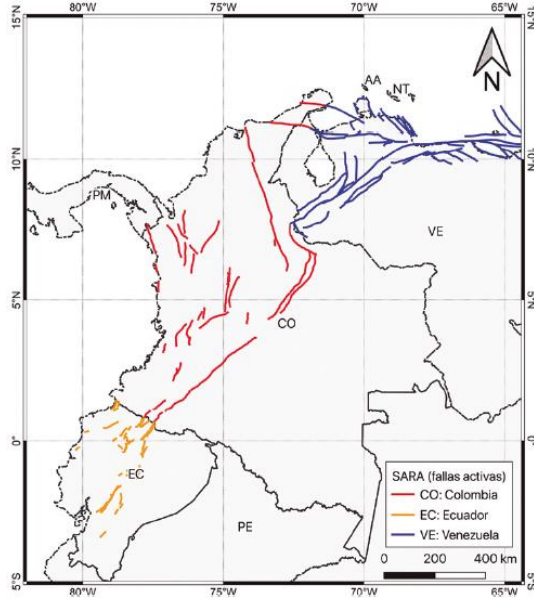


Figura 3. Base de datos de fallas activas del proyecto SARA (v. 1.0). Las estructuras han sido representadas por la traza superficial
Fuente: [MNAS] (2020)

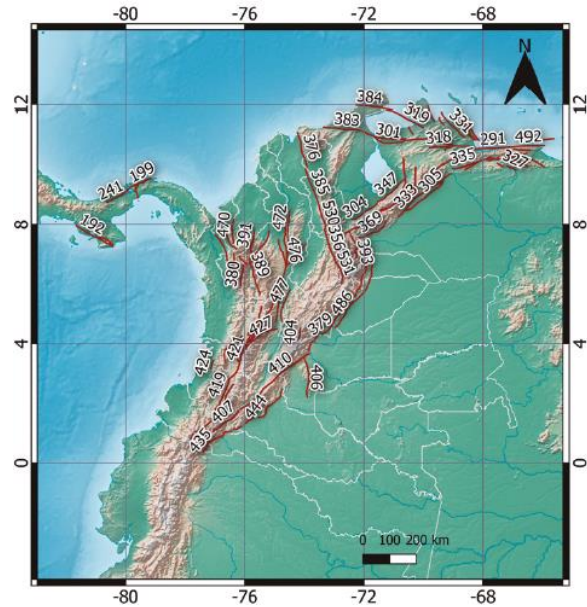


Figura 4. Base de datos de fallas activas utilizadas en el modelo. Las estructuras han sido representadas por la traza superficial
Fuente: [MNAS] (2020)

Con base en los análisis previamente indicados, el [MNAS] desarrolló un modelo de fuentes sísmicas que parte de una clasificación tectónica de la sismicidad, considerando la convergencia de las Placas de Nazca y Caribe hacia la Placa Suramericana, el desplazamiento del Bloque de Panamá en sentido *W-E* hacia la Placa de Suramérica y el desplazamiento del Bloque de Los Andes en dirección *SSW-NNE*. Para este modelo “se presentan principalmente los siguientes ambientes tectónicos: i) sismos de corteza asociados a los principales sistemas de fallas (sismicidad andina); ii) sismicidad de subducción del Pacífico; iii) sismicidad intermedia de Boyacá-Santander y Nido de Bucaramanga; iv) sismicidad de corteza difusa.”, Taboada et al. (1998) (ver Figura 6). “En Chen et al. (2018), las zonas se clasifican en regiones oceánicas (estables o activas), regiones continentales (estable o superficial activa), así como zonas de procesos de subducción (véase Figura 5). A partir de este análisis se encuentra que en el territorio colombiano se encuentran, principalmente, regiones superficiales activas, procesos de subducción y zonas continentales estables (no cratónicas)”.

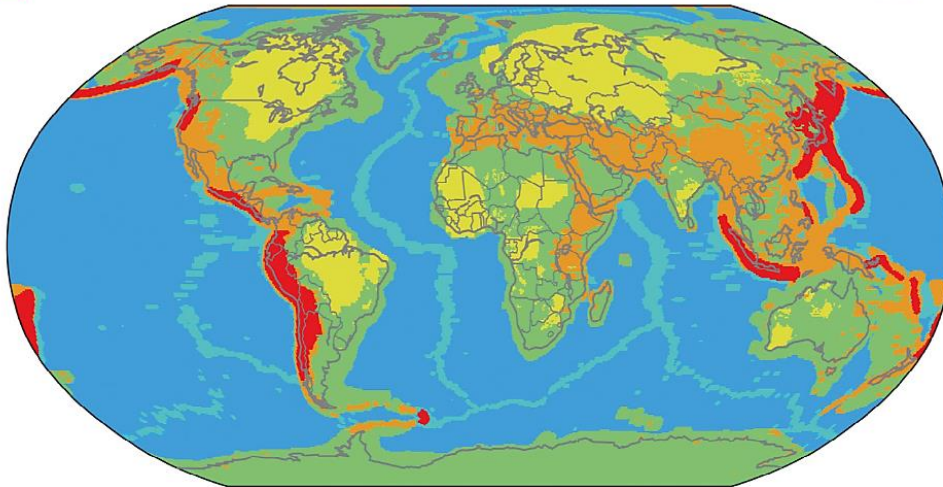
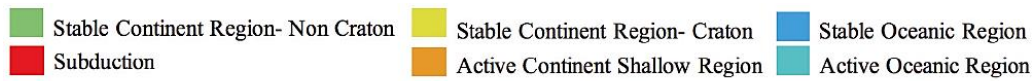


Figura 5. Tectónica regional
Fuente: Chen et al. (2018); tomado del [MNAS] del (SGC®, 2020)

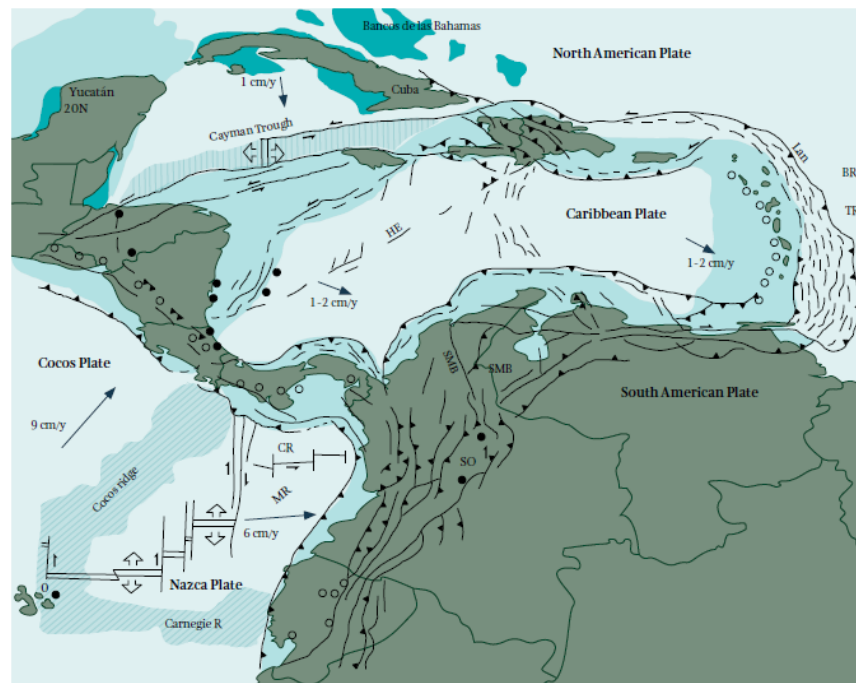


Figura 6. Configuración neotectónica de la región Caribe y el norte de los Andes
Fuente: tomado y modificado de Taboada et al. (2000) en el MNAS (SGC®, 2020)

A partir de la caracterización de las fuentes sismogénicas establecidas, su naturaleza y relacionamiento con la sismicidad registrada, con base en un modelo conjuntamente trabajado entre el SGC® y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), se obtuvieron treinta áreas sismogénicas independientes que cubren todo el territorio nacional. Cada zona sismogénica fue descrita mediante una matriz de información científica que contiene datos sobre: *corteza y esfuerzos; superficie y fallas activas; sismicidad; parámetros sísmicos; y, criterios, alternativas y comentarios.*

El árbol lógico aplicado por el [MNAS] del SGC® (2020) incluye por tanto un 40% de fuentes superficiales asociadas a sismicidad suavizada y fallas activas, interplaca subducción (50 km de profundidad) modelo no segmentado, intraplaca (Benioff a 50 km de profundidad) e intraplaca Nido de Bucaramanga; el 60% restante se genera por fuentes superficiales (volumétricas) de sismicidad equiprobable, intraplaca subducción (40 km de profundidad) modelo segmentado, intraplaca (Benioff a 40 km de profundidad) e intraplaca Nido de Bucaramanga.

Para el caso de las fuentes superficiales “se modelan considerando dos alternativas: i) **fuentes volumétricas tipo área (de sismicidad equiprobable)**; ii) **modelo compuesto por fallas activas y de sismicidad suavizada**”. Como resultado se presentan los modelos sísmicos de los diversos escenarios de análisis incorporados en el MNAS del SGC® (2020), en las Figuras 7 a 11, a continuación.

Para la modelación de la sismicidad de **fuentes volumétricas tipo área** se emplea la expresión:

$$\text{Log}_{10}(N_m) = a - bm$$

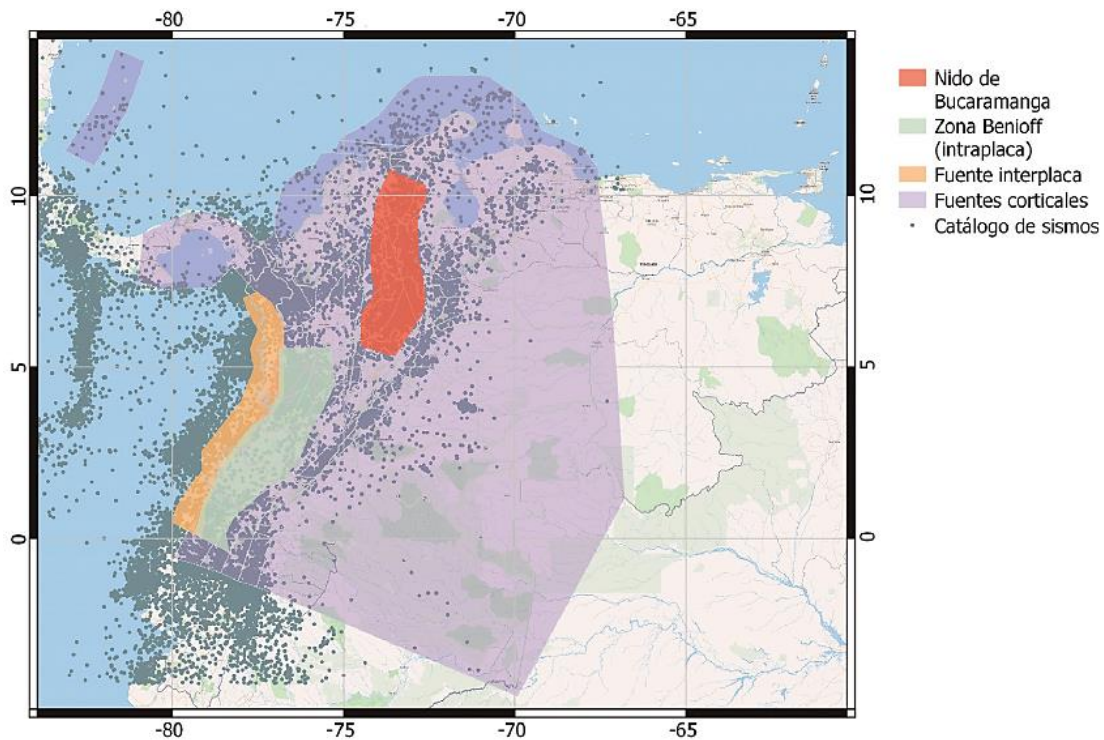
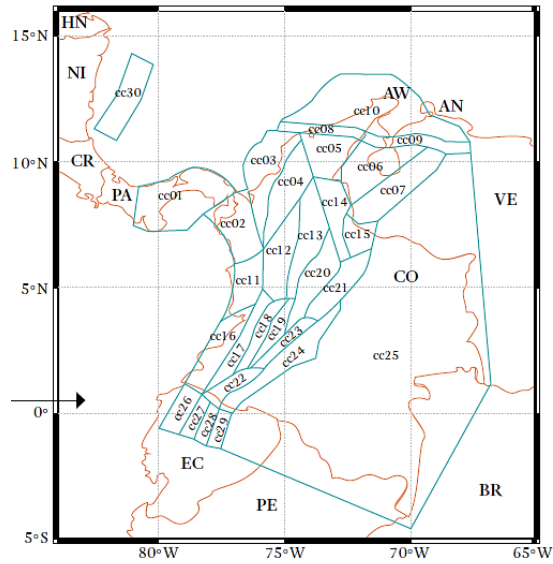
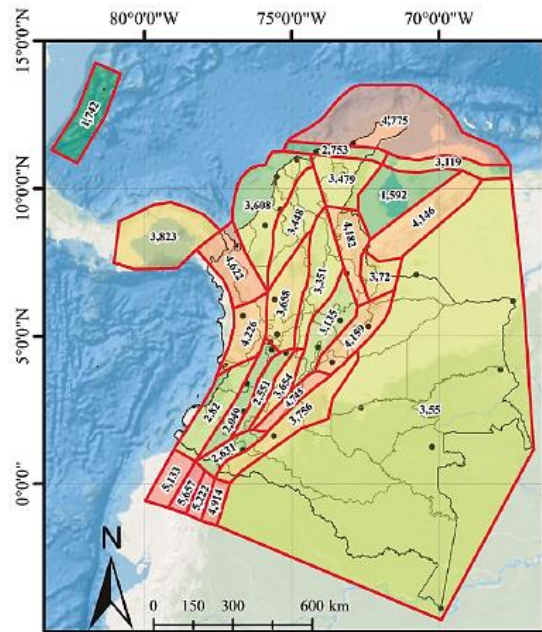


Figura 7. Ambientes tectónicos definidos en el modelo [MNAS]



Los parámetros *a* y *b* de la distribución se denominan parámetros de sismicidad y pueden estimarse a partir del análisis estadístico del catálogo de eventos (sin eventos dependientes), considerando únicamente los sismos pertenecientes a la fuente de interés. El parámetro *a* representa la tasa general de actividad (recurrencia) de eventos en la zona. Por su parte, el parámetro *b* está relacionado con la sismo tectónica de la región y se estima considerando el rango de magnitudes y la magnitud mínima observada en el Catálogo. Los parámetros *a* y *b* fueron obtenidos usando el método de máxima verosimilitud propuesto por Weichert (1980), disponible en la herramienta HMTK (Weatherill, 2014).

Figura 8. Modelo de fuentes corticales tipo área propuesto por el SGC®-IGME



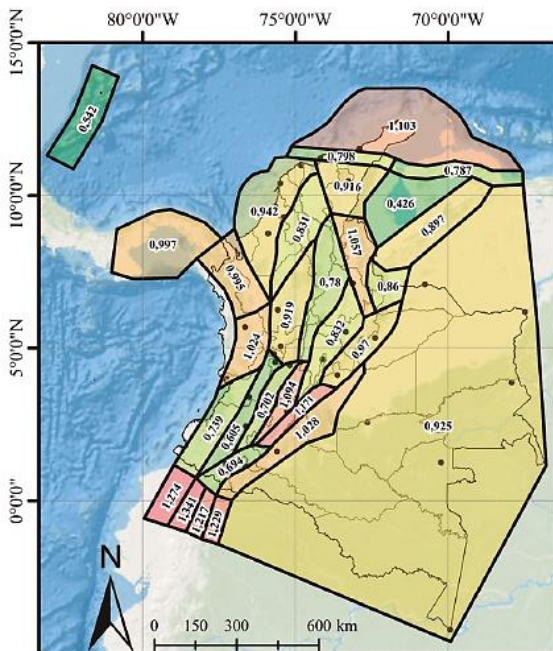
Fuentes corticales tipo área

5,66 1,59
Parámetro a

Departamentos

Capitales

Figura 9. Parámetro a: Fuentes corticales tipo área



Fuentes corticales tipo área

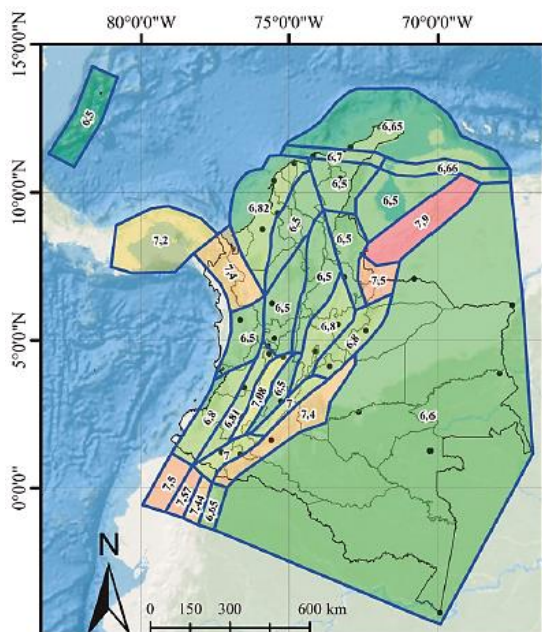
1,35 0,42

Parámetro b

Departamentos

Capitales

Figura 10. Parámetro b: Fuentes corticales tipo área



Fuentes corticales tipo área

7,9 6,5

Magnitud máxima

Departamentos

Capitales

Figura 11. Magnitud máxima. Fuentes corticales tipo área

Complementariamente se adelantó un estudio detallado de la actividad de las fallas ($M_w \geq 6.5$), definiendo parámetros como: *magnitud mínima*; *magnitud máxima según parámetros geométricos*; *función de escala entre la magnitud y el área de ruptura*; *espesor sismogénico*; y, *actividad sísmica*, caracterizando así cerca de 540 fallas activas, como se observa a continuación en la **Figura 12**. “*Rake* corresponde al ángulo de deslizamiento, y *Dip* corresponde al ángulo de buzamiento promedio de la falla, o segmento de ella; *Slip* corresponde a la tasa anual de desplazamiento (en mm/año). *Usd* (0 km) y *Lsd* representan los límites superior e inferior de la capa sísmo activa, respectivamente”. El MNAS detalla toda la información correspondiente.

