

ENSEÑANZAS GEOLÓGICAS DEL DOBLETE SÍSMICO DE LA GUAIRA DE 2026: IMPLICACIONES DEL MODELO TECTÓNICO DE LA CUÑA DE EL ÁVILA

Roque GARCÍA RUIZ¹

RESUMEN

Este ensayo analiza los factores geodinámicos, morfotectónicos y geotécnicos vinculados al doblete sísmico de La Guaira del 24 de junio de 2026 (S1 Mw 7.2 y S2 Mw 7.5), fundamentado en evidencias empíricas de campo y mediciones de Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR NISAR). A partir del desplazamiento coseísmico de 60 cm identificado en el cerro El Ávila y los contrastes morfobatimétricos entre los flancos este y oeste del Aeropuerto Internacional de Maiquetía, se formula el modelo geotectónico de la «Cuña de El Ávila». Este mecanismo conceptualiza al macizo como una traba estructural entre la falla de El Ávila y la zona transformante de San Sebastián, capaz de acumular tensiones en sentido este-oeste. La ruptura inicial en Yaracuy transfirió esfuerzos que desencadenaron, 32 segundos después, la falla catastrófica en Maiquetía. La interacción ortogonal del tren de ondas (P de S1 con P/S de S2) explica la severa heterogeneidad del daño, acentuada por amplificación espectral y licuación, esto último en suelos aluviales, al pie de los abanicos coluviales como Caraballeda y Playa Grande. Se sugiere que la masiva liberación energética del doblete de 2026, acoplada al precedente histórico de 1812, induce un desfase temporal secular para eventos destructivos de magnitud equivalente. Finalmente, se destaca el valor estratégico del monitoreo InSAR como herramienta fundamental para la gestión integral de riesgos geotécnicos y alerta temprana en relieve montañoso.

ABSTRACT

Geological Insights from the 2026 La Guaira Seismic Doublet: Implications of the El Ávila Structural Wedge Tectonic Model

This study investigates the geodynamic and geotechnical factors of the June 24, 2026 La Guaira seismic doublet (S1 Mw 7.2 y S2 Mw 7.5), integrating field observations with satellite InSAR (NISAR) data. Based on a 60 cm coseismic displacement across the El Ávila massif and morphobathymetric contrasts around Maiquetía Airport, we propose the "El Ávila Structural Wedge" tectonic model. This block acts as a rigid structural lock between the El Ávila fault and the San Sebastián transform zone, accumulating east-west strain until failure. Rupture in Yaracuy induced stress transfer that triggered catastrophic failure off Maiquetía 32 seconds later. Orthogonal wavefield interference (P-waves from S1 with P/S-waves from S2) explains damage heterogeneity, amplified by liquefaction and site effects in Caraballeda and Playa Grande colluvial fans. The massive energy release, coupled with the 1812 precedent, suggests a secular recurrence interval for major events. Finally, high-precision InSAR monitoring is highlighted as an essential tool for regional hazard mitigation.

Palabras clave: Doblete sísmico de La Guaira de 2026, Cuña de El Ávila, falla de San Sebastián, interferometría InSAR, respuesta de sitio, recurrencia sísmica.

Keywords: 2026 La Guaira seismic doublet, El Ávila structural wedge, San Sebastián fault, InSAR interferometry, Site response, Seismic recurrence.

INTRODUCCIÓN

A raíz del reciente terremoto del 24 de junio de 2026, que afectó a La Guaira y Caracas, se presenta este trabajo con el objetivo de ampliar las observaciones sobre el desastre con base en la abundante información existente y las enseñanzas geológicas. En la actual era de observaciones espaciales mediante Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR) a través de la misión satelital NISAR (NASA-ISRO), los resultados obtenidos pueden servir de base para la prevención de eventos similares.

Numerosos reportes se han generado sobre el terremoto ocurrido en Venezuela el 24 de junio del presente año a las 6:04 p.m., el cual afectó con fuerza el área norte-central del país, causando amplios destrozos en La Guaira y, en menor proporción, en el área de la capital, Caracas. Las investigaciones de los especialistas relacionan los efectos sísmicos con dos eventos: un primer sismo en Yaracuy de magnitud Mw 7.2, y otro ocurrido unos 32 segundos después, de magnitud Mw 7.5, localizado al norte del Aeropuerto Internacional de Maiquetía. (Consultar las páginas de la NASA y USGS sobre el sismo de La Guaira de 2026). En la Figura 1, tomada de la página de la USGS, se muestran las características de ambos sismos, así como su intensidad.

¹ Ingeniero geólogo. Profesor de la Universidad Católica Andrés Bello. Vicepresidente de la Sociedad Venezolana de Geotecnia

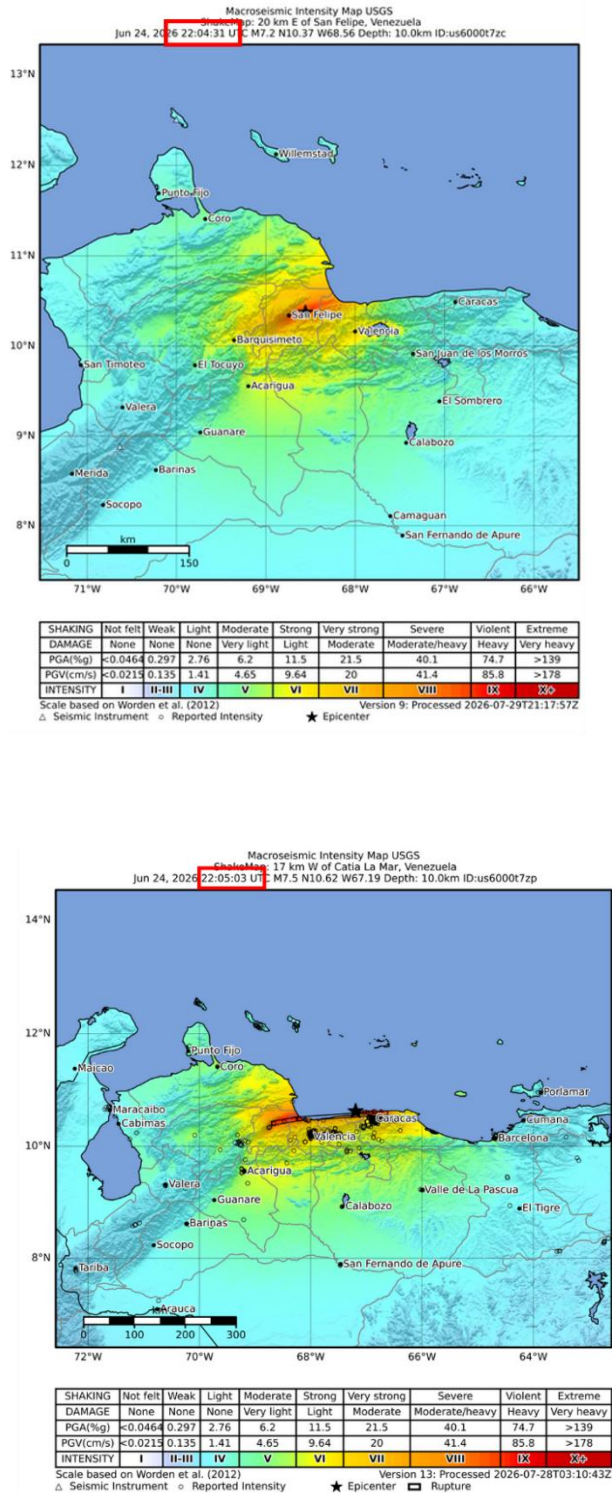


Figura 1. Resumen de los sismos ocurrido el 24 de junio de 2026, tiempo entre eventos 32 s. Tomado de la página USGS

El primer sismo se localiza en el sistema de fallas de Boconó. El segundo, en la denominada falla geológica de San Sebastián, cuya traza, de dirección este-oeste, es paralela a la costa y se ubica, por lo general, en el mar, a una distancia variable del litoral. Ambas fallas constituyen el contacto entre la placa tectónica del Caribe y la placa tectónica Sudamericana. Estos sistemas de fallas no deben considerarse como líneas únicas, sino como una amplia zona de deformación activa que recorre la costa norte de Venezuela y que, hacia el oeste, se adentra en el relieve montañoso de los Andes (Véase la Figura 2).