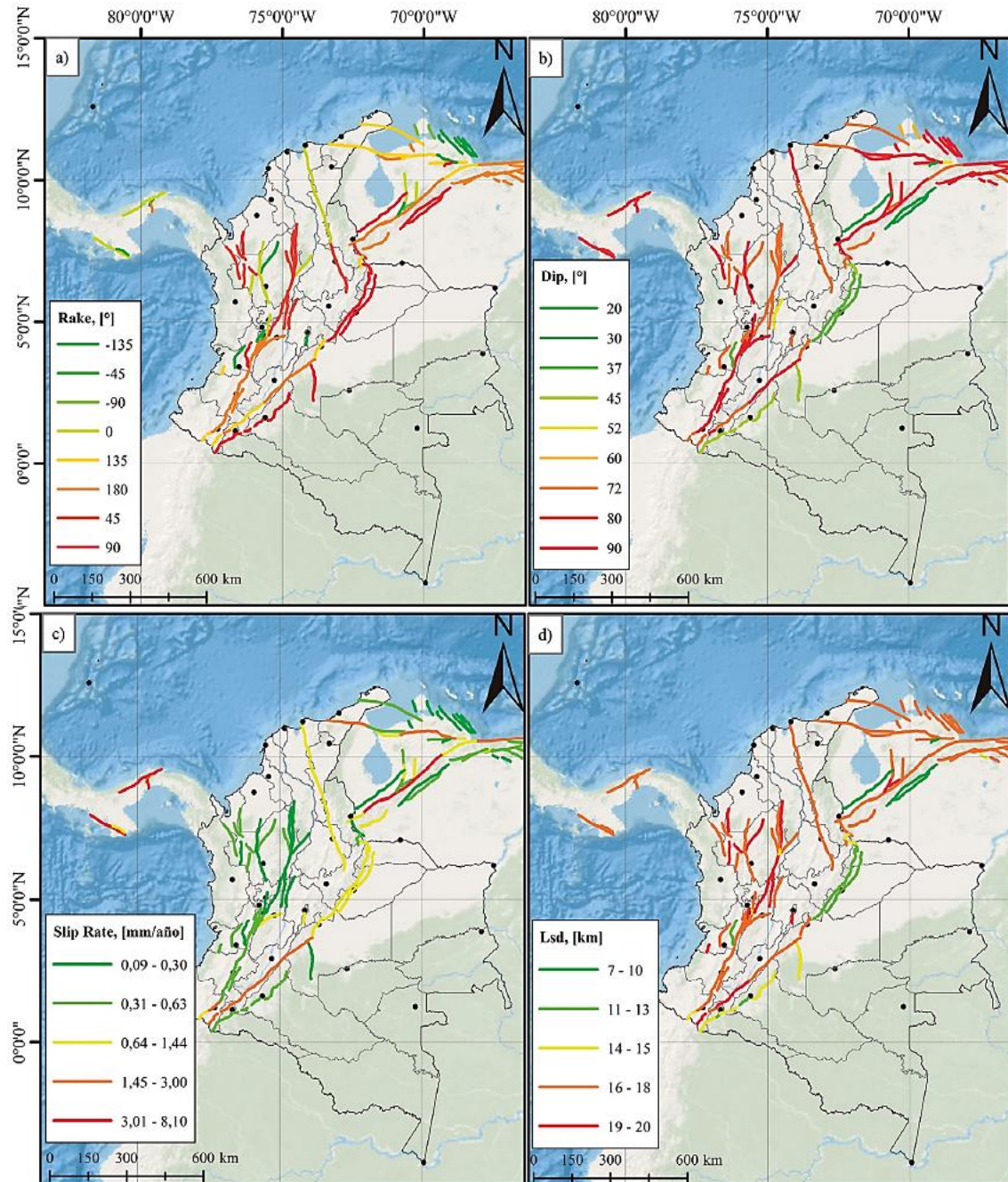


Figura 12. Parámetros para caracterizar fallas activas
Tomado de: MNAS del SGC® (2020)

Así como para las fuentes corticales, fallas activas y fuente área (volumétrica), el [MNAS] realizó análisis detallados de las fuentes interplaca (subducción, segmentada: norte de 170 km, centro de 160 km y sur de 550 km, y no segmentada), identificando mecanismos focales (subducción principalmente fallas inversas – *reverse* – y Benioff tipo normal – *strike slip*); modelos estructurales (Límite Moho y Límite corteza – manto); topografía / batimetría; volcanes; otros modelos; y, de las fuentes intraplaca (Benioff y Nudo Sísmico de Bucaramanga), con parámetros como: *distribución de frecuencia de magnitudes, relación de escala de magnitudes, relación de aspecto del área de ruptura, geometría de la ruptura, cuyo borde superior se definió en 5 km e inferior varía entre 40 y 50 km.*

En el Modelo AIS-300-26, el modelo de fuentes se desarrolló clasificando la actividad sísmica según los siguientes criterios:

- “Todos los eventos cuyos epicentros se encuentran entre la fosa de subducción y la curva de nivel de 50 km se consideran eventos de interfaz.
- Todos los eventos ubicados fuera de la curva de nivel de 50 km se clasifican como:
 - Intraplaca si $H \geq d - (30 + 0.15d)$, donde H es la profundidad del evento y d es la profundidad de la interfaz.
 - Corticales si la condición anterior no se cumple.

La definición de las zonificaciones se fundamentó exclusivamente en criterios simotectónicos y geodinámicos, considerando la continuidad física de las estructuras y procesos tectónicos responsables de la generación de sismos”.

Con base en estos criterios y análisis que no se detallan en el Modelo, se presentan los mapas de fuentes sísmicas en la **Figura 13**, a continuación:

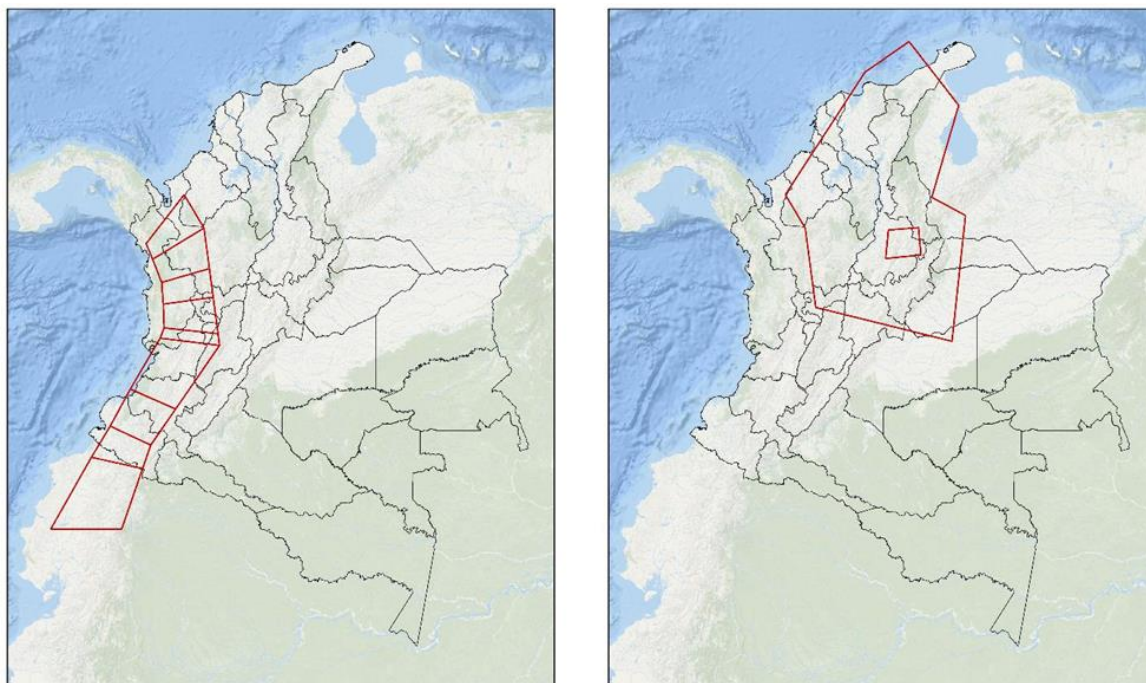


subducción de interfaz

(a) Fuentes corticales



(b) Fuentes de



(c) Fuentes de subducción intraplaca (zona de Benioff) background

(d) Nido de sismicidad de Bucaramanga y fuente

Figura 13. Geometría de fuentes en el modelo AIS 300-26

Este es todo el tratamiento que el Modelo AIS 300-26 le da a las fuentes sísmicas, lo cual debe llamar la atención de quienes comprenden la importancia que tienen no solamente las fuentes sismogénicas sino principalmente los tratamientos que se le den a dichas fuentes dado que los resultados de la amenaza sísmica están intrínsecamente relacionados con dichos tratamientos; si un modelo de fuentes sísmicas no refleja estructuralmente la realidad del entorno sismo tectónico prevalente en el país o una región, si las fuentes de información son incompletas y peor aún si el tratamiento que se les da no reviste los criterios científicos ni se sustentan adecuadamente, no se pueden esperar resultados meridianamente confiables, dadas las incertidumbres que de todas formas están implícitas en la materia.

Por una parte, el modelo geológico tectónico, esto es el modelo de fallas geológicas, la sismicidad tanto histórica como instrumental, la posibilidad de contar con modelos geodésicos que den cuenta de desplazamientos de la corteza terrestre en el territorio colombiano, y de otra parte, el tratar las fallas activas como fuentes “aisladas” actuando en un ancho aferente, cuando se ha establecido que el modelo de fuente “lineal” es uno y se debe complementar con el **modelo tipo “área”** que al contar con un espesor estimado refleja una actividad volumétrica, permiten percibir al menos grandes incertidumbres frente a los resultados obtenidos de un modelo respecto del otro, las cuales se describen en el presente documento en los numerales siguientes.

Por lo demás, mientras el [MNAS] se fundamenta en un modelo de fuentes sísmicas que ha sido profundizado, en donde se ha acopiado el mayor nivel de conocimiento científico adquirido en la última década mediante la cartografía geológico – sísmica desarrollada, el Modelo AIS 300 prácticamente mantiene el modelo de fuentes allegado para el año 2009.

4. Modelación de la sismicidad y la atenuación sísmica

Para adelantar la modelación sísmica se requiere empezar por implementar las denominadas ecuaciones de atenuación, que buscan representar la trayectoria de las ondas sísmicas y cómo su energía se atenúa (o se disipa) o incrementa en función de los medios térrcos por los que atraviesan, así como condiciones particulares del sitio en donde se emplaza la estructura en consideración. Las ecuaciones de atenuación son realmente ecuaciones de predicción de movimiento fuerte del terreno (GMPM, sigla en inglés) que permiten por tanto “estimar, en un sitio determinado, la intensidad esperada del movimiento, en términos de aceleraciones espectrales, a partir de la magnitud de los sismos y la distancia entre el evento y el sitio de interés, entre otros parámetros de carácter sísmico, tectónico, físico y geométrico (PEER, 2013; Kalkan et al., 2011)”. (Tomado textualmente del [MNAS] – SGC®, 2018).

No obstante, las Ecuaciones de Atenuación tienen una serie de limitaciones en cuanto a las bases de datos empleadas para su desarrollo como la magnitud de los sismos allí incluidos; el [MNAS] del SGC® estableció preliminarmente el empleo de al menos 15 agrupaciones con cerca de 60 ecuaciones para eventos corticales (dado que algunos autores plantean diversas ecuaciones para el tránsito de las ondas sísmicas), 8 agrupaciones y 19 ecuaciones para eventos interplaca, así como 8 agrupaciones y 17 ecuaciones para eventos de intraplaca, es decir, se emplearon cerca de 100 ecuaciones para la primera fase de la modelación sísmica.

Para la Zona de Benioff y el Nido de Bucaramanga, cada fuente se trabajó con tres tipos de ecuaciones, asignando pesos en función de la naturaleza y del modelo tectónico a lugar. “Las ecuaciones de atenuación seleccionadas utilizan diferentes mediciones para evaluar la distancia entre la ruptura y el sitio en el que se desea estimar la intensidad del movimiento. Entre los tipos de distancias adoptadas se encuentran los siguientes:

- Joyner and Boore (R_{JB}). Representa la distancia horizontal a la proyección de la proyección en superficie de la ruptura
- R_x . Distancia horizontal al tope superior de la ruptura
- R_{rup} . Distancia más corta al plano de la ruptura
- R_{hyp} . Distancia hipocentral”; ver Figura 14, a continuación:

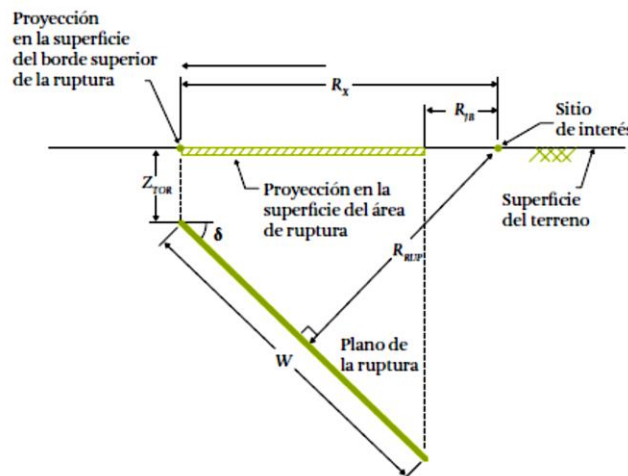


Figura 14. Tipos de medidas de la distancia entre sitios de análisis y rupturas
Fuente: tomado y modificado de Kalkan et al. (2011)

Para el Modelo AIS 300-26 se implementaron solamente cuatro ecuaciones por cada ambiente, de conformidad con “el criterio de selección propuesto por Cotton et al. (2006), así como las recomendaciones dadas por Arango et al. (2012)”; llama la atención que dentro de

las agrupaciones de ecuaciones de atenuación, siempre encabeza el respectivo ambiente de fuente sísmica las de Bernal & Cardona (2019), tanto para fuente Cortical, Subducción interfaz como Subducción Intraplaca, según se observa en la **Tabla 01**.

Cortical	Subducción interfaz	Subducción intraplaca
Bernal & Cardona (2019)	Bernal & Cardona (2019)	Bernal & Cardona (2019)
Zhao et al. (2006)	Zhao et al. (2006)	Zhao et al. (2006)
Chiou & Youngs (2014)	Youngs et al. (1997)	Youngs et al. (1997)
Abrahamson et.al. (2014)	Lin & Lee (2008)	Kanno et.al. (2006)

Tabla 01. Modelos de atenuación (GMPM) asignados a los ambientes tectónicos considerados.
Tomado del Modelo AIS 300-26

No es comprensible porqué se emplean varias ecuaciones (p.e. Zhao et al., 2006) en sus versiones anteriores cuando los mismos autores cuentan con ecuaciones actualizadas a (Zhao et al., 2016). Aunque se precisa que el modelo propuesto por Bernal & Cardona (2019) es el “*único desarrollado específicamente para Colombia*”, lamentablemente este modelo no ha sido validado por la comunidad científica colombiana ni contrastado realmente con datos de sismos y mecanismos de falla fuente específicos para el país, al menos no se muestran dentro del Modelo AIS 300-26. Por su parte, el [MNAS] (SGC®, 2020) plantea dentro de los criterios para la preselección de las ecuaciones de atenuación los siguientes (Cotton et al., 2006) que permiten “*descartar ecuaciones de atenuación que no los cumplan*”, uno o varios:

- “El modelo fue determinado para un ambiente tectónico irrelevante en la región de estudio.
- El modelo no ha sido publicado en una revista indexada o no ha estado sometido a un proceso de revisión de pares.
- La documentación del modelo y su set de datos se consideran insuficientes.
- El modelo ha sido actualizado en nuevas publicaciones
- El rango de frecuencias definidas para el modelo es insuficiente para su aplicación en ingeniería.
- El modelo tiene una forma funcional inapropiada.
- Los métodos de regresión y sus coeficientes se consideran inapropiados.”

Habría que hacer una revisión muy cuidadosa para verificar si las ecuaciones de atenuación empleadas en el Modelo AIS 300-26 cumplen los requisitos establecidos, incluso por el mismo modelo, en donde especifica que “*se utilizó el criterio de selección propuesto por Cotton et al. (2006)*”, es decir si a la luz de tales criterios habría que descartar alguna de esas ecuaciones. Finalmente, el Modelo AIS 300-26 plantea que “*...en opinión de los autores, incluir efectos de sitio en un modelo a escala nacional implica una reducción muy drástica de la resolución requerida para capturar razonablemente bien un problema tan complejo y ante el cual el movimiento sísmico es altamente sensible*”, lo que resulta razonable para modelos antiguos en donde se tenían limitaciones tanto de información como de parametrización de los modelos, hoy por hoy, tanto GEM® como el SGC® y en general los modelos de amenaza sísmica nacionales han logrado incluir elementos cada vez más locales o de sitio en modelaciones a escala nacional.

Vale comentar que mientras, el Modelo AIS 300-26 “*Operativamente en la evaluación de la amenaza, estos GMPM se combinan en modelos de atenuación híbrida, considerando pesos iguales para los cuatro modelos por ambiente. En todos los casos, las intensidades obtenidas de los GMPM se estiman a nivel de roca firme únicamente...*” (subrayado fuera del texto original), el [MNAS] del SGC® (2020) realiza una serie de valoraciones para cada uno de los modelos de ecuaciones de atenuación o GMPM para cada una de las fuentes y en específico dada su naturaleza geológica, ya que al corresponder con condiciones tectónicas completamente diferentes, trabajar modelaciones híbridas con pesos iguales introduce, a juicio

del Autor del presente análisis, una de las mayores incertidumbres a la hora de obtener los resultados de la modelación sísmica; p.e., para la evaluación de las ecuaciones y su uso en el [MNAS] (2020), se definieron inicialmente los árboles lógicos con énfasis en el modelo *LLH* (*Log Likelihood*), previamente realizados los análisis de residuales, el modelo de verosimilitud (*LH*, *Likelihood*); y el *ranking*, basado en la distancia euclidiana (EDR) (*En el anexo H se presentan detalles de cada uno de los procedimientos utilizados. La evaluación se llevó a cabo usando las herramientas de análisis de movimiento fuerte (SMTK) desarrolladas por la Fundación GEM® (Weatherill, 2014).*), todo ello para un rango de períodos estructurales entre 0.0 y 5.0 s, con intervalos de 0.1 s.