Las placas tectónicas abarcan millones de kilómetros cuadrados y, como se ha demostrado, constituyen grandes áreas de la corteza terrestre que se han ido desplazando durante más de 100 millones de años desde un único continente, lo cual es observable con evidencias topográficas y geológicas en cualquier mapamundi. Las placas ponen en contacto distintos tipos de rocas bajo un complejo panorama de franjas litológicas que, en general, se orientan paralelas a los denominados contactos de placas. Al visualizar cualquier plano geológico asociado a escala mundial, las fallas se registran como líneas de trazo negro que parecieran representar una línea única, pero a escala detallada aparecen numerosas líneas paralelas que, por lo general, controlan la expresión topográfica.

En el área de La Guaira, a lo largo de un segmento de costa no mayor a 40 kilómetros, los efectos del sismo no resultaron uniformes en las distintas poblaciones existentes, presentándose zonas de destrucción baja, media y alta (Véase la Figura 3)



Figura 2. Plano de FUNVISIS, con la delimitación de las placas del Caribe y Sudamericana.



Figura 3. Intensidad de daños a lo largo de la costa de La Guaira, y en la parte norte de Caracas.

Resulta impresionante la cantidad de edificaciones destruidas en las áreas de Playa Grande y Caraballeda. Llama la atención que, entre estas dos localidades, específicamente entre las quebradas de Cariaco y El Cojo, así como en Naiguatá, ubicada a una distancia no mayor a 12 kilómetros hacia el este, no se observen daños de la misma intensidad o con la misma densidad de edificaciones afectadas. No obstante, se destaca

que las áreas de playa debieron ser sometidas a efectos de licuación.

En las imágenes proporcionadas por la NASA (2026), donde se evalúan los desplazamientos del terreno, se registra un máximo de 60 centímetros. Al oeste, y a lo largo de unos 40 kilómetros de costa hacia Puerto Cabello, destaca una delgada

franja paralela a la línea de costa con un ancho no mayor a los 500 metros. Otro desplazamiento del terreno, con un ancho de unos cinco (5) kilómetros, se delimita al sureste de Maiquetía, en el cerro El Ávila, con una longitud de unos 20 kilómetros,

formando una especie de óvalo alargado con desplazamiento coseísmico relativo hacia el oeste, tal como se muestra en la Figura 4.

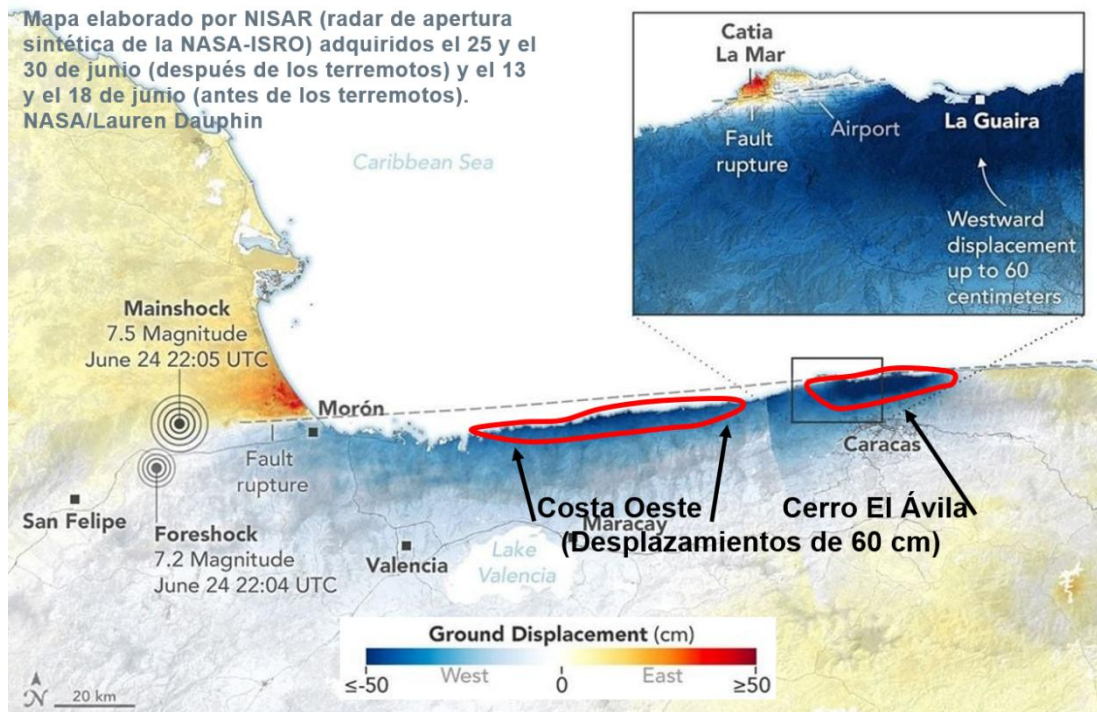


Figura 4. Mapa de desplazamientos del terreno, proporcionado por la NASA.

El sector del aeropuerto, que incluye una extensa zona residencial al norte, se caracteriza fisiográficamente por ser una amplia meseta de aproximadamente 3.5 km de ancho por 5 km de longitud, sobre la cual se emplaza la pista de aterrizaje. Esta meseta delimita la posición y orientación de la línea de costa, rasgo observable que, junto a otras condiciones geomorfológicas de interés, evidencia una historia geológica reciente de miles de años. En su flanco oeste, destacan laderas escarpadas hacia el mar con ausencia de conos coluviales, y la presencia de zonas de playas limitadas exclusivamente a las desembocaduras de los ríos. Hacia el este, por el contrario, los conos coluviales son claramente visibles y las playas en las desembocaduras de los ríos se extienden por largos kilómetros.

El desarrollo de un sismo depende del movimiento a través de una ruptura en la corteza terrestre que involucra un volumen determinado, considerando tanto su ancho como su profundidad. La estimación de este volumen de corteza afectada está directamente relacionada con la magnitud del sismo y su profundidad focal. En la Tabla 1 se presenta un resumen de la ubicación y la estimación de la masa afectada, correspondientes al sismo de Caracas de 1967 y a los dos sismos de La Guaira de 2026, consolidando la información conjunta de FUNVISIS, NASA y USGS. Resulta notable destacar que la longitud de la masa afectada por el Sismo 2 (M_w 7.5) es similar a la distancia epicentral entre ambos eventos telúricos.

Tabla 1. Valores comparativos de la ubicación y estimación de la masa de la corteza terrestre afectada, para los sismos de 1967 y 2026. FUNVISIS, NASA, USGS

	Terremoto de Caracas del 29 de julio de 1967	Primer evento sísmico de La Guaira del 24 de junio de 2026	Segundo evento sísmico de La Guaira del 24 de junio de 2026
Magnitud	6.5 a 6.6 M_w	7.2 M_w	7.5 M_w
Epicentro	Litoral Central, aproximadamente a 20 km al noroeste de Caracas	Estado Yaracuy (cerca de San Felipe y el municipio Veroes, sobre la falla de Boconó).	Costa del estado La Guaira / Mar Caribe (frente a Catia La Mar y al noroeste de Caracas, sobre la falla de San Sebastián).

Profundidad	Estimada entre 10 y 16 km	20.3 km	10 km.
Hora	8:05 p.m.	6:04 p.m.	30 –39 segundos después del primero
Coordenadas	10° 33.6' N, 67° 19.8' O	10° 26.1' N, 68° 28.32' O	10° 37.32' N, 67° 11.64' O
Ubicación		Aproximadamente 28 km al sureste de Yumare (estado Yaracuy) / zona limítrofe con Carabobo.	Aproximadamente 17 km al oeste de Catia La Mar
Dimensiones del plano de falla	Longitud (L): Estimada en 33.3 km (ruptura progresiva paralela a la falla de San Sebastián).	Sin información oficial	130 km
	Ancho (W): Estimado en 10.5 km.		15 km
	Profundidad influenciada (H): 14.1 km hasta 8.6 km de la superficie, cubriendo una franja vertical efectiva de unos 10 km.		10 km
Masa afectada	≈ 3.495,5 km ³	Sin información oficial	≈ 19,500 km ³

En la actualidad, los satélites constituyen una red de vigilancia permanente, cuyas observaciones y mediciones deben relacionarse con los distintos aspectos geológicos y geomorfológicos de la superficie terrestre. Esta integración de datos permite el desarrollo de modelos geotécnicos complejos que faciliten la previsión o la mitigación de los efectos sísmicos. A la vista de los datos, el desplazamiento indicado por la NASA

en el cerro El Ávila evidencia una brusca liberación de esfuerzos hacia el oeste en un volumen importante del macizo rocoso, los cuales debieron de estar en proceso de acumulación durante un prolongado lapso.

Hipótesis, Objetivos y Alcances del Ensayo

Objetivo General:

Evaluar e integrar las evidencias geológicas, geomorfológicas, geotécnicas y los datos InSAR del terremoto del 24 de junio de 2026, con la finalidad de formular un modelo geotectónico integrado que explique la mecánica de ruptura del doblete sísmico, la variabilidad espacial de los daños y sus implicaciones en la recurrencia histórica de grandes eventos en la franja norte-central de Venezuela.

Hipótesis de Trabajo:

Tomando en cuenta las deformaciones coseísmicas de 60 cm detectadas por InSAR, los espesores sedimentarios y el marcado contraste morfobatimétrico a ambos lados del Aeropuerto de Maiquetía, se plantea como hipótesis que el bloque montañoso del cerro El Ávila actúa como una **cuña estructural rígida («Cuña de El Ávila»)** restringida entre el sistema de fallas homónimo y la zona transformante de San Sebastián. Esta cuña funcionó como una traba o freno tectónico que acumuló tensiones en sentido este-oeste; el primer sismo en Yaracuy (S1, M_w 7.2) actuó como el disparador de esfuerzos que desencadenó, 32 segundos después, el destrabamiento catastrófico y la respuesta elástica de la cuña en el sismo de Maiquetía (S2, M_w 7.5). En consecuencia, la magnitud de la energía disipada por este doblete sísmico (que se suma al antecedente de 1812) aleja la posibilidad de un nuevo evento destructivo de proporciones similares en la región durante un periodo de escala secular.

Estructura del Aporte:

- Caracterización de los Sistemas Estructurales:** Análisis comparativo de la continuidad litológica y espesores de zona de falla en el sistema Boconó y San Sebastián.
- Control Geológico y Batimétrico:** Interpretación de la asimetría de laderas, profundidades marinas e inestabilidad de masas.
- Cinemática de Ondas del Doblete:** Modelación del patrón de interferencia temporal y espacial de ondas P, S y superficiales.
- Respuesta de Sitio y Geotecnia:** Evaluación de la respuesta dinámica en la terraza del aeropuerto y en los conos coluviales de Caraballeda.
- Validación del Modelo Tectónico «Cuña de El Ávila»:** Formulación cinemática del bloque e implicaciones en el reacomodo de réplicas y prevención sísmica.

LAS PLACAS TECTÓNICAS Y LAS FALLAS GEOLÓGICAS.

Desde los fundamentos básicos de la geología, las fallas geológicas se definen como fracturas en la corteza terrestre a lo largo de las cuales ha ocurrido un desplazamiento relativo. En la divulgación general, el término suele utilizarse casi exclusivamente al reportar la ocurrencia de sismos destructivos. En el caso del evento de La Guaira de 2026, la actividad se vincula con la dinámica del sistema de la falla de San Sebastián, el cual, en continuidad cinemática con el sistema de la falla de Boconó, constituye el límite transformante entre la placa del Caribe y la placa Sudamericana. Como se ilustra en la Figura 2, el contacto entre ambas placas se caracteriza por un movimiento relativo dextral; esto implica que,

independientemente del bloque desde el cual se observe, el bloque opuesto se desplaza horizontalmente hacia la derecha.

Inspecciones de Campo en el Sistema Boconó (1972–1992)

En la cordillera andina venezolana, el diseño, la viabilidad geotécnica y la factibilidad de las principales obras de infraestructura hidráulica proyectadas en los últimos 50 años han estado fuertemente determinados por la presencia del sistema de fallas de Boconó. En la Figura 5 se posicionan varios sitios de obra inspeccionados en el campo entre 1972 y 1992. La descripción de estas evidencias empíricas resulta fundamental para precisar el concepto de «falla geológica» y constatar que su ancho y comportamiento mecánico varían drásticamente según la litología involucrada:



Figura 5. Puntos de interés de distintas obras hidráulicas, relacionadas con la presencia de la falla de Boconó.

Túnel de Yacambú: La factibilidad del aprovechamiento hidráulico del río Yacambú (1972) requirió la excavación de un túnel trasvase que atravesó transversalmente la zona de falla de Boconó en las cercanías de Sanare. En superficie, la expresión geomorfológica de la estructura corresponde a una franja topográfica ondulada y deprimida con respecto al relieve circundante. Las estimaciones de ingeniería previeron una zona de cizalla de aproximadamente **1500 metros de espesor**, dimensión corroborada durante las obras subterráneas. Este amplio dominio estuvo constituido por rocas altamente tectonizadas (filitas, esquistos y meta-areniscas) con intercalaciones de brechas arcillosas e intensos planos de cizallamiento provistos de espejos de falla.

Aprovechamiento Hidroeléctrico Boconó-Tostós: Ubicado a 30 km al suroeste de la ciudad de Boconó (década de 1980), el proyecto contemplaba una presa de 100 m de altura

en un valle estrecho excavado sobre un macizo granítico de alta calidad mecánica. No obstante, la factibilidad técnica fue desestimada debido a las condiciones del vaso de almacenamiento: la margen izquierda estaba dominada por una franja de 10 km de longitud por 300 m de ancho con materiales intensamente fracturados y tectonizados pertenecientes a la traza principal de la falla de Boconó. La inestabilidad de las laderas a lo largo del embalse representaba un riesgo geotécnico inaceptable, a pesar de que en el sitio específico del eje de presa la zona de falla se reducía a una brecha estrecha de un metro entre granitos y esquistos.