Parámetro	Descripción
Mediana residuales	Buen ajuste si es cercano a 0
Media residuales	Buen ajuste si es cercano a 0
Desviación residuales	Buen ajuste si es cercano a 1
LH	Buen ajuste si LH es cercano a 1
LLH	Representa mejores ajustes para menores valores de LLH
EDR	Buen ajuste si EDR es cercano a 1
K	Buen ajuste si k es cercano a 1

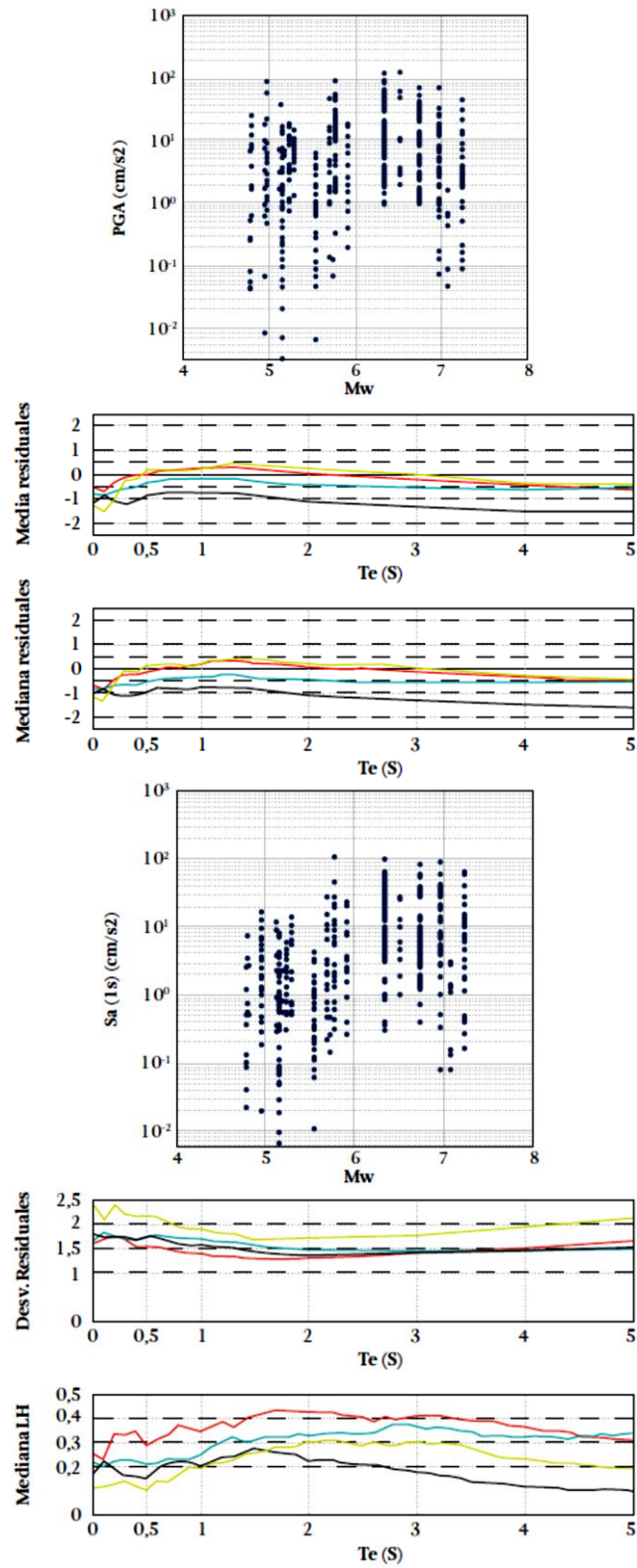
Tabla 02. Parámetros de evaluación. Tomado de MNAS (SGC®, 2020)

Para la Zona de Benioff se presentan los pesos asignados al árbol lógico de ecuaciones de atenuación, los cuales corresponden al promedio de los pesos obtenidos del conjunto de períodos de vibración analizados, con base en el parámetro *LLH* (ver Tablas 02 y 03).

Ecuación de atenuación	Peso	
MontalvaEtAl2016SSlab	0,424	— Montalva <i>et al.</i> , 2016S Slab
AbrahamsonEtAl2015SSlab	0,365	— Abrahamson, <i>et al.</i> , 2015S Slab
ZhaoEtAl2006SSlabNSHMP2014	0,210	— Zhao, <i>et al.</i> , 2006S Slab NSHMP, 2014
		— Garcia, <i>et al.</i> , 2015SSlab

Tabla 03. Pesos del árbol lógico de ecuaciones de atenuación correspondiente a la zona de Benioff. Tomado de [MNAS] (SGC®, 2020)

La Figura 15 presenta las siguientes relaciones encontradas en la zona de Benioff: aceleración pico (*PGA*) y la magnitud *M_w*; *PGA* y la distancia hipocentral (*R_{hyp}*); pseudoaceleración de un oscilador de periodo de vibración de un segundo (*S_A(1s)*) y magnitud *M_w*; *S_A(1s)* y *R_{hyp}*. En estos datos se observa una tendencia de las aceleraciones a disminuir con respecto a la distancia hipocentral y a aumentar con respecto a la magnitud del evento, lo cual ratifica la consistencia en los registros utilizados y los parámetros geotécnicos y geofísicos estimados.



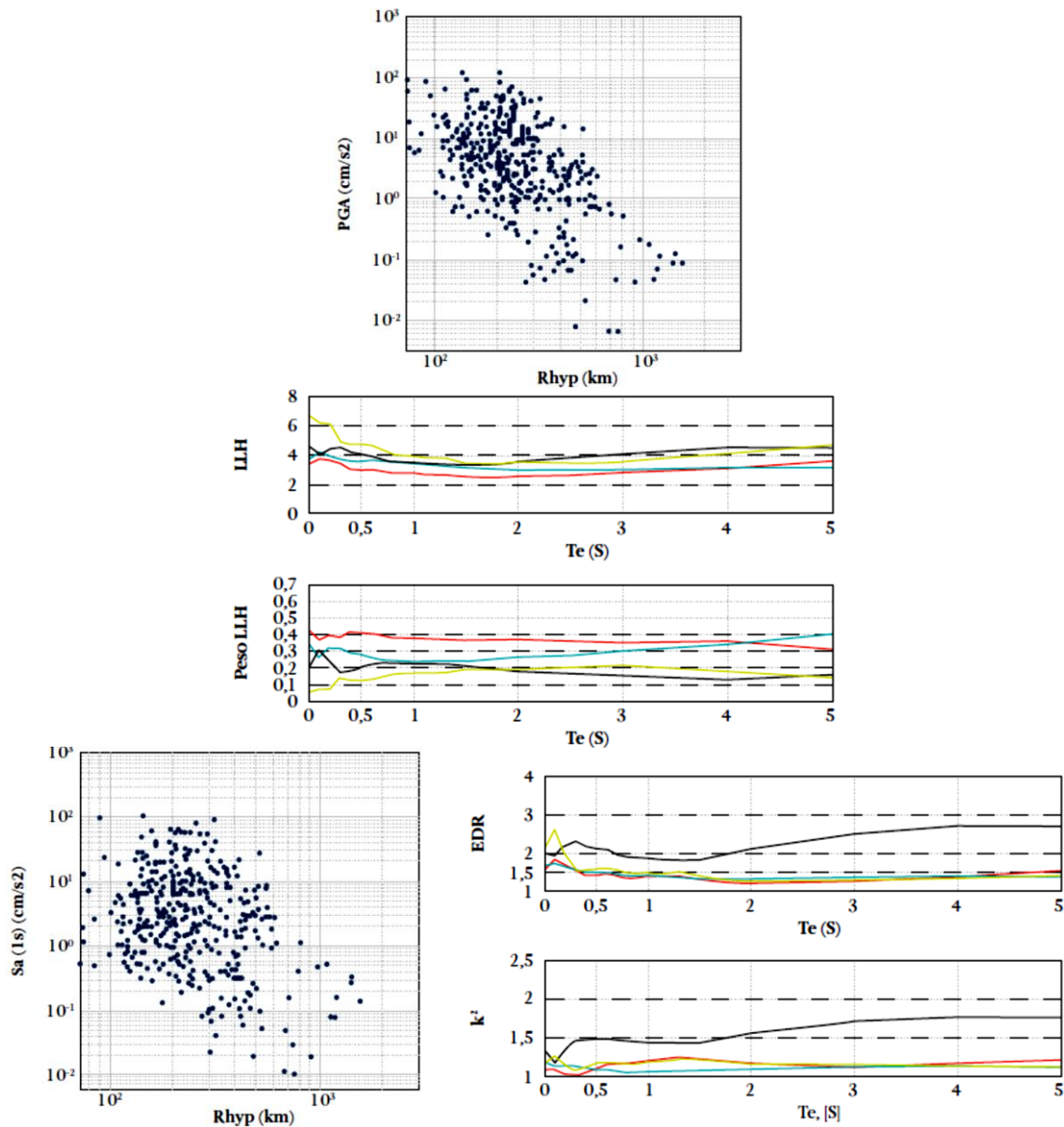


Figura 15. Datos de movimiento fuerte en la zona de Benioff y Resultados estadísticos de la zona de Benioff
Tomado de: [MNAS] del SGC® (2020)

Tratamiento similar se da al Nido Sísmico de Bucaramanga, Zona de Interplaca del Pacífico y a la Zona Cortical, lo cual refleja con claridad, al menos para el Autor del presente documento, el rigor científico con el cual se trabajó en uno y otro modelo, al menos en uno de los factores de mayor incidencia en los resultados como es el modelamiento del movimiento fuerte del terreno para las fuentes sismogénicas en Colombia.

De conformidad con lo realizado en cada modelo, se obtuvieron los resultados de la amenaza sísmica que se presentan a continuación. En el Modelo AIS 300-26 se precisa que “... se presentan algunos resultados seleccionados de la evaluación de la amenaza sísmica de Colombia con el modelo AIS 300. La **Figura 16** muestra mapas de amenaza uniforme de la aceleración pico del terreno (PGA) para múltiples periodos de retorno. La **Figura 17** muestra los mapas de amenaza uniforme de 2475 años de periodo de retorno para varios periodos estructurales. Finalmente, en las cuatro Figuras

subsiguientes del Documento AIS 300-26, se presentan los espectros de amenaza uniforme, para varios periodos de retorno, de las capitales de departamento (no se incluyen ciudades con valores muy bajos de amenaza sísmica).” (texto, subrayado y negrilla fuera del texto original).

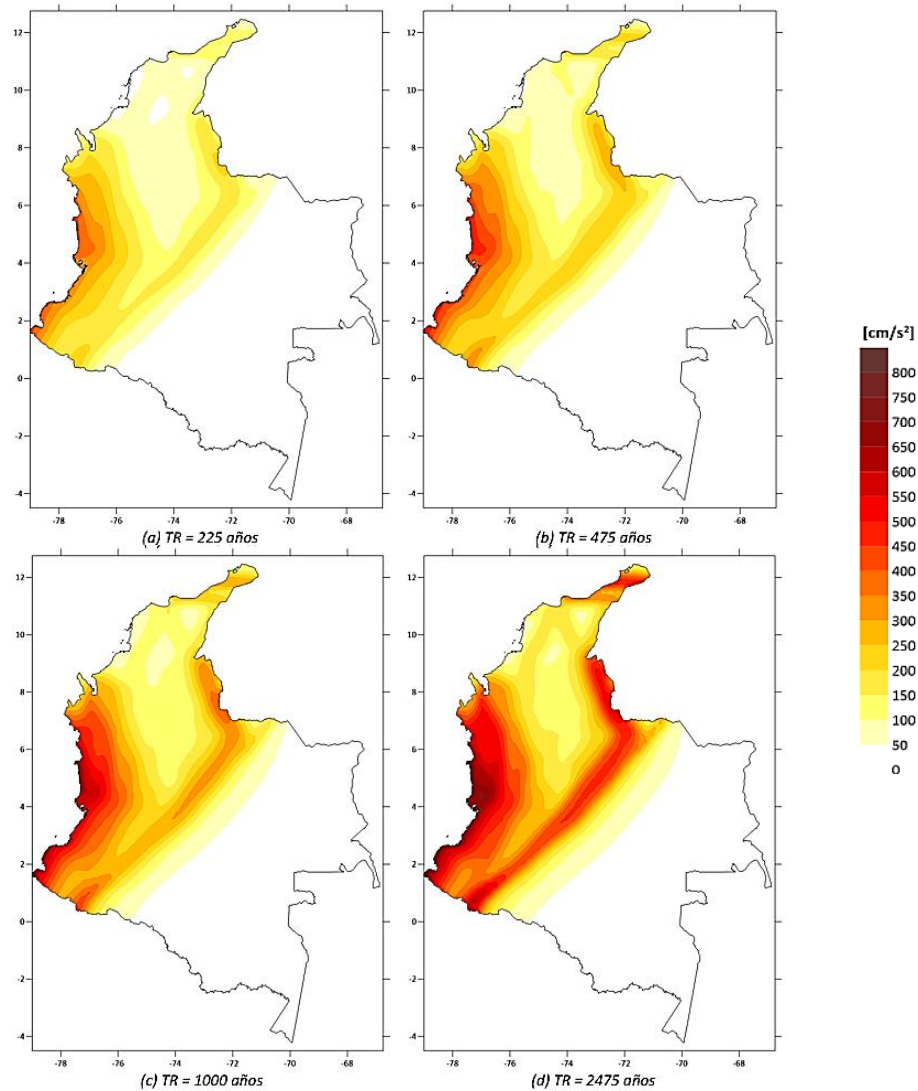


Figura 16. Mapas de amenaza uniforme para PGA y varios periodos de retorno.
Tomado de: Modelo AIS 300-26

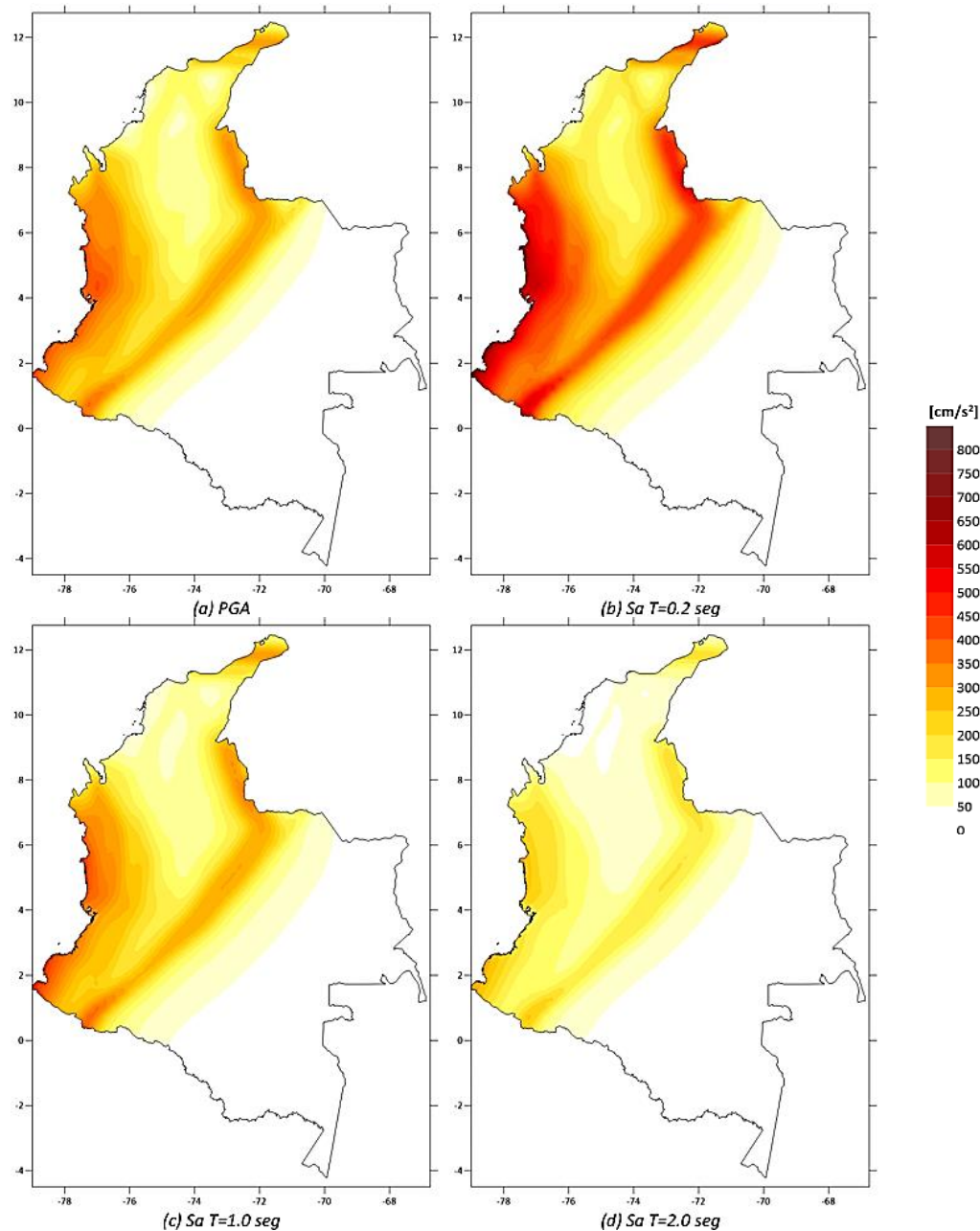


Figura 17. Mapas de amenaza uniforme para 2475 años de periodo de retorno y varios periodos estructurales. Tomado de: Modelo AIS 300-26

Como se observa en todos los casos, el período de retorno del sismo para cada caso y el período estructural para PGA, 0.2 s (inicial), 1.0 s (corto) y 2.0 s (largo), son variables que solo afectan la intensidad esperada del sismo pero no su distribución espacial, es decir, el modelo base es uno solo mientras se afecta por factores externos al sismo propiamente dicho, esto es el período de exposición de la estructura y la probabilidad de ocurrencia del sismo, lo cual genera el período de retorno, así como el período estructural, que si bien en esta fase de análisis no incluye efectos de sitio, son los que finalmente controlan la amenaza para diseño sismorresistente, eh ahí la importancia de contar con un modelo obtenido rigurosamente.