Presa José Antonio Páez / Río Santo Domingo: En el sitio de emplazamiento de la presa de arco-bóveda sobre el río Santo Domingo, ubicada a escasos metros de la traza de la falla de Boconó, la estructura se manifestó con un comportamiento radicalmente distinto al de Yacambú. La falla se caracterizó por

un plano subvertical de **menos de un (1) metro de espesor**, compuesto por una brecha granular triturada y fuertemente cementada, la cual ponía en contacto directo los granitos de alta resistencia de la fundación con una secuencia de gneises.

Valle de Barquisimeto y Río Turbio: A nivel regional, la traza de Boconó ejerce un estricto control morfotectónico sobre grandes depresiones. Destaca el extenso valle que alberga a la ciudad de Barquisimeto sobre una amplia terraza, delimitada al sur por la cuenca aluvial por donde divaga el río Turbio, cuyo control estructural se vincula directamente con la falla de Boconó (FUNVISIS). Asimismo, la continuidad del amplio valle que une a Yaritagua, Urachiche, Chivacoa, San Felipe y Morón demuestra el control tectónico sostenido de esta falla, donde la presencia de terrazas y conos coluviales da cuenta de prolongados periodos de estabilidad geológica.

Las observaciones en los Andes confirman que el sistema de fallas de Boconó no se comporta como una fractura homogénea. Sus anchos varían desde unos pocos centímetros en rocas plutónicas cristalinas hasta franjas tectónicas superiores a un kilómetro en secuencias metasedimentarias arcillosas (Schubert et al., 1983).

Extensión Marina: El Sistema de Fallas de San Sebastián

Hacia el dominio marino del mar Caribe, el sistema de Boconó se prolonga en el sistema de fallas de San Sebastián. En la cartografía regional, esta estructura suele representarse mediante una línea continua que delimita el contacto entre las placas Caribe y Sudamericana. Sin embargo, esta representación es una simplificación geométrica, dado que la traza permanece sumergida y no se fundamenta en observaciones de superficie directas.

De manera análoga al sistema andino, San Sebastián no debe concebirse como un plano de falla único, sino como una banda

de deformación activa de al menos 30 kilómetros de ancho compuesta por múltiples trazas discontinuas y paralelas. Si bien la traza principal se grafica mar adentro (a una distancia entre 30 y 40 km de la costa), el perfil rectilíneo del litoral central y sus abruptas pendientes montañosas demuestran la existencia de fallas escarpadas paralelas a la orilla, las cuales conectan cinemáticamente hacia el oriente con los sistemas de los golfos de Cariaco y Paria, integrándose a la falla de El Pilar.

CONTROL GEOLÓGICO DE LA COSTA NORTE Y LA BATIMETRÍA.

El área del Aeropuerto Internacional de Maiquetía y el sector de Playa Grande constituyen unidades geomorfológicas singulares que sobresalen en la línea de costa a modo de un promontorio saliente hacia el mar Caribe, diferenciando a ambos lados dominios morfodinámicos y estructurales claramente contrastantes (Figura 6).

Dominio Occidental (Sector Playa Grande – Puerto Cabello)

Hacia el oeste de Maiquetía, la costa se presenta predominantemente escarpada, interrumpida únicamente por estrechas playas locales confinado al pie de las desembocaduras fluviales. En este tramo costero existen evidencias directas de deformaciones activas en el macizo rocoso; un ejemplo geotécnico representativo se observa en el sistema de aducción de agua potable entre Chichiriviche de la Costa y la planta de tratamiento de Picure, donde tramos de tubería de hasta un kilómetro de longitud están sometidos de forma continua a movimientos del terreno. Estas deformaciones imponen severos efectos de tensión sobre la conducción, provocando roturas recurrentes que exigen trabajos sistemáticos de mantenimiento.



Figura 6. Condiciones geomorfológicas de la costa norte central de Venezuela, estados Vargas, Aragua, Carabobo.

Estructuralmente, el espacio comprendido entre la línea de costa y la traza supuesta de la falla de San Sebastián se encuentra subcompartimentado por una estructura geológica secundaria que delimita un bloque de elevado interés tectónico. Esta estructura muestra continuidad hacia el este con el sistema de la falla de El Ávila, el cual constituye el límite norte del valle de Caracas y discurre a través de la cuenca de la quebrada Tacagua hasta desembocar en el mar por el sector de Catia La Mar.

Dominio Oriental (Sector Maiquetía – Chuspa)

Al oriente de Playa Grande, la costa exhibe un comportamiento fisiográfico distinto. Si bien se observan acantilados locales, el frente montañoso se encuentra interrumpido por la progradación de extensos conos coluviales y amplias franjas de playa vinculadas a las desembocaduras de los principales ríos.

Desde el punto de vista litológico, tanto en Playa Grande como en los sectores de La Sabana, Caruao y Chuspa, destacan secuencias de rocas sedimentarias constituidas por estratos de areniscas, lutitas y conglomerados, intercaladas con horizontes calcáreos con abundante contenido fosilífero. La presencia de estos depósitos evidencia periodos pretéritos de estabilidad tectónica e hidrodinámica en el fondo marino poco profundo.

El contraste entre ambos sectores responde a una asimetría en la evolución geológica regional: mientras que la costa

oriental experimentó fases de relativa estabilidad subsidencia-sedimentación que permitieron la acumulación y litificación de las secuencias sedimentarias, la costa occidental ha estado sujeta a una mayor actividad tectónica y a una dinámica marina erosiva sobre fondos marinos de mayor pendiente.

Análisis de las Cartas Batimétricas del Mar Caribe

La interpretación de las cartas de navegación batimétricas del sector norte-central de Venezuela (comprendido entre Falcón y Miranda, Figura 7) confirma de manera contundente la asimetría geomorfológica observada en tierra firme:

1. **Plomontorio de Maiquetía:** En la línea de costa se observa un descalce u ordenamiento horizontal de unos tres (3) kilómetros entre las alineaciones costeras al este y al oeste del aeropuerto.
2. **Gradiente Batimétrico Oriental:** Hacia el este de Maiquetía, la plataforma continental presenta una pendiente suave, alcanzándose la isóbata de 100 m de profundidad a una distancia superior a los 10 km de la orilla.
3. **Gradiente Batimétrico Occidental:** Hacia el oeste de la terraza del aeropuerto, el fondo marino desciende bruscamente, registrándose elevadas profundidades a muy escasa distancia del litoral como una continuación directa de las laderas montañosas escarpadas.