Para el [MNAS] del SGC® (2020), los resultados de la modelación de la amenaza sísmica son completamente diferentes, dado que se sustentan no solamente en una mayor comprensión del modelado tectónico del país, sus fuentes sismogénicas debidamente caracterizadas, una valoración rigurosa del GMPM para las múltiples condiciones prevalentes así como el empleo de data mucho más actualizada y procesada científicamente pero además que puede ser evaluada por quien quiera y se encuentra la explicación de fondo en cada aspecto; “En este estudio se adopta un enfoque probabilista, en el cual la amenaza sísmica se evalúa como la probabilidad con que un cierto valor de amenaza, definido por un parámetro del movimiento del terreno (i.e., aceleración pico [PGA]), es superado (excedido) en un determinado sitio o región de estudio, considerando una ventana de observación (t) dada (Cornell, 1968)”.

Mientras en el Modelo AIS 300-26 no es claro si la definición de la amenaza es de tipo determinístico o cual es realmente la convolución que conlleva a su establecimiento, el [MNAS] representa la amenaza sísmica mediante los siguientes resultados:

- Curvas de amenaza. Permiten identificar, en un sitio dado, la probabilidad de que sea excedido un conjunto de valores de intensidades del movimiento, considerando una ventana de observación (t). Así, en sitios de mayor peligro existe una mayor probabilidad de que un determinado valor de intensidad del movimiento sea excedido. Estas curvas son útiles para identificar las acciones sísmicas que pueden afectar los elementos expuestos, considerando diferentes niveles de seguridad (o periodos de retorno).
- Espectros de amenaza uniforme. Estas curvas contienen, en un sitio determinado y en un periodo de retorno dado, los valores de aceleración espectral estimados para diferentes periodos de vibración. Estos resultados son útiles para identificar las acciones sísmicas que pueden afectar las construcciones expuestas, según sus periodos estructurales.
- Mapas de amenaza. Corresponden a la distribución geográfica de una determinada intensidad del movimiento, en un determinado periodo de retorno. Por ejemplo, es posible obtener mapas de aceleración espectral de periodos de vibración de un segundo (S_a (1 s)), en un periodo de retorno de 475 años.

Los principales componentes del modelo de amenaza sísmica son los siguientes:

- Árbol lógico de fuentes sísmicas
- Árbol lógico de ecuaciones de atenuación

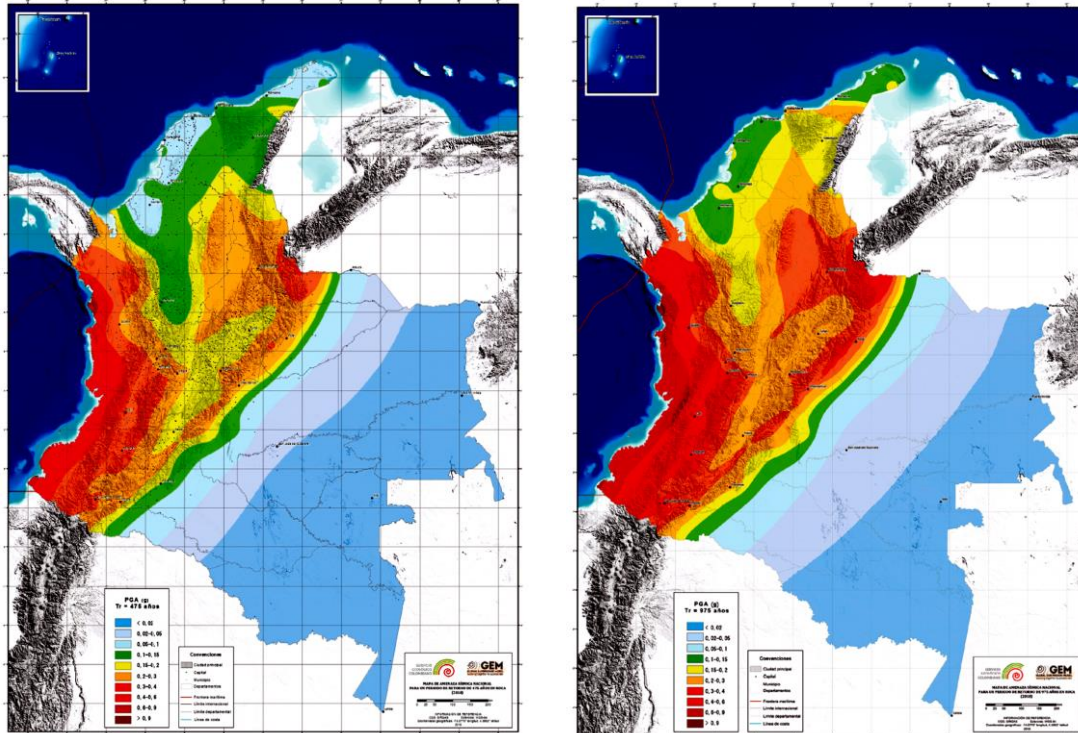
Evaluando las fuentes de incertidumbre asociada en cada caso, así:

- Incertidumbres aleatorias
- Incertidumbre en las tasas de ocurrencia de los sismos
- Incertidumbre en la estimación de la intensidad del movimiento
- Incertidumbres epistémicas

Los espectros de amenaza uniforme de un sitio particular pueden obtenerse con el siguiente procedimiento:

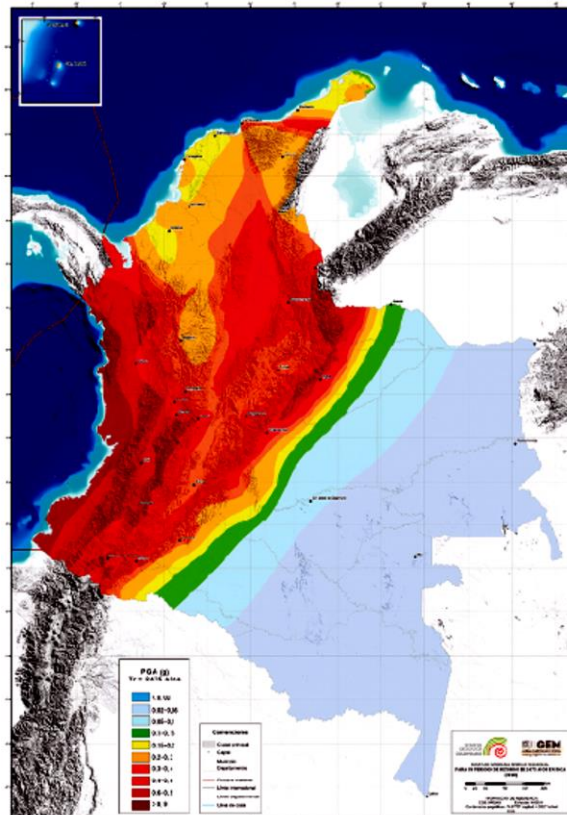
- Definir las condiciones del análisis: establecer una probabilidad de excedencia (PE). Por ejemplo, PE anual de 0,002105, que corresponde a un periodo de retorno de 475 años; determinar un conjunto de periodos de vibración $\{0s, 0,1 s, 0,2 s, \dots n s\}$ y de aceleraciones espectrales de interés $\{PGA, S_a (0,1 s), S_a (0,2 s) \dots S_a (n s)\}$.
- Calcular las curvas de amenaza correspondientes a cada periodo de vibración.
- Consultar, en las curvas de amenaza obtenidas, los valores de las aceleraciones espectrales correspondientes a la probabilidad de excedencia (PE).

La Figura 18 (a., b. y c.) a continuación presenta aceleraciones pico (PGA) estimadas para periodos de retorno de 475, 975 y 2.475 años, respectivamente, según el [MNAS] del SGC®.



a). Mapa de aceleraciones pico. Periodo de retorno: 475 años

b). Mapa de aceleraciones pico. Periodo de retorno: 975 años



c). Mapa de aceleraciones pico. Periodo de retorno: 2.475 años

Figuras 18a., 18b., y 18c. Tomadas de: [MNAS], SGC® (2020).

Por considerarlo de interés en el presente análisis comparativo, se transcriben singularidades del [MNAS] del SGC® (2020) para las principales zonas sísmicas del país, hasta aquí sería propiamente el análisis comparativo de la amenaza sísmica en roca, dado que los análisis subsiguientes se relacionan con la forma como dicha amenaza se percibe desde diversas necesidades de la ingeniería estructural, que relaciona períodos de retorno, probabilidad de excedencia, período de exposición de la estructura y efectos de sitio, entre otros.

- **Pacífico colombiano.** En la *Figura 18.a* se observa que, para un periodo de retorno de 475 años, los valores de PGA en su mayoría varían entre 0,4 y 0,6 g a una distancia cercana a 100 km de la costa pacífica. Los sitios de mayor PGA (0,6 y 0,9 g) se encuentran hacia el sur, en el departamento de Nariño (cerca de Tumaco, Francisco Pizarro y Mosquera) y hacia el noroccidente del departamento de Chocó (cerca de Bahía Solano). En zonas más alejadas de la costa pacífica (entre 100 y 200 km) se estiman aceleraciones en un rango entre 0,2 y 0,4 g.

Entre los eventos más relevantes que han ocurrido en el Pacífico colombiano se encuentran los sismos de 1906, de magnitud 8,8 Mw (cerca de Tumaco, a una profundidad de 20 km), y el de 1976, de magnitud 7,3 Mw (cerca de Bahía Solano, a 17,5 km de profundidad). Eventos de características similares han ocurrido en la costa ecuatoriana, tales como el sismo de 2016, de magnitud 7,8 Mw (cerca de Pedernales, a 20 km de profundidad). Estos eventos son ejemplos del potencial de generación de sismos de la subducción del Pacífico, así como de su contribución a la amenaza en dicha zona y de los cuantiosos daños que pueden ocasionar.

- **Eje cafetero.** En los departamentos del eje cafetero (Quindío, Caldas, Risaralda) localizados a más de 150 km de la costa pacífica se estiman aceleraciones que varían entre 0,15 y 0,3 g, en un periodo de retorno de 475 años. Entre los sismos más importantes que han ocurrido en esa zona se encuentran los de 1938 (7,0 Mw, a 150 km de profundidad), de 1962 (6,5 Mw, a 64 km de profundidad) y de 1999 (6,1 Mw, a 15 km de profundidad). Por su localización, se considera que en este sector son relevantes sismos tanto de Benioff como corticales.

- **Norte de Santander, Santander, Boyacá y Arauca.** En la *Figura 18.a* se observa que a menos de 25 km de la frontera con Venezuela, en los departamentos de Norte de Santander y Arauca, se estiman aceleraciones entre 0,4 y 0,6 g para un periodo de retorno de 475 años. Entre los sismos más importantes que han ocurrido en esta zona se encuentran el de 1644, en Pamplona (magnitud de 6,5 Mw; profundidad de 15 km) y Cúcuta y Villa del Rosario, en 1875 (magnitud de 6,8 Mw; profundidad de 15 km). A una distancia de 25 a 50 km de la frontera con Venezuela se estiman aceleraciones entre 0,2 y 0,4 g. y a una situada entre 50 y 200 km de la frontera se estiman aceleraciones de hasta 0,2 g.

- **Borde llanero.** En las *Figuras 18 a., b. y c.* se observa una franja sobre la cordillera Oriental en la cual se calculan aceleraciones relativamente altas si se comparan con las estimadas en el territorio nacional. En particular, considerando un periodo de retorno de 475 años, en la *Figura 18.a* se observa que dichas aceleraciones varían entre 0,2 y 0,3 g. Entre los sismos más importantes que han ocurrido en esta zona se encuentran el de Villavicencio de 1917 (6,7 Mw; profundidad de 15 km), el de Tauramena en 1995 (6,4 Mw, profundidad de 17 km), y el de Altamira de 1827 (7,1 Mw; profundidad de 15 km). De esta manera, se considera que los sismos de fuentes superficiales (corticales) pueden tener una significativa contribución a la amenaza de esta zona.

- **Costa atlántica, Llanos Orientales y Amazonia.** Comparativamente, zonas de la costa atlántica situadas al norte de los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar,

Atlántico, Magdalena y La Guajira enfrentan una menor amenaza. En estas zonas se calculan aceleraciones menores de 0,1 g, considerando un periodo de retorno de 475. Entre los eventos más relevantes que han ocurrido en esta zona se encuentra el sismo de Santa Marta de 1834 (Mw 6,4, con profundidad de 10 km). Por otro lado, en las Figuras 18 a., b. y c. se observa que, comparativamente, las zonas menos amenazadas se encuentran en la zona de Llanos Orientales, la Amazonia y parte de la Orinoquia, en los departamentos de Amazonas, Vaupés, Vichada, Guainía, Guaviare y Caquetá.

Las aceleraciones estimadas en estas zonas son menores de 0,05 g para un periodo de retorno de 475 años. La mayoría de los sismos ocurridos en esta región tienen magnitudes menores a 5,0 Mw. A pesar de que se han presentado eventos de magnitudes considerables, superiores a 7,0 Mw, estos han ocurrido a profundidades mayores a 400 km, razón por la cual no causaron aceleraciones significativas en la superficie.

Al comparar los resultados entre los periodos de retorno de 475 años (Figura 18.a), 975 años (Figura 18.b) y 2.475 años (Figura 18.c) se observa que, a medida que aumenta el periodo de retorno, la distribución geográfica de la amenaza se asemeja más a los trazos de las fallas activas consideradas en el modelo. Esta situación se puede observar sobre el trazo de las fallas de Oca, de Santa Marta, de Algarrobo, de Algeciras- Balsillas, y en las secciones de las fallas Guaicaramo y Yopal.

El [MNAS] del SGC® (2020) precisa que: “A partir de la colaboración del SGC y de la Fundación GEM se desarrolló un modelo y se realizaron cálculos de la amenaza sísmica en el territorio nacional. Dado el alcance geográfico y las limitaciones de conocimiento, se recomienda que el modelo y los resultados se utilicen como valores de referencia (a nivel de factibilidad) para actividades relacionadas con la gestión del riesgo sísmico a escala nacional y regional. No se recomienda hacer uso de esta información para el diseño de proyectos de infraestructura específica, ya que los resultados del presente estudio no corresponden a coeficientes sísmicos de diseño aplicables a cualquier edificio o infraestructura.

Sobre los insumos y procedimientos de modelación de la amenaza sísmica, se resalta la importancia del trabajo realizado en colaboración por el SGC y la GEM para desarrollar bases de datos de diferente índole que sirvieron de soporte a la modelación. En este sentido, se recomienda continuar promoviendo, desde un enfoque multidisciplinario, crítico y de datos abiertos, la compilación, depuración, procesamiento y análisis de datos de catálogos sísmicos, fallas activas, registros acelerográficos e información geológica y tectónica, entre otras fuentes de información, a partir de las cuales se puedan tomar decisiones relativas a la modelación de la amenaza sísmica.

En este sentido, el SGC invita a los centros de investigación, académicos y expertos en la modelación de la amenaza sísmica a contribuir, desde diferentes disciplinas, al conocimiento de la amenaza sísmica que enfrenta el país. De esta manera se busca que, en un ambiente técnico de colaboración y coordinación, que el país cuente con el mejor conocimiento posible de este tipo de amenaza, teniendo en cuenta que el fin último de esta información es la seguridad de la población, de las construcciones y de la infraestructura.”

Por su parte, el Modelo AIS 300-26, no obstante haber indicado previamente que: “En opinión de los autores, incluir efectos de sitio en un modelo a escala nacional implica una reducción muy drástica de la resolución requerida para capturar razonablemente bien un problema tan complejo y ante el cual el movimiento sísmico es altamente sensible.”, (subrayado fuera del texto original), presentan espectros de amenaza uniforme por ciudad (principal), es decir, en la práctica incorpora particularidades del punto donde se emplaza la cabecera municipal en consideración.

Se presenta en la Figura 19 un comparativo del espectro de amenaza uniforme para la ciudad de Pasto, tomada como ejemplo en el [MNAS] del SGC® (2020) para indicar los análisis probabilistas para los percentiles 15% - medio al 50% - 85%.

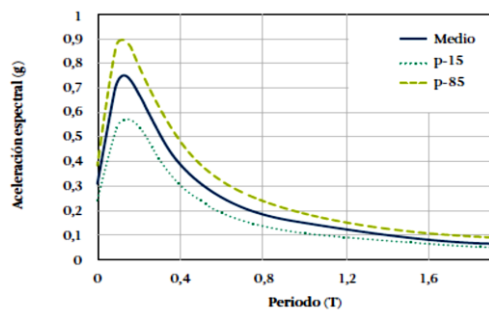


Figura 19 – Espectro de amenaza uniforme (Tr. 475 años) correspondiente a un punto del municipio de Pasto
Tomado de: [MNAS] SGC® (2020)

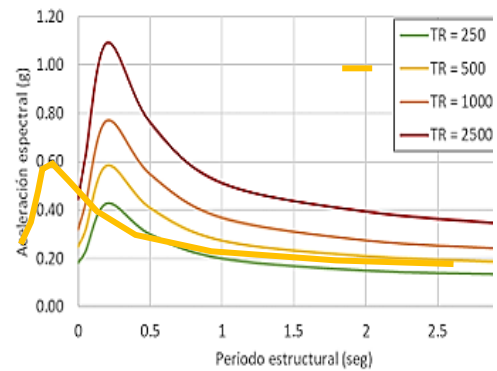


Figura 20 – Espectro de amenaza uniforme de capital de departamento.
Pasto (ver espectro 500 años)
Adaptado de: Modelo AIS 300-26

Se evidencia que un análisis probabilista de la amenaza sísmica resulta en una herramienta más idónea a la hora de seleccionar el nivel de amenaza para diseño sismorresistente ya que, de una parte reduce las incertidumbres “inmensas” que puede implicar un espectro uniforme “determinista”, esto es, así haya sido procesado con datos que se sometieron a análisis de variación, los resultados finales se obtienen como un único dato posible para el periodo estructural de interés; de otra parte, aunque la PGA puede ser similar con ambos modelos, al calcular los percentiles 15 y 85, es claro que dicho nivel de amenaza sísmica esperada en roca puede oscilar entre 0.25 g hasta 0.40 g, que resulta similar a los valores de amenaza correspondientes a 225 y 1000 años de periodo de retorno en el Modelo AIS 300-26 (ver Figura 20).