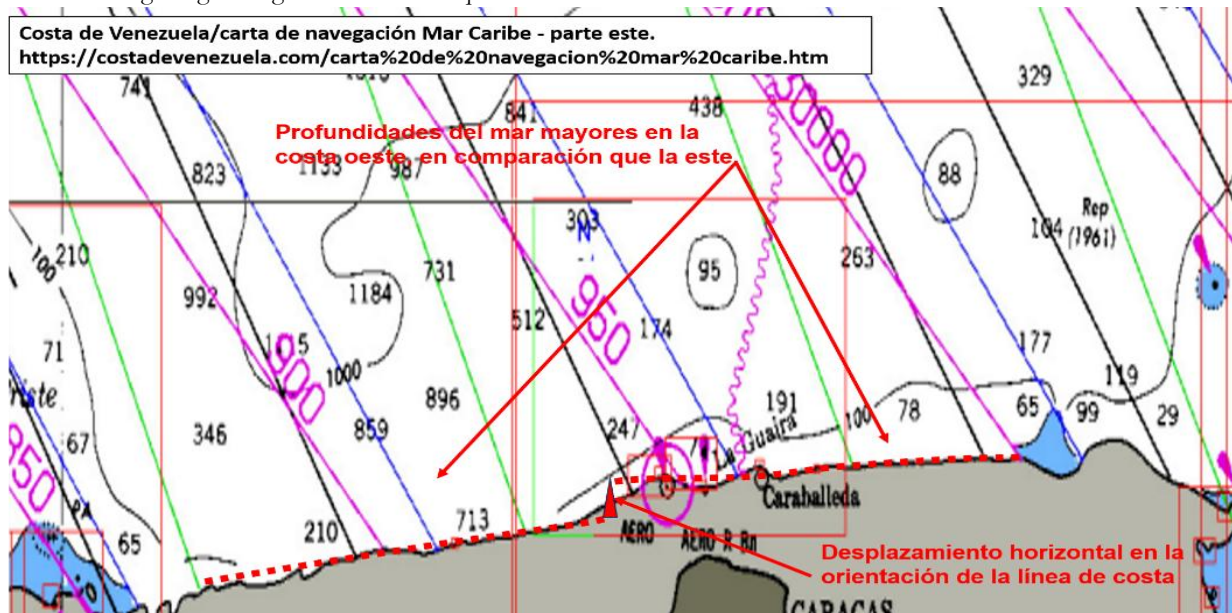


Figura 7. Separata de la carta de navegación del Mar Caribe, abarcando el sector norte central de la costa de Venezuela.

En este marco regional, la traza de la falla de San Sebastián se posiciona mar adentro al norte de la costa, enmarcando la zona epicentral del sismo de La Guaira de 2026. Hacia el sur, la falla geológica de El Ávila delimita el macizo montañoso por el flanco continental, extendiéndose hacia el oriente y cerrando hacia el occidente en el sector donde la cadena montañosa se acuña en dirección a la zona transformante de San Sebastián.

TERREMOTOS 1812, 1967 Y 2026

En la Figura 8 se indican sobre una imagen satelital las localizaciones epicentrales de los terremotos de 1812, 1967 y 2026 al noroeste del Aeropuerto Internacional de Maiquetía. La posición del evento de 1812 es aproximada, fundamentada en las investigaciones de sismología histórica reportadas en la literatura especializada (Altez, 2005; Choy et al., 2010).



Figura 8. Localización de los epicentros de los sismos, 1812, 1967 y 2026, noroeste del aeropuerto de Maiquetía.

El Evento Multiepicentral de 1812

El terremoto del 26 de marzo de 1812, ocurrido en la tarde del Jueves Santo (entre las 3:40 p. m. y las 4:07 p. m.), representó una liberación masiva de energía sísmica sin precedentes en el registro histórico venezolano. Aunque en la tradición historiográfica se le denominó «El Terremoto de Caracas», la simultaneidad de la destrucción en ciudades distantes entre sí, como Caracas, La Guaira, San Felipe, Barquisimeto, El Tocuyo y Mérida, llevó a investigadores pioneros (Fiedler, 1972) y a análisis sismológicos modernos a catalogarlo como una secuencia de sismos múltiples o un fenómeno multiepicentral que activó en rápida sucesión a los sistemas de Boconó y San Sebastián:

1. **Epicentro de la Cordillera de la Costa (Caracas / La Guaira):** Ubicado en el litoral central, ya fuera en el mar o en la franja costera entre Caracas y La Guaira, y asociado al sistema de la falla de San Sebastián. Este evento causó la destrucción masiva de Caracas y el colapso casi total del puerto de La Guaira. Sus coordenadas aproximadas se sitúan alrededor de los 10.5° N y 66.9° O, y los modelos sismológicos modernos (Choy et al., 2007; FUNVISIS, 2010) estiman para este evento una magnitud de momento entre M_w 7.1 y 7.2.
2. **Epicentro de la Región Centro-Occidental:** Localizado en el valle del río Yaracuy, en las cercanías de San Felipe y Barquisimeto, y vinculado a la zona de interacción entre la falla de Boconó y la falla de San Sebastián, próxima a la serranía de Aroa.

3. **Epicentro de los Andes (Mérida):** Situado en las proximidades de la ciudad de Mérida y la cuenca del río Chama, responsable de la destrucción de gran parte de la capital merideña y sus poblaciones circundantes, asociado a la falla de Boconó.

En el plano histórico y político, este fenómeno multiepicentral tuvo una profunda trascendencia al precipitar, entre otros factores, la caída de la Primera República, impulsada por los severos estragos económicos y demográficos, así como por el uso ideológico y propagandístico que el bando realista hizo de la catástrofe.

El Terremoto de Caracas de 1967

De acuerdo con la información institucional de FUNVISIS, el 29 de julio de 1967 a las 8:05 p. m. un terremoto destructor con una magnitud oficial estimada entre M_w 6.5 y 6.7 azotó a la ciudad de Caracas. El evento dejó en ruinas varios edificios de hasta 12 niveles, arrojando un saldo trágico de aproximadamente 283 fallecidos y más de 2000 heridos. La ciudadanía percibió con claridad dos sacudidas principales: la primera y más potente registrada a las 8:05 p. m., seguida por una réplica importante a las 8:43 p. m. Cabe destacar que el Observatorio Cajigal no emitió boletines informativos hasta pasadas las 10:25 p. m., debido a que su sede en La Planicie se encontraba desierta o debió ser evacuada ante el riesgo inminente.

El epicentro se localizó en el mar Caribe, en las coordenadas geográficas aproximadas 10.6° N y 66.9° O, situándose a una distancia estimada de entre 20 y 30 kilómetros al oeste del aeropuerto de Maiquetía.

Además de los severos daños estructurales en la capital, la sacudida provocó una importante inestabilidad de terrenos al sur del lago de Valencia, donde franjas de suelo sufrieron deslizamientos en dirección norte que terminaron sumergidas en la laguna. De igual forma, se registraron múltiples deslizamientos de tierra a lo largo de la Cordillera de la Costa, afectando de manera crítica las carreteras de acceso hacia El Junquito, La Colonia Tovar y Naiguatá.

El Doblete Sísmico de La Guaira de 2026

El 24 de junio de 2026, las regiones noroccidental y centro-norte de Venezuela fueron impactadas por una secuencia sísmica doble de mecanismo de falla de rumbo destrál:

- **Sismo 1 (S1 - Precursor / Detonante):** Ocurrió a las 6:04 p. m. (18:04:31 VET) con una magnitud de M_w 7.2 y profundidad focal de 20.3 km, con epicentro localizado en las cercanías de San Felipe, estado Yaracuy, sobre el extremo oriental del sistema Boconó.
- **Sismo 2 (S2 - Evento Principal):** Desencadenado tan solo 32 segundos después (18:05:03 VET) con una magnitud de M_w 7.5 y profundidad reducida a 10 km, localizado en el mar Caribe, a unos 17 km al oeste-noroeste de Catia La Mar y a 20 km de Maiquetía, sobre la zona de falla de San Sebastián, existiendo una separación epicentral entre ambos epicentros de aproximadamente 140 kilómetros.