La amenaza sísmica para periodos cortos y un mismo periodo estructural de interés tiene un límite superior del orden de **0.75 g** en el [MNAS] variando entre 0.57 g a 0.90 g para los percentiles 15 y 85 respectivamente, mientras que es apenas menor que **0.60 g** en el Modelo AIS, y para 1.0 s de periodo estructural se espera una amenaza de **0.15 g**, variable entre 0.10 y 0.20 aproximadamente para los percentiles 15 y 85 respectivamente, mientras el valor determinístico en el Modelo AIS 300-26 es de **0.28 g** aproximadamente. Estas grandes diferencias para un punto correspondiente a una ciudad como Pasto en donde la amenaza sísmica es ALTA, de entrada genera aún mayores incertidumbres a la hora de emplear un modelo que lamentablemente no ostenta el rigor requerido.

Después de la presentación de las Referencias, el [MNAS] desarrolla **12 Anexos**, dentro de los cuales se destacan:

- A: Catálogos sísmicos utilizados
- B: Base de datos de movimiento fuerte
- C: Metodología adoptada para la corrección de línea base y filtrado de acelerogramas
- D: Distribuciones de magnitud-frecuencia en fuentes corticales tipo área
- E: Distribuciones de magnitud-frecuencia en macrozonas del modelo de sismicidad suavizado
- F: Distribuciones de magnitud-frecuencia en fallas activas
- G: Distribuciones de magnitud-frecuencia en fuentes interplaca (subducción), Benioff y nido sísmico de Bucaramanga
- H: Metodologías utilizadas en la selección ecuaciones de atenuación

- I: Propiedades geométricas utilizadas en ecuaciones de atenuación
- J: Resultados de la selección de ecuaciones de atenuación según ambiente tectónico
- K: Resultados de amenaza sísmica para las capitales departamentales
- L: Descripción del sistema de consulta del modelo y de los resultados de la amenaza sísmica

5. Análisis complementarios que no hacen parte del modelo de amenaza sísmica y por tanto deben considerarse por fuera del comparativo

Por su parte, el Modelo AIS 300-26 desarrolla una *Propuesta de Espectros de Diseño*, lo cual a juicio del Autor excede de entrada la evaluación de un modelo de amenaza sísmica nacional, tal como el propio documento lo plantea, es decir se debería trabajar en documentos independientes la amenaza sísmica y los espectros de diseño, que además presuponen la caracterización de condiciones o efectos de sitio, mediante los denominados Coeficientes de Amplificación. En este modelo los coeficientes corresponden a los publicados originalmente por Bernal y Cardona (2021), es decir fueron establecidos antes del modelo de amenaza; no es claro para el Autor del presente análisis, cómo se obtienen unos coeficientes que tiempo después se “ajustan” a un modelo de amenaza sísmica que no existía?.

Dado lo anteriormente expuesto, el Autor considera inadecuado adelantar análisis comparativos de espectros de diseño producto de la aplicación de Modelos de Amenaza Sísmica sustancialmente diferentes, no solamente en cuanto a sus fundamentos y el rigor científico con el cual se elaboró cada uno, sino principalmente por las inmensas dudas que se generan en torno al denominado Modelo AIS 300-26 por sus grados de incertidumbres e incompletitudes, como los resultados finales de la distribución sísmica para el país que de él se derivan, dejando dudas sobre la seguridad sísmica principalmente por la adopción de modelos de diseño óptimo, supuestamente basados en el llamado “costo no económico”.

Aunque se menciona que este modelo ha sido adoptado en normas sismorresistentes como la Mexicana, la norma citada corresponde a obras civiles del sector eléctrico (*Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad de México*) y por ende no aplica a edificaciones y otras infraestructuras de sectores diferentes; ello es importante considerarlo ya que el sector eléctrico es de importancia estratégica nacional y debe cumplir criterios de máxima eficiencia sísmica, sin importar los costos derivados de esto.

La percepción derivada del análisis de *coeficientes óptimos* tiene que ver más con relaciones de costos financieros iniciales, mal denominados “*costos por resistencia lateral gratuita*” ya que refleja justamente los costos reales en que se debe incurrir para asegurar las provisiones sísmicas estructurales, con costos que no son reales sino proyectados probablemente por las aseguradoras, que sin conocer de fondo los estudios que se hayan podido adelantar en el país asociados a pérdidas económicas por fallas estructurales debidas a la ocurrencia de sismos, quieren “*imponer*” unos umbrales en donde priman intereses de ese ramo pero que no necesariamente consideran la realidad del medio físico tectónico y principalmente la seguridad de los habitantes que es lo que verdaderamente debería regir estas relaciones.

Otro parámetro que llama la atención del *modelo de diseño óptimo* es el denominado “*factor de impacto – S_L* ”, que da cuenta de las condiciones de contexto (...socio – económico?, no lo dice), que se define con base en una categorización de municipios del país realizada por el DANE (2015) y si el municipio cuenta con microzonificación sísmica o no; así:

- Si el municipio es categoría A (la más alta) se clasifica como de Nivel I con un factor de impacto de 5.
- Si el municipio es categoría B y tiene microzonificación sísmica, o su dimensión institucional según DNP 2015 es mayor a 0.75 entonces se clasifica como de Nivel II con un factor de impacto de 7.
- En caso contrario a los anteriores, se clasifica como de Nivel III con un factor de impacto de 12.

Con base en ello se categorizó el factor de impacto – S_L , que realmente no se sabe a qué hace referencia y tampoco cómo afecta estructuralmente al modelo de coeficientes óptimos, más allá de ser un dato determinístico aplicado a la fórmula del Costo de las Pérdidas Futuras – C_{FL} , que a su vez multiplica el Costo Inicial – C_I (que no es “costo” sino el producto del costo “gratuito” por la resistencia lateral base – c_o , más un costo por resistencia lateral adicional (sería la que se requiere por diseño sismorresistente) que se multiplica por la diferencia entre el coeficiente sísmico – c , que sería el óptimo, menos el de diseño original de base, diferencia esta elevada a un exponente variable – a entre 1 y 2, supuestamente para Colombia según Salgado et al. y Ordaz et al. (2017). Este costo inicial normalizado por el mismo costo base “gratuito” (sin diseño sismorresistente) presenta una variación incremental casi lineal entre 1.0 para un coeficiente sísmico de 0.0 hasta 2.5 para uno de 0.50. (ver Figuras 21, 22 y 23).

Con base en este procedimiento calcularon los *coeficientes óptimos* y espectros de diseño para todas las ciudades principales del país, encontrándose p.e. para Bogotá una amenaza sísmica de 0.45 g y 0.23 g para 0.2 s y 1.0 s de período estructural, respectivamente, así como 670 y 1360 años de período de retorno, correspondientemente para cada período, mientras que para la ciudad de Cúcuta los valores son de 0.64 g y 0.32 g, y, 376 y 713 años, respectivamente para los mismos períodos estructurales. De esta forma se generaría una nueva estructura para la amenaza sísmica en Colombia, de conformidad con:

- Amenaza Sísmica Baja si $S_{MS} \leq 0.4$
- Amenaza Sísmica Intermedia si $0.4 < S_{MS} \leq 0.8$
- Amenaza Sísmica Alta si $S_{MS} > 0.8$

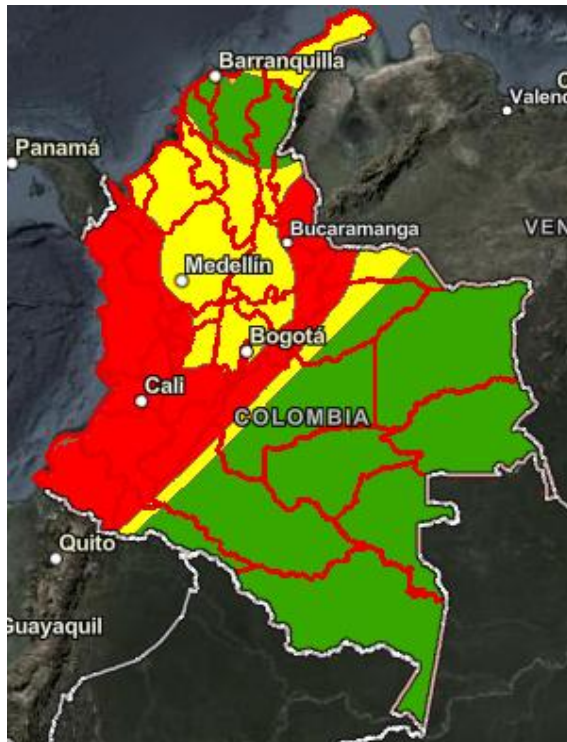


Figura 21. Mapa Nacional de Amenaza Sísmica.
Tomada de: [Visor SGC® \(2026\)](#)

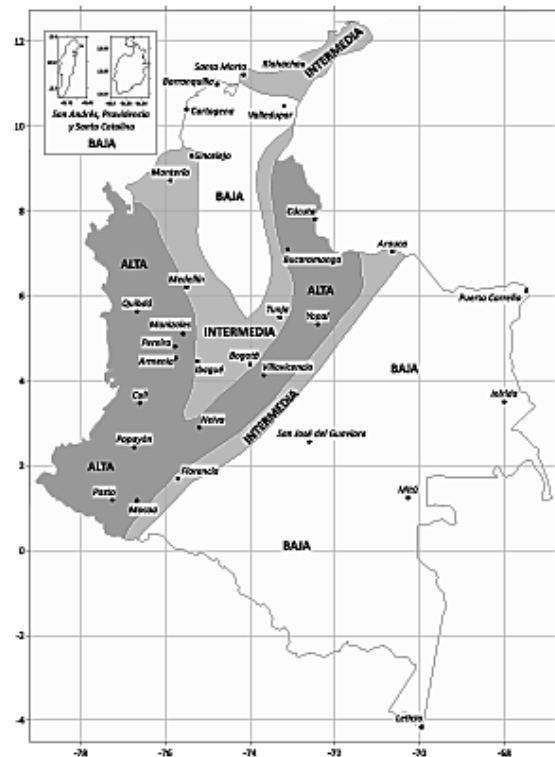


Figura 22. Zonificación de amenaza propuesta para el documento AIS 100-24.
Tomado de: Modelo AIS 300-26

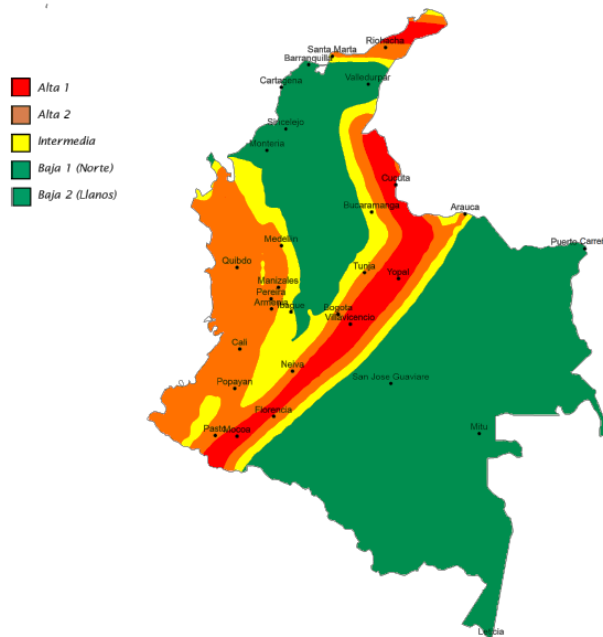


Figura 23. Nuevo mapa de zonificación sísmica propuesto.
Tomado de: “Actualización de los coeficientes sísmicos de diseño estructural para la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente NSR. Gabriel Bernal & Omar Darío Cardona”
En: *Investigaciones en gestión del riesgo de desastres para Colombia: Avances, perspectivas y casos de estudio* / Comisión Nacional Asesora para la Investigación en Gestión del Riesgo de Desastres. Bogotá, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD, 2021.

A esta altura del análisis, vale la pena recordar que los niveles de amenaza sísmica vigentes en la NSR10 establecen los siguientes límites para su categorización:

- A.2.3.1 — ZONA DE AMENAZA SÍSMICA BAJA — Es el conjunto de lugares en donde tanto A_a como A_v son menores o iguales a 0.10. Véase la tabla A.2.3-1.
- A.2.3.2 — ZONA DE AMENAZA SÍSMICA INTERMEDIA — Es el conjunto de lugares en donde A_a o A_v , o ambos, son mayores de 0.10 y ninguno de los dos excede 0.20. Véase la tabla A.2.3-1.
- A.2.3.3 — ZONA DE AMENAZA SÍSMICA ALTA — Es el conjunto de lugares en donde A_a o A_v , o ambos, son mayores que 0.20. Véase la tabla A.2.3-1.

Es decir que, por cuenta del modelo de *Coefficientes Óptimos*, prácticamente todo el país se categorizaría en AMENAZA SÍSMICA ALTA, ya que ubicarse en amenaza baja aun el nivel más bajo de amenaza S_{MS} debe estar por debajo de 0.18 g, cuando dicha amenaza marcaba en la práctica el límite entre Amenaza Intermedia y Amenaza Alta para A_a . Diciéndolo de otra forma, no solamente es decir Amenaza Intermedia (caso para Bogotá y otras ciudades capitales) en la norma actual que implica coeficientes de amenaza sísmica A_a entre 0.10 g y 0.20 g, sino que ahora para seguir estando en este nivel de amenaza debe ajustarse un coeficiente S_{MS} entre 0.40 g y 0.80 g; de las 32 capitales de departamento, 5 quedan con amenaza sísmica BAJA según el coeficiente espectral S_{MS} , o sea correspondiente a un período estructural de 0.2 s aprox., de 0.19 g y 4 con 0.38 g (valores “obligatorios” que no representan la amenaza sísmica real esperada en esas ciudades y que debieron ser ajustados para que se “parezcan a la NSR actual”), 10 en amenaza sísmica INTERMEDIA, solo 2 con S_{MS} de 0.40 g (límite que no se alcanza por ninguna capital en la zonificación sísmica actual) y 13 en amenaza sísmica ALTA.

Según la NSR10, con los niveles de amenaza sísmica antes expuestos, 9 ciudades capitales tienen categoría BAJA, 10 están en INTERMEDIA y las restantes 13 están en ALTA; es decir, aunque la categorización en cuanto a la cantidad de ciudades capitales se mantiene igual en la propuesta de *Coefficientes Óptimos* y la NSR10, dados los niveles de amenaza sísmica estimados y los valores obtenidos para los coeficientes espectrales, en promedio se estarían diseñando las edificaciones para sismos de máxima capacidad con períodos de retorno del orden de 600 a 1000 años y más, dependiendo del período estructural de interés.

La pregunta que queda por ahora es: *¿está el país preparado para dar un salto cuántico en los costos que implica esta clase de provisiones de demanda sísmica, la cual en la práctica tiene muy bajas probabilidades de presentarse?*. Esta y otras preguntas debemos hacerlas como sociedad, en donde participen diversos actores e inclusive los representantes de las ciudadanías, ya que de lo contrario se corre un riesgo grande de que la mayor parte del país termine pagando los costos de unas minorías que requieren asegurar sus edificaciones contra toda posibilidad de que un sismo las afecte. (ver Figuras 25 y 26).