Ambos eventos causaron devastación generalizada en el norte del país, registrándose las mayores afectaciones en el estado La Guaira y afectaciones de consideración en el área metropolitana de Caracas. En general se presentaron afectaciones en siete estados: La Guaira, Distrito Capital, Miranda, Aragua, Carabobo, Yaracuy y Falcón. De acuerdo con los reportes oficiales presentados ante la Asamblea Nacional a finales de agosto 2026, el saldo a nivel nacional incluyó 855 edificios severamente afectados, de los cuales 189 sufrieron un colapso total y 666 presentaron colapsos parciales o daños estructurales graves, así como una cifra aproximada de 6500 fallecidos, manteniéndose sin precisar el número de personas desaparecidas.

MECANISMOS DEL DOBLE TERREMOTO LA GUAIRA 2026

El terremoto de La Guaira de 2026 ha sido ampliamente documentado en reportes nacionales e internacionales como un sismo doble. De acuerdo con las publicaciones del USGS, el primer evento ocurrió a las 18:04:31 (hora legal de Venezuela) con una magnitud de M_w 7.2 y epicentro cercano a la ciudad de San Felipe, estado Yaracuy; tan solo 32 segundos después, a las 18:05:03, se registró el segundo evento de magnitud M_w 7.5 en el mar Caribe, a unos 20 kilómetros al noroeste del Aeropuerto Internacional de Maiquetía,

existiendo una separación epicentral entre ambos de aproximadamente 140 kilómetros.

En la Figura 9 se plantea un modelo del mecanismo desencadenado, el cual sugiere que no se trató de dos terremotos independientes, sino de una única liberación de energía que generó dos pulsos sísmicos principales separados por un intervalo de 32 segundos. Bajo esta hipótesis, se habría inducido un proceso de acumulación de tensiones a lo largo de una franja paralela o coincidente con el sistema de la falla de San Sebastián, cuya ruptura inicial se produjo en el denominado Sismo 1. Esta rápida redistribución de esfuerzos en una masa rocosa que se encontraba al límite de su resistencia provocó la falla subsiguiente en el Sismo 2, situado en el extremo opuesto, implicando una velocidad de propagación de la liberación de tensiones de 4.375 m/s.

La zona de ruptura total abarcó una franja estimada entre 130 y 175 km de longitud por 20 a 30 km de ancho, extendiéndose a profundidades focales de entre 10 y 15 km. Las evidencias geodésicas y sismológicas confirman que ambos eventos estuvieron físicamente acoplados dentro del mismo marco tectónico.

Generación de ondas por el doblete sísmico

Las vibraciones generadas en el epicentro de un sismo se propagan mediante una secuencia caracterizada por distintas velocidades y modos de deformación. En primer lugar se transmiten las ondas primarias o compresionales (P), las cuales presentan la mayor velocidad de propagación y un movimiento de carácter longitudinal (se comprimen y expanden a la manera de un resorte); aunque suelen ser las menos dañinas para las edificaciones, su llegada temprana actúa como una señal de alerta previa. A continuación arriban las ondas secundarias o de cizalla (S), cuyo movimiento transversal en forma de zigzag somete a las estructuras a importantes esfuerzos de corte. Finalmente, cuando las ondas P y S alcanzan la superficie terrestre, se originan las ondas superficiales (Rayleigh y Love): las primeras avanzan en el plano vertical simulando el movimiento ondulatorio del mar, mientras que las segundas se desplazan horizontalmente en un patrón serpenteante. Por su severo impacto y por el efecto de corte que imponen directamente sobre los sistemas de fundación, las ondas superficiales son catalogadas como las más destructivas (Udías y Buforn, 2017).

En la Figura 10, el epicentro S1 (M_w 7.2) se origina por la fractura de la corteza terrestre y la consecuente liberación de tensiones en el macizo rocoso, proceso que muestra continuidad hacia el epicentro S2 (M_w 7.5), cuya magnitud se asocia a una longitud de fractura del orden de los 140 km, equivalente a la distancia entre ambos epicentros. El desfase temporal de 32 segundos entre los dos eventos corresponde a una velocidad de propagación de la fractura cortical de 4375 m/s.

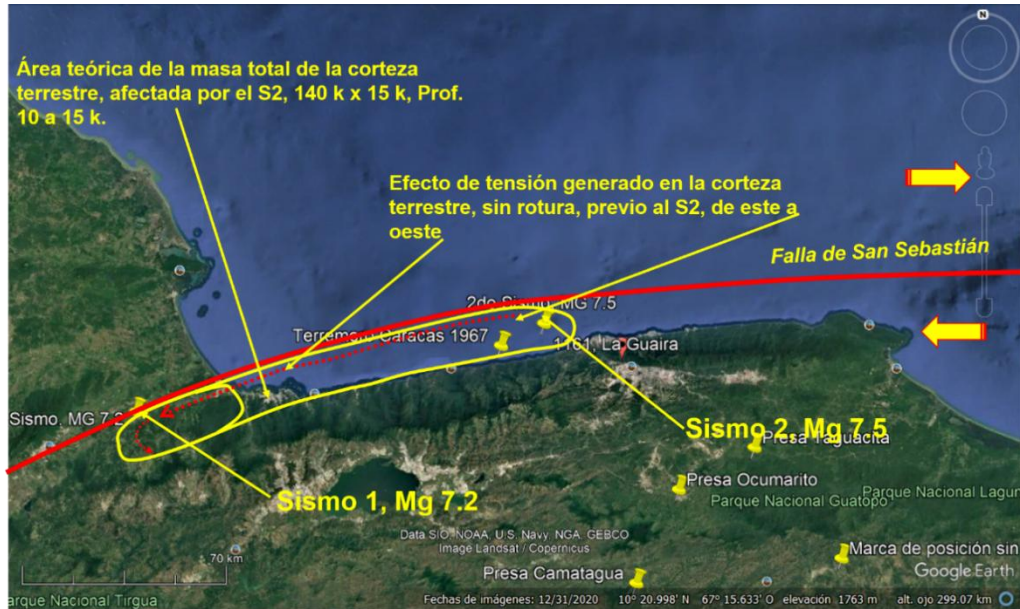


Figura 9. Esquema del desarrollo del sismo doble. Efecto de tensión límite de la placa tectónica se desarrolló de este a oeste, y que una vez que ocurre el Sismo 1, ocurre la grieta en la corteza terrestre hacia el Sismo 2.

Por su parte, las ondas primarias (P) del sismo S1, generadas a una profundidad de entre 10 y 15 km, se desplazan a una velocidad aproximada de 6000 m/s, alcanzando las zonas afectadas en un tiempo no mayor a 23 segundos. Las ondas secundarias (S) del mismo sismo S1, con una velocidad superior a 4000 m/s, arriban en un lapso no superior a los 35 segundos. Al registrarse la ruptura del sismo S2 a los 32 segundos, la cercanía de su epicentro a La Guaira y Caracas hace que el tiempo de llegada de sus ondas primarias sea casi inmediato (estimado en unos 5 segundos), por lo que las ondas P del sismo S2 inciden en menos de 37 segundos, coincidiendo de forma ortogonal con el arribo de las ondas S del sismo S1.