Muestra de ello es el mapa del factor de impacto (S_L) (Fig. 24) en el modelo de *Diseño Óptimo*, donde en el municipio de Bogotá se toma indistintamente el área rural de 1230 km² aprox. como parte del área urbana que si acaso abarca 460 km². *¿Cuál es la lógica que está detrás de aumentar el Costo Inicial (C_I), que implica provisiones normales del diseño sísmico, al margen del método que se aplique para establecer los Coeficientes Espectrales, que es otra discusión, en 1.05 para 4, 1.07 para 4 y 1.12 para más de 1100 municipios, por cuenta de ajustar unos coeficientes que realmente no tienen en cuenta la amenaza sísmica esperada?*

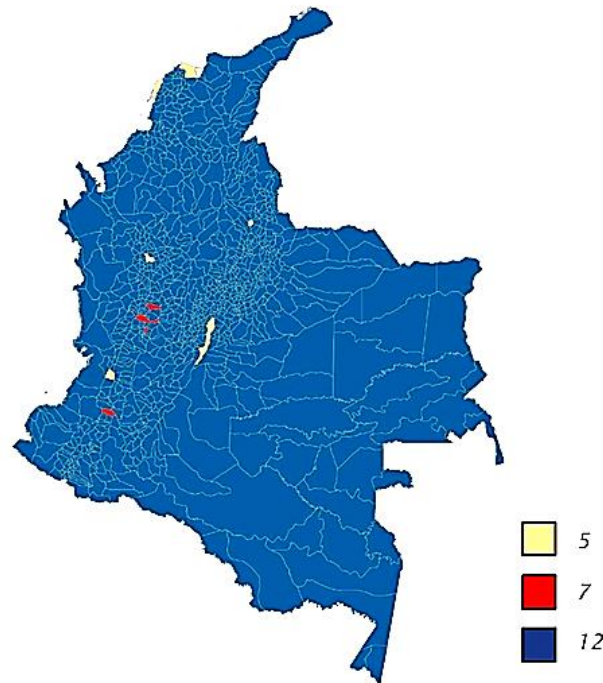


Figura 24. Valor del factor de impacto a nivel municipal.
Tomado de: Modelo AIS 300-26

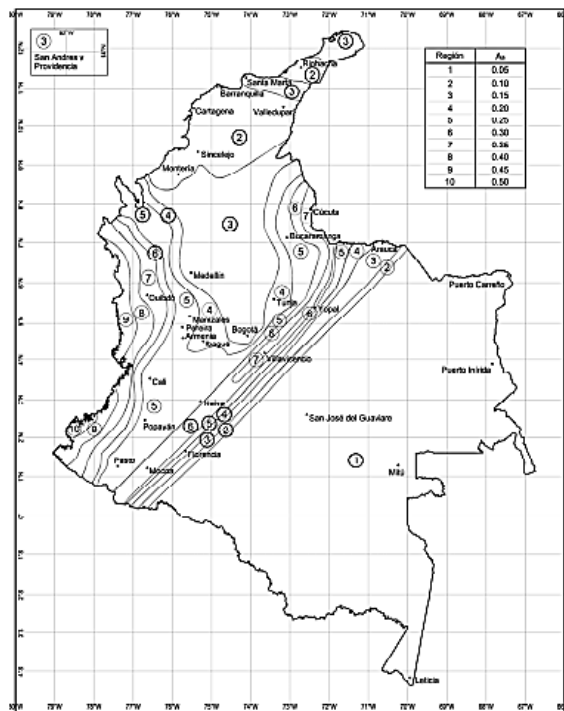


Figura 25. A.2.3-2 — Mapa de valores de A_a
Tomado de: NSR10

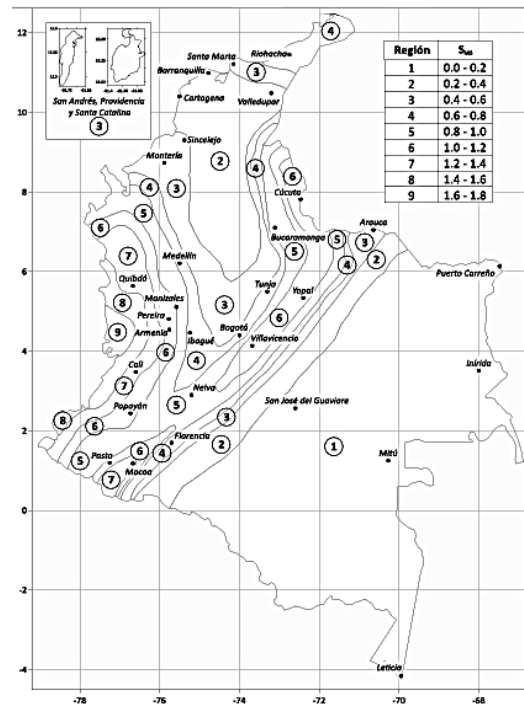


Figura 26. Propuesta de mapa nacional del parámetro S_{ms} para el documento AIS 100-24
Tomado de: Modelo AIS 300-26

Aunque el Documento de AIS 300-26 plantea una supuesta “comparación” entre los Modelos de Amenaza Sísmica de interés, parte de una premisa, a juicio del Autor del presente análisis, que resultaría errada dado que estrictamente hablando los dos Modelos de Amenaza Sísmica NO son comparables, ya que no obstante considerar protocolos y hasta evaluaciones en algunos componentes similares, sobre todo porque los modelos previos para la normativa sismorresistente colombiana fueron elaborados en forma conjunta por ambas entidades, con el acompañamiento de la UniAndes (1996), se fundamentan en información tectónica mucho más actualizada por el SGC®, así como el tratamiento que se da a las fuentes sismogénicas, los modelos de predicción de movimiento fuerte del terreno y la propia determinación de la amenaza sísmica, en un modelo de tipo probabilista y en el otro determinista.

Adicionalmente, se plantea que el Modelo del SGC® (2020) fue publicado por dicha institución, pero según AIS “...el cual fue desarrollado desde 2017 por la Fundación Global Earthquake Model (GEM)...”, lo cual no es correcto y resulta *insultante* para con una entidad técnica – científica del carácter del SGC®. También precisa que “Dicho estudio provee resultados similares a los presentados en la sección 3.5 de este informe” (*subrayado fuera del texto original*), cuando en todos los apartados indican lo contrario y de conformidad con el presente análisis los resultados obtenidos no son similares, al margen de que algunas comparaciones resulten por “casualidad” relativamente parecidos. Mientras el Modelo SCG® (2020) refleja relativamente bien y en forma totalmente razonable las dinámicas tectónicas prevalentes en el país, el Modelo AIS 300-26 deja muchas dudas en cuanto a la distribución de las fuentes sismogénicas, su tratamiento, modelación y resultados, tanto así que el Método de los Coeficientes Óptimos NO depende en medida alguna de la amenaza sísmica y por ello emplea un Modelo para tales coeficientes en (AIS 300-2021):

“Caja 3. Nuevo modelo de amenaza sísmica de Colombia. Como parte del proyecto ASLAC (Amenaza Sísmica de América Latina y El Caribe), se desarrolló un modelo detallado de amenaza sísmica para el territorio colombiano. Los detalles de este modelo pueden consultarse en tomado de Salgado et al (2018). Este nuevo modelo se conforma por 53 fuentes sismogénicas, 26 de ellas corticales, 5 de subducción de interfaz, 20 de subducción intraplaca, una fuente especial para el nido de sismicidad de Bucaramanga y una fuente de background para la sismicidad dispersa del norte colombiano.”

... y otro para el Modelo AIS 300-26, siendo ambos elaborados por los mismos autores (Bernal y Cardona), pero con resultados diferentes como se mostró en los párrafos y figuras previas. En últimas, el Modelo de Amenaza Sísmica es un producto independiente de la interpretación de los Coeficientes de Diseño o Espectrales, por tanto se insiste en ambos modelos de AIS en emplear el Métodos de los Coeficientes Óptimos, como se explicó previamente en el presente análisis. Posteriormente, se realiza un análisis comparativo de los resultados de la amenaza sísmica, contrastando los obtenidos del *Modelo de Coeficientes Óptimos* con una propuesta de *Coeficientes de Diseño* elaborada conjuntamente por el SGC® y las Sociedades Colombianas de Geotecnia (SCG) e Ingenieros (SCI), conocido como **Modelo SSS**.

Dicha propuesta SSS no surgió del [MNAS] del SGC® (2020) como se plantea por AIS 300-26, sino que emplea como base este modelo para lograr una consistencia en los resultados.

5.2 Trabajos de Montejó et al. (2026) para analizar comparativamente resultados del SSS?

Primero, se debe aclarar que el [MNAS] del SGC® (2020) NO es un Modelo de Amenaza SCG-GEM, como lo sugiere reiteradamente AIS 300-26, no es lo mismo que haya una colaboración científica en el procesamiento de la data fundamental a que se insista que el

estudio es conjunto. Segundo, se indica que Montejó et al. (2026) compararon los resultados del Modelo SGC®, “*haciendo uso de 3 técnicas de procesamiento del resultado: amenaza uniforme, tasa de colapso uniforme (RTGM) y diseño óptimo*”, lo cual de entrada NO es preciso ya que nuevamente se aclara que lo que se está evaluando no es el Modelo de Amenaza sino una aplicación de ésta mediante diferentes métodos de análisis para diseño sísmico.

En el trabajo de Montejó et al. (2026) “*evalúan, para las ciudades mencionadas (Barranquilla – BAJA; Bogotá – INTERMEDIA; y, Cali – ALTA), aceleraciones espectrales para periodos de vibración de 0.2 y 1.0 segundos, obtenidas siguiendo los diferentes enfoques de procesamiento mencionados, de la siguiente manera:*

- *Amenaza uniforme, para un periodo de retorno de 475 años.*
- *Tasa de colapso uniforme (RTGM). Se reporta el valor total y multiplicado por 2/3.*
- *Diseño óptimo, haciendo uso de los parámetros sugeridos por Ordaz et al. (2017)."*

Como conclusiones principales se destaca que (subrayado y **negrilla** fuera del texto original):

- *Se observa que en todos los casos analizados, que las aceleraciones espectrales de amenaza uniforme obtenidas del modelo de AIS 300, son siempre mayores a las obtenidas del modelo de SGC-GEM, con excepción del caso de Cali para 0.2 segundos, en donde el resultado del modelo SGC-GEM es levemente más alto (AIS 300: 0.78 g; SGC-GEM: 0.8 g).*
- *Con respecto al enfoque de procesamiento de diseño óptimo, los resultados muestran que, en la totalidad de los casos analizados, el modelo AIS 300 entrega las mayores aceleraciones espectrales. Esto ilustra que, de los modelos comparados, el modelo AIS 300 es más conservador y entrega resultados del lado de la seguridad.*
- *Montejó et al. (2026) proponen un enfoque práctico para la selección de coeficientes de diseño ante la existencia de múltiples enfoques para su definición, el cual consiste en escoger, siempre, el valor más alto obtenido, buscando proveer la mayor seguridad a las estructuras. En el comité AIS 300 estamos de acuerdo con lo propuesto por Montejó et al. (2026), lo cual significa, en la práctica, que la NSR sea actualizada con los coeficientes de AIS 300 y no con los propuestos por la SGC-SCI-SCG derivados del modelo SGC-GEM.*

Estas conclusiones parecen un tanto “*temerarias*” a juicio del Autor, ya que de una parte dicen cosas que literalmente NO establece el trabajo de Montejó et al. (2026), como es el caso de que su estudio propondría un enfoque práctico en donde se escoja siempre el mayor valor, una vez adelantados los análisis mediante las metodologías de Costo Óptimo como Tasa de Colapso Uniforme (RTGM, sigla en inglés de Risk Targeted Design Method por Luco, 2006 y Luco et al., 2007) cuando lo que dice el estudio es: “*Los resultados respaldan la estrategia en la cual c_s se defina como la envolvente entre S_{aOPT} y $S_{a2/3RTGM}$, eligiendo siempre el mayor valor en cada sitio. ...En síntesis:*

- *$c_s = S_{aOPT}$ si $S_{aOPT} > S_{a2/3RTGM}$, lo cual incrementa la seguridad y reduce el costo total esperado.*
- *$c_s = S_{a2/3RTGM}$ si $S_{a2/3RTGM} \geq S_{aOPT}$, lo que permite aumentar el nivel de seguridad con incremento bajo en Costos Totales (c_s)*

si bien los enfoques de Costo Óptimo y de Tasa de Colapso Uniforme suelen considerarse excluyentes, los resultados muestran como pueden emplearse de manera complementaria

para fundamentar normas sismorresistentes orientadas simultáneamente a la seguridad y a la eficiencia. Bajo esta lógica, en zonas de amenaza alta tendería a seleccionarse $S_{a2/3RTGM}$, aumentando la seguridad con un incremento relativamente menor en $CT(c_s)$ frente a S_{aOPT} , mientras que en zonas de amenaza baja, S_{aOPT} permitiría aumentar la seguridad y reducir $CT(c_s)$.” (subrayado y negrilla fuera del texto original).

Como se evidencia de esta revisión simple, no sesgada y transparente, Montejó et al. (2026) de ninguna manera dan a entender ni concluyen de su trabajo aplicando los dos métodos para la determinación de Coeficientes Sísmicos, esto es el de *Diseño Óptimo* (S_{aOPT}) y el de *Diseño Basado en Riesgo* o *Tasa de Colapso Uniforme* ($S_{a2/3RTGM}$) con base en el [MNAS] del SGC® (2020), que la NSR “sea actualizada con los coeficientes de AIS 300 y no con los propuestos...” por SSS, primero porque lo que se está evaluando en este trabajo NO es el [MNAS] del SGC® (2020) y no como confusamente lo denomina AIS 300-26 (SGC-GEM), el cual a juicio de los propios autores Montejó et al. (2026): “es importante aclarar que este trabajo no pretende recomendar el uso de un modelo de amenaza sísmica particular, sino **analizar las metodologías utilizadas para definir parámetros de diseño...** por lo tanto, **las conclusiones presentadas en este documento pueden considerarse independientes del modelo de amenaza sísmica empleado.**”, y en segunda instancia, porque lo que literalmente recomiendan los autores de la Nota es que “**En este trabajo se exploran las metodologías más aceptadas a nivel mundial para la definición de c_s en normas sismorresistentes y se propone el uso de su envolvente, justificando que el beneficio en términos de seguridad de colapso es mucho mayor que el impacto en el costo total esperado a lo largo de la vida útil...**”.

Por tanto, la amenaza sísmica, al margen de las aplicaciones que de ella se puedan adelantar p.e. para el diseño sismorresistente de edificaciones u otras infraestructuras, obedece a unos desarrollos más o menos rigurosos y responde exclusivamente al conocimiento geocientífico del territorio de interés, caso en el cual el [MNAS] del SGC® (2020) en nada se cuestiona en los trabajos previos, mientras que por el contrario al avanzar en los análisis basados en riesgo y no en amenaza, como tradicionalmente se ha venido haciendo, lo que dichos trabajos de revisión muestran es que independientemente del modelo sísmico de base, los coeficientes de diseño deben responder a **criterios envolventes de Diseño Basado en Riesgo como de Diseño Óptimo**, pero este último bien entendido y específicamente definido para la región de interés. Al definir un factor de impacto – S_L , para todo un país como 12 (Ordaz et al., 2017), que además lo definieron para México y Colombia tiene una realidad totalmente diferente, pues al menos cabe cuestionar este tipo de modelos uniparamétricos cuando en el país con lo que se cuenta es con una inmensa diversidad de factores que lo hacen único e irrepetible.

De aquí en adelante, el Autor de la presente comparación y dada su participación como Coautor del **Modelo SSS** antes referido, se abstiene de tratar los análisis comparativos que adelanta AIS 300 ya que no solamente llegan a resultados preestablecidos en cuanto a los niveles de amenaza sísmica en términos de los coeficientes espectrales, claramente mayores por los tratamientos e implicaciones ya descritas, sino que además concluye que “**Estos resultados son ilustrativos de como los valores propuestos por AIS 300, empleados en conjunto con los requisitos de diseño de la NSR 10, conducen a diseños estructurales más seguros.**”, además que: “**Como se ilustra,... las edificaciones diseñadas con la propuesta del SGC-SCI-SCG colapsan, mientras que las diseñadas según AIS 300, a pesar de sufrir daños, no colapsan.**”

Estas aseveraciones en un documento que debe ser serio y objetivo solamente dejan de manifiesto un interés lamentable por demeritar trabajos que contradigan la propuesta uniparamétrica de *coeficientes sísmicos* supuestamente “óptimos” (no se sabe “óptimos” para quién?). Lo anterior conlleva a otra serie de inexactitudes e imprecisiones que plantea AIS 300

respecto de una eventual aplicación del **Modelo SSS** para la definición de coeficientes sísmicos, cuando lo que se debería hacer, como lo plantean Montejo et al. (2026), con quienes dicen “*estar de acuerdo*” pero en ciertas conclusiones, mientras que un modelo de amenaza para propósitos de actualización de la norma sismorresistente DEBE atender a una “*envolvente entre los modelos de Diseño Óptimo*” (**bien aplicado**) y “*un modelo de Diseño Basado en Riesgo*”.

Finalmente, aunque el documento AIS 300-26 plantea que sobre la base del **Modelo SSS**, que es apenas una propuesta de aproximación al tema de la definición de Coeficientes Sísmicos para diseño sismorresistente, que a la vez tampoco fue objeto de revisión por Montejo et al. (2026), la definición de la amenaza sísmica del país quedaría definida por la aceleración de diseño superficial, que incorporaría previamente coeficientes de sitio como el V_{S30} (perfil de velocidad de onda de cortante en m/s , para los 30 m superiores del suelo) y el período de vibración de la edificación, se aclara nuevamente que ello no es preciso dado que, no obstante el **Modelo SSS** claramente se fundamenta en el [MNAS] del SGC® (2020), simplemente emplea una característica física superficial de la cual cuenta un modelo en Colombia como lo es V_{S30} , ello no tiene nada que ver con la zonificación de amenaza sísmica como tal, sino que es un parámetro de vínculo entre la amenaza y los efectos esperados en el sitio, ello en sí significa una mejora en el conocimiento científico aplicado al riesgo sísmico, para nada tiene que ver con la amenaza sísmica.

Se requiere revisar con sumo cuidado el Anexo A.3 ESPECTROS DE DISEÑO PARA CAPITALES DE DEPARTAMENTO desarrollado por AIS 300, en donde se compara lo que serían las salidas generadas para este producto según los procedimientos adoptados en NSR10, AIS 300 y **SSS**, dado que, como se precisó previamente, es evidente que los mismos, al menos el de NSR10 y AIS 300 responden sustancialmente a un mismo modelo de amenaza sísmica nacional desarrollado en el Estudio General de Amenaza Sísmica de 1996 y actualizado en 2009 (AIS, INGEOMINAS y UniAndes), mientras que el [MNAS] del SGC® (2020) es sustancialmente diferente y en principio NO comparable para la definición de la amenaza sísmica en roca.

Derivado de esta circunstancia, los espectros de diseño reflejan ciertamente similitudes con NSR10, ya que la amenaza en roca es prácticamente la misma, lo cual develaría de fondo que no hubo una actualización en concreto de dicho modelo y que finalmente sería AIS vs. AIS, mientras que el [MNAS] refleja con claridad la nueva distribución de la amenaza sísmica al diferenciarse en gran medida de lo planteado en NSR10 y AIS 300-26; en estos dos modelos solamente dos ciudades ($\approx 6\%$) con amenaza BAJA difieren entre ellos, mientras que solo en 5 capitales ($\approx 15\%$) la amenaza en roca es aproximadamente coincidente en los tres modelos, aunque las ordenadas espectrales que se manejan no permiten dichos análisis.

Para el espectro en el rango de los períodos bajos que conforman la meseta (0.2 s hasta la bajada hacia períodos mayores de 1.0 s), el **SSS** propone 18 capitales ($\approx 56\%$) por debajo de los otros dos modelos, 11 ($\approx 34\%$) por encima y solo 2 ciudades ($\approx 10\%$) con el mismo nivel de amenaza, con lo cual se demuestra que, contrario a lo expresado por AIS 300, este modelo NO es “*inseguro*”; tampoco se trata de ser “*conservador*”, sino realista frente a lo esperado para las edificaciones en cuanto a requerimientos de diseño sismorresistente. Adicionalmente, los efectos de sitio que se incorporan en cada modelo también dejan entrever profundas diferencias ya que mientras el **Modelo SSS** trabaja con niveles de V_{S30} , mejor discretizados en nuevos perfiles de suelo, tanto NSR10 como AIS 300-26 presentan serias dificultades al seguir trabajando factores de amplificación que hoy por hoy han sido revaluados porque no reflejan en forma consistente la variación en la rigidez del suelo.

Por su parte, para los periodos largos del espectro, más allá de 1.0 s en la zona de franco decaimiento del movimiento sísmico se observan severas diferencias a veces hasta del doble en las ordenadas espectrales de los modelos NSR10 y AIS 300 respecto del **Modelo SSS**. Siendo supuestamente según AIS 300 la amenaza similar en los modelos de base, es el *modelo de coeficientes sísmicos* lo que ciertamente estaría generando, a juicio del Autor, una magnificación innecesaria de la amenaza sísmica con propósitos de diseño sismorresistente. Llama la atención que ciudades como Arauca, donde la amenaza propuesta por AIS resulta claramente exagerada, lo cual se relaciona con eventuales “errores” en el modelo de fuentes, mientras que Cali y Popayán estarían quedando con un nivel de amenaza muy por debajo de lo sugerido por SSS, similar a Ibagué y varias capitales con niveles de amenaza BAJA como Pto. Carreño y San José del Guaviare en donde se estableció una amenaza mayor en [MNAS].

De conformidad con este análisis, no resulta pertinente plantear que un modelo es más o menos seguro que el otro porque simplemente no se está de acuerdo con sus resultados; lo que se debe revisar de fondo es el análisis de las fuentes sismogénicas, la capacidad de predecir el movimiento fuerte del terreno y su distribución geoespacializada frente al modelo tectónico, cuyo conocimiento científico es la clave para pensarse en una verdadera actualización de la amenaza sísmica del país, por supuesto con base en la amenaza registrada pero principalmente en la amenaza esperada. De ahí en adelante, los modelos de espectro de diseño, aunque son una herramienta clave para el diseño sismorresistente, son fuertemente dependientes del proceso de cálculo y análisis, pasando por los **modelos basados en riesgo** vs. el de **coeficientes óptimos**, que termina en decisiones de país que se toman unilateralmente, así sea con buen criterio, pero que claramente representan diversos intereses de subsectores de la economía pero no necesariamente reflejan un problema real que ha demostrado ser calamitoso para países sísmicamente activos como Colombia.

6.0 Plataformas tipo visor de modelos de amenaza sísmica

El presente análisis comparativo de los modelos de amenaza sísmica para Colombia no podría terminar sin reconocer la importancia que frente a postulados de transparencia en cuanto al manejo que de información pública, tiene contar con plataformas digitales que hoy por hoy no solo permiten un seguimiento más detallado de los resultados de los diversos modelos y sus características, sino que conllevan a una mejor comprensión de la fenomenología que subtiende un tema complejo como lo es el de la amenaza sísmica.

En el caso de AIS 300-26 se presenta en el Anexo A.2 PLATAFORMA SAGA, un aplicativo tipo SIG que permite *“la visualización y análisis de información relacionada con amenazas naturales y la obtención necesaria para el diseño estructural en Colombia”*. Aunque por supuesto son herramientas valiosas, el Autor del presente documento NO está de acuerdo con que se haya puesto a disposición del gremio diseñador estructural una plataforma que facilita el proceso de análisis y diseño estructural de edificaciones u otras estructuras sobre la base de un modelo de amenaza sísmica y un modelo de coeficientes espectrales que NO han sido oficialmente autorizados por la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcción Sismorresistente (CAP), que es la única instancia legalmente constituida para estos propósitos. Se solicita por este medio que la autoridad competente revise esta situación *de facto* ya que su uso inapropiado o no autorizado podría tener consecuencias indeseables si algún diseñador lo toma como una herramienta de análisis y diseño en firme.

Adicionalmente a lo planteado en previo, se solicita revisar lo propio con el documento denominado AIS 100-24, dado que se presenta como un documento *“normativo”* a nivel de la futura actualización de la NSR10 que, no obstante ser un producto de una entidad privada como AIS, se debe aclarar que el mismo fue parcialmente elaborado *ad-honorem* por diversas

instituciones técnico – científicas especializadas sobre la base de que se trataba de un trabajo intelectual, que implicó meses de dedicación de grupos de estudio, finalmente ni siquiera son reconocidos con derechos de propiedad que se ceden a la CAP o subsidiariamente al MinVivienda pero NO a una entidad privada y por ende generan otra clase de derechos que no son reconocidos aun cuando se enajena sin consentimiento previo.

En el caso del [MNAS] del SGC® (2020) se cuenta desde sus inicios con un poderoso visor del modelo de amenaza sísmica y sus subproductos, pero sin incluir modelos espectrales como el denominado SSS, que es apenas una propuesta de tratamiento de este componente del diseño sismorresistente mucho más consistente con la realidad del fenómeno y no basado en “intereses” del sector asegurador, que si bien tiene gran importancia por todo lo que implica la gestión del riesgo de desastres por ocurrencia de actividad sísmica que pueda generar daños estructurales a las edificaciones e infraestructuras, sus intereses en la incorporación de modelos como el de *coeficientes óptimos* debieran ir precedidos de una discusión abierta con todas las fuerzas sociales y gremiales, lideradas por el Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – SNGRD, según la Ley 1523/2012.

Toda la información se encuentra disponible en:

https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/

7.0 Conclusiones del análisis comparativo de los modelos [MNAS] del SGC® (2020) y AIS 300-26

Luego de este extenso análisis, el cual incluyó temáticas relacionadas con:

- Análisis comparativo del Contenido
- Mapa de Intensidades Máximas Observadas en Colombia
- Modelos de Fuentes Sismogénicas
- Modelación de la Sismicidad y la Atenuación Sísmica
- Análisis Complementarios que No hacen parte del Modelo de Amenaza Sísmica y por tanto deben Considerarse por fuera del Comparativo
 - Análisis “comparativo” Modelos de Amenaza Sísmica AIS 300-26 vs. SGC®-2020
 - Trabajos de Montejo et al. (2026) para analizar comparativamente resultados del SSS?
- Plataformas tipo visor de Modelos de Amenaza Sísmica

El Autor puede afirmar sin lugar a dudas que el Modelo [MNAS] desarrollado por el SGC® (2020) con el apoyo de la Fundación *Global Earthquake Model* (GEM®) es un producto de conocimiento científico del más alto nivel, sin que ello implique que potencialmente pueda ser mejorado con un mayor nivel de información técnico – científica relativa a la tectónica del país, la supraregión y a nivel mundial, en donde toda la dinámica activa que diariamente se registra en los instrumentos de monitoreo sísmico locales, nacionales e internacionales, dan cuenta de una intensidad importante con efectos en ocasiones muy lamentables tanto para cientos y miles de personas que se han visto afectadas o se encuentran potencialmente vulnerables a la actividad sísmica, como las infraestructuras y las edificaciones que en sendas regiones poblacionales puedan estar involucradas.

El grado de certeza logrado en este modelo es superior al de modelos previos en los que la propia entidad participó y que actualmente rigen en el país, por lo cual su adopción oficial y única es un imperativo si se piensa en la vulnerabilidad sísmica en la que muchos habitantes

y construcciones pueden encontrarse, aun sin saberlo, ya que los modelos lamentablemente se toman por muchos como la “*verdad revelada*” y por supuesto ello no es así; simplemente se trata de interpretaciones de una realidad física que ha tenido lugar durante cientos, miles y millones de años que han permitido llevar a la conformación geológica – geomorfológica y tectónica prevalente de hoy día, pero cuya dinámica tectónica continúa y en ocasiones genera serios movimientos del terreno con los efectos conocidos que ello puede conllevar.

Por tanto, no es cierto que un modelo sea mejor que el otro porque sea más “*conservador*” como lo plantea el Modelo AIS 300-26 o peor aún, que sea “*inseguro*” persé, a menos que haya sido elaborado con información científica insuficiente o con modelos interpretados en formas *sesgadas*, donde se pierde autonomía crítica y objetividad para terminar en una especie de “limbo” pseudo tecno-científico, donde se piensa que todo lo contrario es malo y lo que meridianamente se parece a lo propuesto es bueno o al menos aceptable. Primero se debe reconocer que todo trabajo intelectual, aunque conlleve a resultados distintos es respetable porque se le dedicó tiempo, energía y hasta pasión por lo hecho, pero ello no es suficiente para validar los fundamentos sobre los que se soportan los resultados.

Es el caso de la amenaza sísmica en Colombia que inicialmente fue estudiada por grandes hombres de la ciencia y la técnica, hasta allegar los primeros códigos de construcción sismorresistente que resultaron muy valiosos para modernizar al país que estaba transitando de una construcción ciertamente desprovista de requerimientos técnicos mínimos para afrontar la realidad del medio tectónico colombiano a unas edificaciones diseñadas y construidas con las provisiones necesarias para ese propósito, siempre teniendo en mente la protección prioritaria de la vida humana seguida por la necesidad de preservar los activos.

Las actualizaciones de las normas sismorresistentes que continuaron no solamente ampliaron los requerimientos técnicos sino que a la vez ampliaron los enfoques requeridos, *p.e.* desde la gestión del riesgo que implica construir en zonas de peligro sísmico, lo cual es función directa principalmente del conocimiento que se tenga de la amenaza sísmica y su potencial de ocurrencia mediante eventos que puedan conllevar afectaciones tanto en vidas humanas como en las propias edificaciones e infraestructuras. Aquí es donde el modelo de amenaza sísmica se convierte en la herramienta más importante para la provisión adecuada de la seguridad frente a movimientos fuertes del terreno, es por ello que este trabajo busca mostrar, inicialmente en forma cruda y elemental, las principales diferencias en los modelos de interés para luego emitir juicios de valor basados en la información allegada por cada uno en donde se pueda establecer con claridad que aun frente a resultados aparentemente “*similares*” la base de información sísmica y su tratamiento marcan la diferencia entre lo que podría referirse como una especie de “*índice de confiabilidad*” del modelo de amenaza sísmica, que se va a tratar de establecer al final del capítulo de Conclusiones.

En primera instancia en términos puramente del **Contenido** se encuentra que mientras el [MNAS] se desarrolla integralmente en un documento magistralmente conformado y editado a lo largo de 310 *pp.*, tratando las temáticas de: *Sismicidad, Datos Básicos, Modelos de Fuentes Sísmicas, Selección de Ecuaciones de Atenuación, Cálculo de la Amenaza Sísmica, y los Resultados del Estudio de Amenaza Sísmica*, además de un sinnúmero de Anexos que incluyen desde: *Catálogos Sísmicos, Bases de Datos de Movimiento Fuerte hasta los Resultados de Amenaza Sísmica y la Descripción del Sistema de Consulta del Modelo y de los Resultados de la Amenaza Sísmica*; mientras tanto, el Modelo AIS 300-26, se desarrolla en un documento relativamente simplificado, con serios problemas de edición, pasando por: *la Metodología de Evaluación, Modelo de Amenaza del Comité AIS 300, Propuesta de Espectros de Diseño*, así como Anexos sobre: *Catálogo Sísmico Depurado, Plataforma SAGA, Espectros de Diseño para Capitales de Departamento y Metodología de Simulación de Acelerogramas*.

Es decir mientras en un documento la amenaza sísmica con todos sus componentes se desarrolla a lo largo de 146 *pp.* de las 310 *pp.* hasta los resultados del estudio de amenaza sísmica, no de espectros de diseño, el otro documento, aunque denominado estudio de amenaza sísmica, realmente se enfoca en el componente de los coeficientes sísmicos, relegando el análisis de la amenaza a 33 *pp.* de las 128 *pp.* que se extiende. Más allá de esta simple cuenta, al revisar el contenido con la mayor profundidad posible para quien no es geocientífico pero que hace el esfuerzo intelectual por comprender y verificar lo desarrollado, es evidente que el modelo de amenaza sísmica al final no es relevante para AIS 300 ya que su enfoque de *coeficientes óptimos* prevalece a la hora de plantear una serie de observaciones que buscan demeritar el nivel del [MNAS] haciéndolo parecer un modelo “*inseguro*”.

Lo antes expuesto resulta contradictorio con otras afirmaciones sueltas en el Modelo AIS 300-26 en donde se plantea que ambos modelos tienen “*resultados similares*” cuando lo que se evidencia con el presente análisis es que si acaso llega a haber similitudes en los niveles de amenaza sísmica, ello sería puramente coincidencia ya que los modelos de fuentes sísmicas, especialmente las **tipo volumétrica** para cerrar áreas en torno a fuentes lineales asociadas a fallas activas, cuyo nivel es contrastado de diversas formas y mediante protocolos debidamente estructurados y planificados para el tratamiento adecuado de las fuentes sismogénicas; algo similar procede con las ecuaciones de atenuación o predicción del movimiento fuerte del terreno, su validación y contrastación con el catálogo sísmico que permite verificar los parámetros y coeficientes involucrados en las ecuaciones, como posteriormente en la distribución de la amenaza sísmica y los resultados que desde la óptica de la amenaza probabilista suponen transparentar los grados de incertidumbre que normalmente se asocian a esta clase de análisis.

Las comparaciones que AIS 300-26 supuestamente plantea con el [MNAS] del SGC® (2026) no tiene ningún sustento objetivo ya que parten de la consigna de que “*Dicho estudio provee resultados similares a los presentados en la sección 3.5 de este informe*”, refiriéndose a los resultados que el estudio AIS genera, es decir, por una parte, ni son realmente “*similares*” sino que difieren en gran medida porque la amenaza sísmica en roca resulta similar apenas en una mínima fracción de las capitales departamentales evaluadas, ya que los modelados tectónicos, las fuentes sismogénicas, sus tratamientos, las ecuaciones de atenuación y los modelados de la amenaza sísmica uniforme son completamente diferentes a las de AIS, y de otra parte, porque lo que se compara es únicamente los resultados de los modelos espectrales con base en métodos diferentes, que tampoco fueron aplicados por los autores originales como en el caso del denominado **SSS** (por las tres instituciones de carácter técnico – científico como lo son el SGC y las Sociedades Colombianas de Geotecnia – SCG e Ingenieros – SCI), sino por autores externos que recientemente modelaron los **coeficientes espectrales**, supuestamente con base en el modelo [MNAS] del SGC® mediante los **modelos basados en riesgo**, que es el que supuestamente emplea el **Modelo SSS**, no el [MNAS] porque dicho modelo no llega a diseño, adelantados por Montejo et al. (2026).

En cuanto al **mapa de intensidades máximas observadas** se tiene que ambos modelos trabajan fundamentalmente con el mismo tipo de información que es data pública generada por el SGC® hasta el año 2015 y por ende las diferencias estarían más a la hora de hacer ciertas “*depuraciones*” que trata AIS 300-26, lo cual no queda resuelto en el documento, mientras que el del SGC® si desarrolla absolutamente todos los análisis y tratamientos de las Bases de Datos tanto de movimientos fuertes como a su vez de fallas activas. Dichos tratamientos a juicio del Autor de este análisis resultan magistrales y lo suficientemente detallados para sustentar los resultados subsiguientes en la modelación.

De otra parte, en cuanto al **modelo de fuentes sismogénicas** el Autor planteó con detalle las múltiples diferencias entre uno y otro modelo, el rigor científico con el que SGC® desarrolló este aspecto en particular y el novedoso tratamiento que se dio al tema, incluso con el apoyo científico de la Fundación GEM®, por lo cual no es claro cómo AIS plantea, con base en los trabajos de Montejo et al. (2026), grupo de la misma Fundación GEM®, que los resultados del [MNAS] no parecieran lo suficientemente contundentes para los propósitos de la evaluación.

Es así como, ni los trabajos de Montejo et al. (2026) logran desestimar los resultados del [MNAS] del SGC® (2020) ya que de fondo llegan a la conclusión de que para efectos de la modelación de *coeficientes espectrales* el modelo de amenaza sísmica resulta poco menos que relevante y lo único que plantean al respecto es un agradecimiento al grupo de trabajo del SGC® que compartió abierta y generosamente toda la información de base para hacer su trabajo, sino que los análisis adelantados son exclusivamente sobre la aplicación de dos métodos para la determinación de *coeficientes sísmicos de diseño*, explícitamente el denominado *basado en riesgo* (Tasa de Colapso Uniforme, *RTGM*) y el de *diseño óptimo*. Vale aclarar que Montejo et al. (2026) no modelan el **Modelo SSS** sino que con base en el [MNAS] modelan los coeficientes de diseño mediante estos dos métodos, encontrando que en unas ocasiones un resultado pareciera ser “*mejor*” con un método que con el otro, llegando a la conclusión de que “*los resultados muestran cómo pueden emplearse de manera complementaria para fundamentar normas sismorresistentes orientadas simultáneamente a la seguridad y la eficiencia*”, es decir se requiere de ambos métodos para sopesar los propósitos de la evaluación sísmica para *diseños óptimos*.

Hay un aspecto relevante en la definición de las fuentes sismogénicas tipo falla activa que mostraría un “*error*” en el Modelo AIS, que viene desde los modelos de amenaza sísmica iniciales del país pero que subsiste en cuanto a un supuesto lineamiento de falla que llega a Arauca (Arauca) cuando en los modelos tectónicos validados por el SGC® ese lineamiento no aparece, por tanto los resultados de ambos modelos para esta capital departamental son sustancialmente diferentes y ello no es justo para con dicha ciudad; solicitamos desde aquí una revisión profunda al respecto para que se corrija en donde tenga que corregirse en pro de que la ciudadanía de Arauca conozca mejor el nivel de riesgo sísmico al que está expuesta.

Sobre las **ecuaciones de atenuación** se comprobó el tratamiento relativamente pobre que se da al respecto en el Modelo AIS ya que no solamente las familias de ecuaciones parece insuficiente, sino que para todas los ambientes sismogénicos se emplea una misma formulación (Bernal & Cardona, 2019) sobre la base de su “*aplicación*” para Colombia, pero que al consultar el documento original pues evidencia una forma particular de comprender modelos de fuentes desarrollados previamente por otros autores (Campo de aceleraciones de Brune, 1970, ampliada y generalizada por Singh et al., 1989), en donde refieren a otros documentos previos de Bernal (2014) y Bernal y Cardona (2015), “*pinponeando*” así la solución de fondo, aunque en el documento de 2021 publicado por la UNGRD, en donde no solamente se basa en un “*nuevo modelo de amenaza sísmica de Colombia*” desarrollado como parte del proyecto ASLAC (Amenaza Sísmica de América Latina y El Caribe) sino que se propone el *Método de Coeficientes Óptimos* para Colombia vs. el basado en riesgo (*RTGM*), en donde aparece como ecuación de atenuación la de Bernal (2014), actualizada en 2019 por Bernal y Cardona, entonces realmente es difícil hacer un seguimiento serio al respecto.