En síntesis, la secuencia temporal en la zona afectada se caracteriza por la llegada de las ondas P (S1) a los 23 s, seguida a los 35 s por las ondas S (S1) e, inmediatamente, por la superposición de las ondas P y S de S2 hacia los 40 s, antecedendo al arribo de las ondas superficiales. De este modo, las estructuras estuvieron sometidas inicialmente a las ondas P del primer sismo en sentido oeste-este; a continuación, sufrieron el efecto combinado de las ondas S (S1) y P/S (S2) en dirección norte-sur (con probables componentes hacia el sureste); y, finalmente, recibieron el impacto de las ondas superficiales de ambos eventos. Esta compleja interacción provocó en el terreno y en las edificaciones un movimiento ondulatorio acoplado con un patrón de avance en forma de «ocho» o infinito.

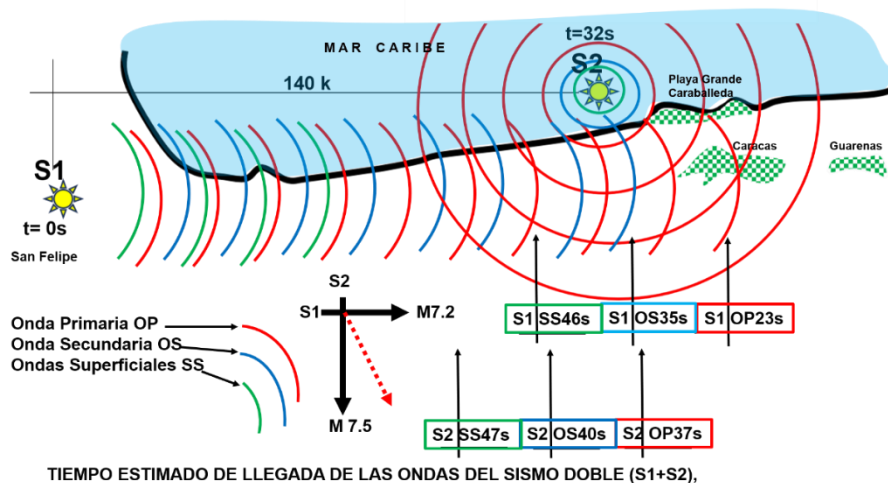


Figura 10. Tiempo estimado de la llegada de las ondas del sismo doble. Impactos de las ondas OP-S1, a los 23s, seguida entre los 35 a 40s de las OP-S2+OS-S1. A partir de los 45s llegan las ondas SS de los sismos S1 y S2.

Desplazamiento del terreno

El mapa elaborado mediante la técnica InSAR por el equipo científico de la misión NISAR (NASA-ISRO) en el Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL), a partir de interferogramas adquiridos entre el 13 y el 30 de junio de 2026,

muestra los patrones de deformación coseísmica de la superficie terrestre producidos por el doblete sísmico de La Guaira (NASA, 2026; Figura 11). En dicha cartografía, las zonas de mayor gradiente azul identifican un desplazamiento horizontal máximo del terreno de 60 centímetros hacia el oeste, asociado al movimiento de la placa Sudamericana.

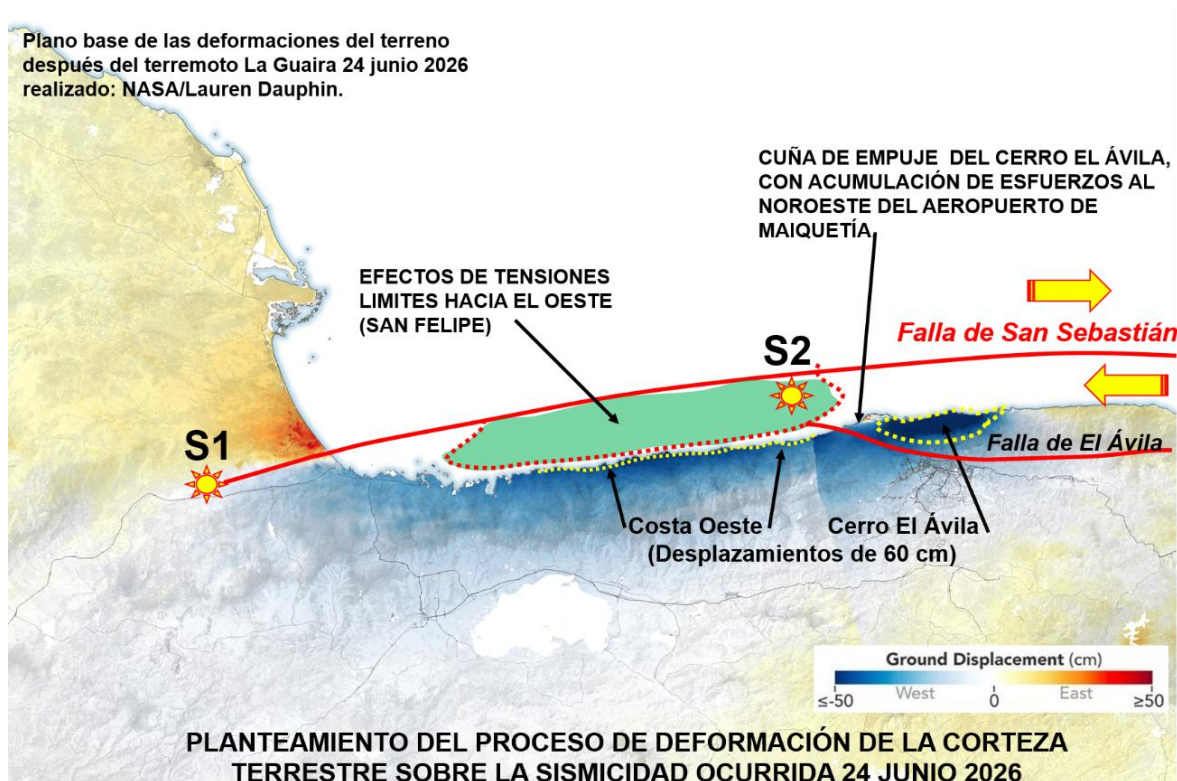


Figura 11. Esquema del proceso de deformación de la corteza terrestre sobre la sismicidad ocurrida en LA Guaira y Caracas el 24 de junio 2026.

El análisis interferométrico revela dos franjas principales de deformación de especial significación geotectónica:

1. **Franja Litoral Occidental:** Se extiende a lo largo 40 km de costa en dirección a Puerto Cabello con un ancho no mayor a 500 m, registrando el desplazamiento horizontal del terreno paralelo a la traza sur del sistema transformante de San Sebastián.
2. **Óvalo de Deformación de El Ávila:** Se delimita al sureste de Maiquetía, abarcando el macizo de El Ávila en un dominio de aproximadamente 20 km de longitud por 5 km de ancho. Este patrón ovalado marca una concentrada liberación elástica del macizo montañoso hacia el oeste, disminuyendo progresivamente en magnitud hacia el sur y hacia el este.

Por su parte, las franjas marcadas en tono blanco al este (sector del Aeropuerto de Maiquetía) y al oeste (sector de Morón) corresponden a valores de desplazamiento horizontal

mínimo o nulo, definiendo geoméricamente los límites de contorno de la zona de ruptura profunda del plano de falla.

Inestabilidad de Laderas y Control Estructural en El Ávila

La reactivación telúrica produjo intensos fenómenos de inestabilidad de laderas a lo largo del frente montañoso de la Cordillera de la Costa. Estos deslizamientos superficiales obedecen a la degradación de la resistencia al corte en los perfiles de meteorización (suelos residuales, coluvios locales y roca descompuesta) ante las elevadas aceleraciones del terreno.