Los resultados de la modelación sísmica realizada por el SGC® (2020) llega a los **espectros de amenaza uniforme**, enfoque no compartido por AIS 300 pero que finalmente se debe tratar en mesas técnicas ampliadas a diversos actores, evitando en cualquier caso que la solución responda a un sector estrecho de la problemática en cuestión, sin dejar de lado el propósito fundamental que es la salvaguarda de la vida humana de los ciudadanos, por tanto

más allá de las diferencias en resultados de evaluación e incluso de la parametrización del espectro, para el Autor del presente documento lo tiene contar con un modelo de la sismicidad del país consistente con su realidad física tectónica de modo de reflejar el peligro que puede llegar a representar un modelo de menor calidad, sin contar con otros efectos que dicha tectónica, principalmente pueda llegar a inducir como lo es toda la problemática relacionada con los regímenes de esfuerzos prevalentes en las diversas regiones del país, lo que viene significando serias dificultades por deformaciones y fallas a las obras de ingeniería (Torres, 2026 en *Método Sugerido para Evaluar Estados de Esfuerzos en Macizos Rocosos y Depósitos de Suelos (con propósitos de mejoramiento de las fases previas en los Estudios, Análisis y Diseños de Obras de Infraestructura en Colombia)*).

Finalmente, dentro de los análisis complementarios que no hacen parte del Modelo de Amenaza Sísmica y por tanto deben considerarse por fuera del comparativo, AIS 300 propone una comparación con los resultados de una propuesta de *Coefficientes de Diseño* elaborada por el SGC, la SCG y la SCI (SSS), de la cual el Autor de esta nota colaboró como Coautor, que se basa fundamentalmente en Coeficientes de Sitio según la definición del perfil de suelos para diseño sismorresistente discretizado con base en V_{S30} , considerando que el país cuenta con un modelo de distribución de este parámetro pues resulta más consistente trabajar con ella vs. el *Modelo de Coeficientes Sísmicos* que propone AIS 300.

Lo anterior no implica que el [MNAS] del SGC® (2020) ostente parámetros de sitio, sino que parte de la amenaza sísmica del SGC® expresada complementariamente con este parámetro como insumo para la modelación de la amenaza sísmica espectral, con resultados muy distintos a los del Modelo AIS 300-26 que se enfoca esencialmente en el estudio para propósitos del espectro de diseño; ello debe ser cuidadosamente considerado ya que dicho método NO ha sido validado por ninguna autoridad o ente nacional y por ende no puede emplearse como normativa de diseño estructural, so pena de incurrir en una especie de *ilegalidad* al estar fuera del marco de aplicación de lo aprobado para edificaciones por la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcción Sismorresistente (CAP).

Cuando se pretende mediante dicho análisis demeritar el [MNAS] del SGC® (2020) lo que se logra es validarlo ya que los resultados de las modelaciones realizadas tanto por AIS como por autores como Montejo et al. (2026) del GEM®, es que el Modelo del SGC® no interfiere para nada en los resultados para diseño, porque además así fue su propósito desde el comienzo y en cambio se plantea que un tratamiento híbrido en donde se logre una envolvente de ambos métodos, el de *Diseño Basado en Riesgo (RTGM)* y el de *Coefficientes Óptimos*, aunque sobre dicho modelo aún subsisten serias incertidumbres que deben ser resueltas primero antes de, si quiera, pensar en su adopción, así sea parcial.

Conforme a todo lo expuesto, el Autor solicita una intervención inmediata de las autoridades competentes y que entre tanto no se resuelvan de fondo algunas de las incertidumbres aquí planteadas se suspenda temporalmente la aplicación de cualquier modelo de amenaza sísmica contrario al del SGC® (2020) por considerarlo ciertamente “*inseguro*” para el territorio colombiano y se obligue de inmediato su aplicación en todo tipo de diseño sismorresistente, mientras que para los coeficientes de diseño sísmico se establezca una Subcomisión de la CAP para los propósitos específicos de la evaluación y promoción de la reglamentación que resulte aplicable hacia adelante.

8.0 Recomendaciones

El Autor plantea algunas recomendaciones con miras a “*desenredar la pita*” que se formó en torno al tema del Modelo de Amenaza Sísmica para Colombia y un subproducto de su aplicación que son los Coeficientes Espectrales para diseño sismorresistente. En el primer caso,

se ha podido evidenciar que estrictamente la obligación de generar el modelo de sismicidad y otras amenazas de origen geológico es del resorte legal de la entidad que en el país fue designada con recursos públicos para ello, esto es el Servicio Geológico Colombiano – SGC®. Por supuesto el hecho de que el SGC® sea el ente responsable, de entrada no implica un modelo de amenaza sísmica con rigor científico y lo suficientemente soportado para que con las debidas reservas pueda ser utilizado para todos los propósitos que de él se puedan derivar, pero como se demostró en este documento comparativo, no solamente cumple con los requerimientos y procedimientos más excelsos en la materia, sino que refleja en forma contundente la realidad física tectónica del país como para poder *confiar* plenamente en sus resultados, sin que ello implique una *patente de corso* sino que requiere revisión continua y una actualización permanente dadas las dinámicas de los procesos geológicos descritos. Por su parte, el Modelo AIS 300-26, no solamente se trata en forma sucinta sino que deja muchas dudas por las incertidumbres que ostenta y en la práctica no se hace ningún aporte de nuevo conocimiento al modelo sísmico como lo conocemos hoy en día, por lo cual su *confiabilidad* se ve muy limitada ya que termina ajustándose la amenaza sísmica para hacerla compatible con resultados previamente obtenidos respecto de los *Coeficientes Espectrales para Diseño Sismorresistente*, aspecto éste que el Modelo del SGC® no desarrolla.

En segunda instancia, se recomienda ampliamente revisar de fondo y con la colaboración de grupos multidisciplinarios y multisectoriales que en el país puedan tener intereses en la temática de la vulnerabilidad sísmica de las construcciones, para que conjuntamente se planteen, desarrollen y adopten metodologías consensuadas para establecer coeficientes espectrales de diseño sismorresistente, que partiendo de un único y reconocido modelo de sismicidad para el territorio colombiano, sobre la base de que se mantenga actualizado y si se requiere introduzca nuevos procedimientos de análisis y conocimiento de la sismicidad que se desarrollen a nivel mundial, logren considerar de una vez por todas requerimientos asociados tanto a *Diseño Basado en Riesgo*, con un enfoque más participativo de la sociedad y no pensando en que la institucionalidad es la única que tiene la última palabra al respecto, sino que coparticipen las instituciones de las diversas ramas, la industria, la academia, los gremios especializados y representantes idóneos de las ciudadanías, como a *Diseño Óptimo*, que bien comprendido e igualmente con múltiples participantes se puedan adoptar criterios menos singularizados o determinísticos, para cubrir las diversidades de las regiones del país, los prototipos estructurales, la condición física de las estructuras, niveles reales de amenaza sísmica esperada, daños o pérdidas esperadas, la evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el *Modelo Nacional de Riesgo Sísmico de Colombia* y otros desarrollos, con miras a que si se requiere medidas como la transferencia del riesgo al sistema asegurador, NO implique de entrada tener que “subir” la amenaza sísmica en forma astronómica de modo que dicho sector quede “cubierto”, cuando de base se cuenta con un modelo de sismicidad que no refleja el mayor nivel de conocimiento geocientífico con el que se cuenta actualmente en Colombia, sin contar con las nuevas TIC como con la inteligencia artificial – IA de soporte.

Finalmente, no sobra recomendar que las autoridades competentes tomen cartas en el asunto ya que está de por medio condiciones de “*inseguridad sísmica*” subsistentes, dado que se masifican documentos tanto en medio análogo como digital para el procesamiento de información sísmica y el diseño sismorresistente que peligrosamente posan de “*normativos*”, pero que por las características de la institucionalidad no se pueden emplear hasta tanto sean debidamente aprobados de conformidad con la Ley, pero que igualmente su dilación en el tiempo constituye un factor de peligro en caso de presentarse un evento sísmico extremo.

La reciente propuesta gubernamental para regular y formalizar el uso del Modelo Nacional de Amenaza Sísmica [MNAS] del SGC® (2020) se recibe con gran expectativa, pero debe avanzarse rápidamente hacia una reorganización del Sistema Sísmico Nacional para que todos

los actores e involucrados puedan coparticipar en los análisis, estudios, hallazgos y métodos que mejor apliquen, con soporte científico y técnico armonizados con las realidades del país y no como una declaración *unipersonal* respecto de una temática tan relevante para Colombia como lo es la sismicidad y fundamentalmente el riesgo sísmico. Si bien se dice reconocer a aquellos *prohombres* que aportaron desinteresadamente al conocimiento de la sismicidad en Colombia, es hora de abandonar egos y percepciones unipersonales para avanzar hacia una verdadera ciencia al servicio del país y sus regiones.

9.0 Declaración de conflicto de intereses

El Autor declara que sus únicos conflictos de interés, si es que ellos aplican, son haber participado como Jurado del Premio Nacional de Ingeniería que otorgó la SCI al [MNAS] del SGC® (2020), que lo único que le permitió fue conocer de fondo su planteamiento y rigor científico con el que fue elaborado; adicionalmente, que colaboró como Coautor del **Modelo** denominado **SSS** para la evaluación de los Coeficientes de Diseño Sismorresistente, juntamente con el SGC, la SCG y la SCI. Igualmente, declaro mi interés por ser reconocido explícitamente como uno de los Coautores de la actualización del Título H – Estudios Geotécnicos (*acogido totalmente por AIS*) y parcialmente del Título A – Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismorresistente, Capítulo A.2 – Zonas de Amenaza Sísmica y Movimientos Sísmicos de Diseño (*rechazado completamente por AIS*) de la NSR que fue apropiado por AIS 100-24 y hace parte de dicho documento el cual se enajena libremente sin que se reconozcan regalías por derechos de autor como correspondería conforme a la Ley. Las opiniones aquí expuestas no comprometen a las instituciones o entidades con que trabajo actualmente o las he representado en el pasado.

10.0 Principales fuentes consultadas

Arcila, M. García, J., Montejó, J., Eraso, J., Valcarcel, J., Mora, M., Viganò, D., Pagani, M. y Díaz, F. (2020). “*Modelo nacional de amenaza sísmica para Colombia*”. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano y Fundación Global Earthquake Model. ISBN digital: 978-958-52794-6-9. <https://doi.org/10.32685/9789585279469>.

Resolución Número D-080 (25 de febrero de 2020). “*Por medio de la cual se adopta el Modelo Nacional de Amenaza Sísmica de Colombia y se implementa su sistema de consulta*”. <https://amenazasismica.sgc.gov.co/>.

Comité AIS 300. (2026) “*Documento AIS 300-26: Modelo de Amenaza Sísmica de Colombia. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS*”.

NSR-10 (2010). “*TÍTULO A – Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente*”. República de Colombia.

Visor del geoportal del SGC: <https://www2.sgc.gov.co/sgc/mapas/Paginas/geoportal.aspx>

Visor del Mapa Geológico Suramericano del SGC: <https://srvags.sgc.gov.co/jsviewer/GMSA/?page=Page&views=Map-Layers#data s=id%3Awidget 12 output config default geocode 0 0-widjet 7-view in table-1~widjet 12 output config default geocode 0 0%3AO>

Norma de Diseño de Puentes LRFD – CCP14 (2014). “*Sección 3. Cargas y Factores de Carga*.” INVIAS y Mintransporte: <https://www.invias.gov.co/publicaciones/4154/documentos-tecnicos/>.

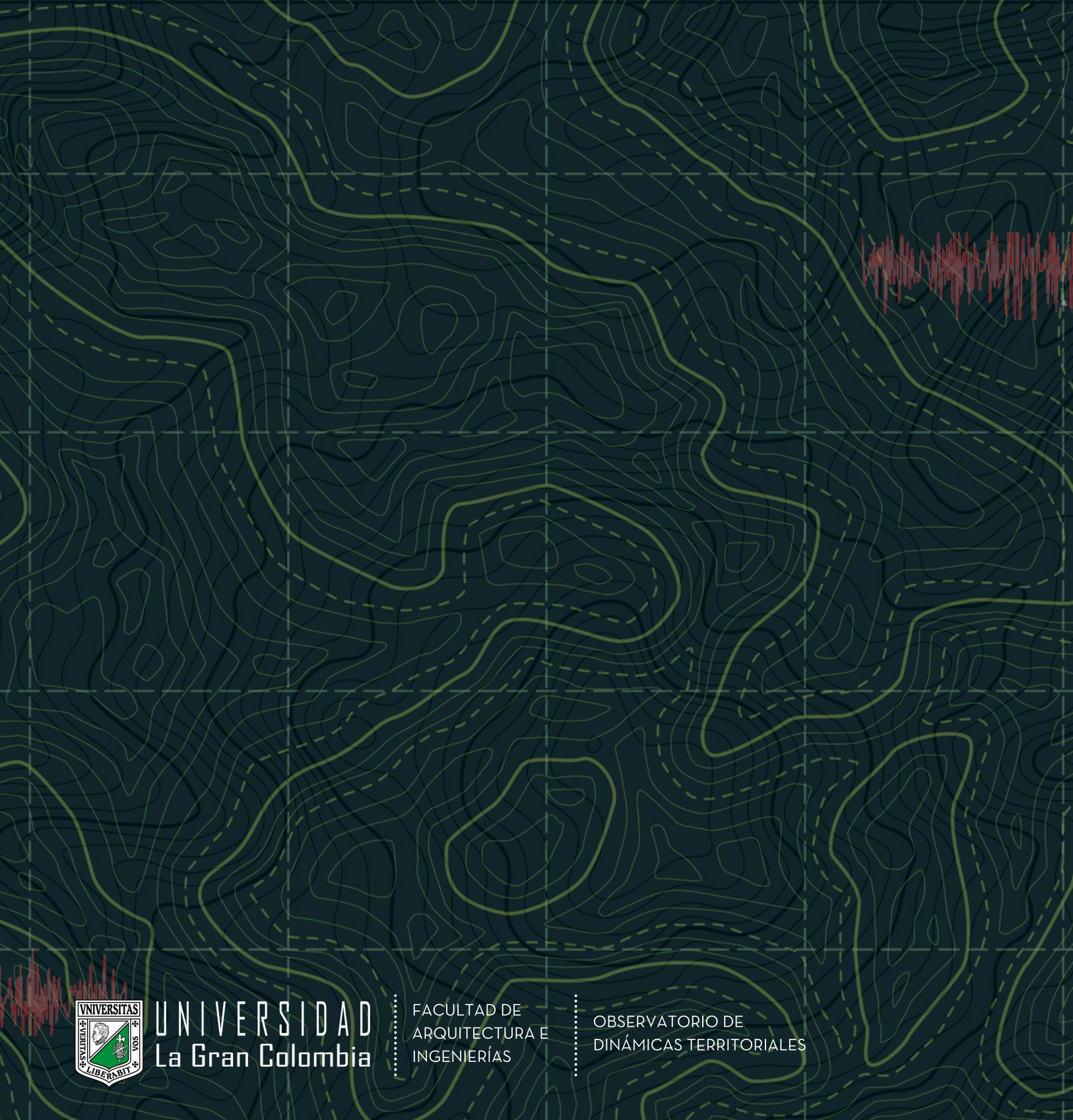
- Bernal y Cardona (2019). “*Ajuste de un Modelo de Espectro de Fuente y sus aplicaciones en la modelación de la Amenaza Sísmica y el Campo Cercano en Colombia*”. Memorias del IX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. AIS – Universidad del Valle.
- Bernal y Cardona (2021). “*Actualización de los coeficientes sísmicos de diseño estructural para la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente NSR*”. Memorias de: Comisión Nacional Asesora para la Investigación en Gestión del Riesgo de Desastres (CNAIGRD) (Eds.). *Investigaciones en gestión del riesgo de desastres para Colombia. Avances, perspectivas y casos de estudio*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Bogotá, Colombia. 384 p. ISBN (Obra digital): 978-958-5509-19-1.
- Díaz et al. (2024) “*Propuesta SSS de Coeficientes Sísmicos de Diseño para Colombia*”. Presentación realizada en el XVIII Congreso Colombiano de Geotecnia. SCG.
- Montejo et al. (2026) “*Nota sobre la definición de demandas sísmicas para el diseño de edificaciones en Colombia*”. *Geofísica Internacional* (2026) 65-3: 2239 – 2250. <http://doi.org/10.22201/igeof.2954436xe.2026.65.3.1899>
- Torres S., M.C. (2011). “*Efectos de los ciclos de carga–descarga y humedecimiento–secado en el comportamiento geomecánico de rocas lodosas de los Andes Colombianos*”. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.
- Torres S., M.C. (2026). “*Método Sugerido para Evaluar Estados de Esfuerzos en Macizos Rocosos y Depósitos de Suelos (con propósitos de mejoramiento de las fases previas en los Estudios, Análisis y Diseños de Obras de Infraestructura en Colombia)*”. Trabajo presentado como producto del período sabático 2025-2S en la UN. *Inédito*.

DOCUMENTOS DE ANÁLISIS TERRITORIAL
Observatorio de Dinámicas Territoriales

Esta publicación hace parte de una serie orientada a la circulación de análisis académicos y técnicos sobre fenómenos, procesos y transformaciones que inciden en el territorio. Los Documentos de Análisis Territorial buscan propiciar el diálogo interdisciplinario, la lectura crítica de la información y la generación de conocimiento útil para comprender y orientar las dinámicas territoriales.



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

FACULTAD DE
ARQUITECTURA E
INGENIERÍAS

OBSERVATORIO DE
DINÁMICAS TERRITORIALES

DOCUMENTO DE ANÁLISIS TERRITORIAL NO. 01 | 2026

ODT-DAT-001-2026
AGOSTO-2026