Geomorfológicamente, la masa del cerro El Ávila limita con el valle de Caracas mediante una abrupta escarpa tectónica controlada por la falla de El Ávila. A lo largo de esta traza se aprecian facetas triangulares bien desarrolladas en los espolones montañosos (Figura 12), rasgos característicos que evidencian el control de falla geológica. Durante los trabajos de excavación para la construcción de la Avenida Boyacá (Cota Mil) en las décadas de 1960 y 1970, el trazado expuso brechas de falla arcillo-arenosas que confirman la presencia de esta banda de cizalla.



Figura 12. Trazo aproximada de la falla de El Ávila, que limita el relieve abrupto de la cordillera de la Costa del valle de Caracas. Ejemplo de facetas triangulares que se reconocen a todo lo largo de la traza de falla

Asimismo, durante la construcción de la Avenida Boyacá (Cota Mil) en la década de 1960–1970, las excavaciones para fundaciones de estructuras expusieron brechas arcillo-arenosas vinculadas a dicha actividad tectónica. Este sistema de fallas de El Ávila ejerce un control topográfico en dirección al valle de la quebrada Tacagua hacia su salida al mar, donde el relieve montañoso finaliza en forma de cuña topográfica entre la terraza del aeropuerto y el sistema de fallas, proyectándose hacia la zona de la falla de San Sebastián (Figura 11). Finalmente, el desplazamiento ovalado de la superficie en El Ávila analizado por la NASA (2026), el cual se manifiesta distante del epicentro, puede explicarse por la acumulación de deformaciones reprimidas en la zona de fallas de San Sebastián, las cuales fueron liberadas durante el sismo S2 mediante un reajuste de tensiones, posiblemente de carácter elástico, en el macizo rocoso.

Consideraciones geológicas de las áreas afectadas.

Aunque la cobertura gráfica sobre el desastre provocado por el doblete sísmico en La Guaira y Caracas muestra un panorama de devastación heterogénea, las inspecciones in situ permiten constatar una importante variabilidad espacial en la respuesta de los terrenos. En una misma franja litoral se observa la coexistencia de edificaciones colapsadas junto a estructuras que permanecieron en pie con daños menores. Zonas de daño moderado o leve, como La Guaira y Macuto, colindan con sectores de destrucción severa como Playa Grande, Camurí Chico y Caraballeda, mientras que en poblaciones situadas más al este, como Naiguatá, la densidad de afectación estructural resultó notablemente menor.

A continuación, se describen los aspectos geológicos de dos sectores con elevado nivel de destrucción: Playa Grande —área vinculada al Aeropuerto Internacional de Maiquetía— y Caraballeda. Dicho análisis interpreta elementos geológicos fundamentados en las prácticas del curso Introducción a la Geología de Campo impartido en 1967, previo al terremoto que impactó a Caracas en ese mismo año y que marcó un importante hito en la formación de los estudiantes de ingeniería de la época.

Aeropuerto de Maiquetía y sector Playa Grande

Durante las actividades académicas de la carrera de Ingeniería en la Universidad Central de Venezuela en 1967, se realizó una salida de campo al sector de Mare y Playa Grande como parte de la asignatura Introducción a la Geología de Campo, cuyas observaciones geomorfológicas se rescatan en la presente investigación. En aquella oportunidad se examinó por primera vez una secuencia de estratos horizontales consolidados de areniscas, lutitas y conglomerados que condicionaban un escarpe topográfico, el cual se iniciaba a nivel del mar y ascendía hasta la cota de 60 m s. n. m., culminando en una extensa terraza. El recorrido a lo largo de la quebrada Las Pailas permitió identificar una secuencia Blanquecina con abundancia de fósiles que se extendía hacia el sur, la cual entraba en contacto con la secuencia horizontal mediante una falla geológica que constituyó el foco principal de la inspección, caracterizada por una delgada brecha con un espesor no superior a los 10 centímetros.

Por su parte, el área donde se emplaza la actual pista principal del aeropuerto correspondía a depósitos coluviales de origen terrígeno con un espesor aproximado de 20 metros. A partir de

estas memorias de campo de hace seis décadas y con el apoyo de imágenes de Google Earth (Figura 13), se han plasmado las cotas topográficas actuales y la red de drenaje que originalmente cortaba el relieve de la amplia explanada sobre la cual se erigen hoy las instalaciones del Aeropuerto Internacional de Maiquetía.

Hacia el este destaca el antiguo cauce de la quebrada Las Pailas, el cual fue canalizado por debajo de la pista principal del aeropuerto, mientras que hacia el oeste se ubica otro cauce orientado inmediatamente al sur de la pista, con una

profundidad cercana a los 25 metros a la altura de la cabecera, que en la actualidad cuenta con canalización superficial para el drenaje del sector. Al norte y por encima de la línea de costa sobresale una extensa superficie plana a modo de terraza (situada a la cota 55 m s. n. m.), sobre la cual se erigieron numerosos edificios que resultaron casi en su totalidad destruidos o severamente afectados por el sismo. Al sur de esta terraza se aprecia una fila alargada paralela a la pista con cotas cercanas a los 90 m s. n. m., delimitada por un extenso talud de corte de pendiente suave de donde se extrajeron los materiales empleados en la conformación del área del aeropuerto.



Figura 13. Imagen Google Earth del área del aeropuerto de Maiquetía y en la parte norte el área de Playa Grande, donde se han indicado las cotas actuales y cauces originales.

Se elaboró una sección geológica generalizada, para el sector oeste, con una escala exagerada 4(V):1(H), basada en las

observaciones geológicas de hace 60 años, pero adaptada a las condiciones actuales (Figura 14).

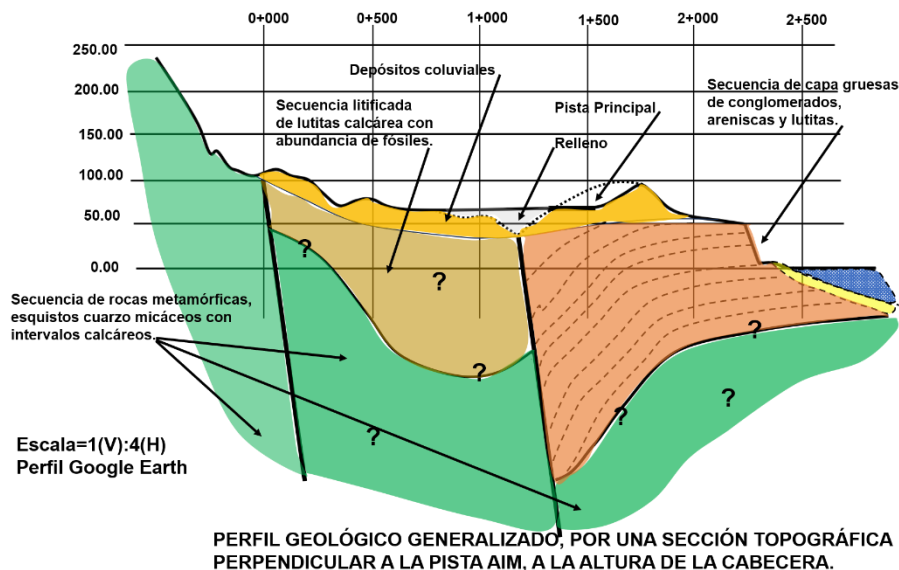


Figura 14. Perfil Geológico Generalizado, por una sección topográfica perpendicular a la pista internacional de aterrizaje, a la altura de la cabecera oeste.

En dicha sección se interpretan condiciones geológicas locales representadas por un relieve plano o terraza sustentado por una secuencia de rocas sedimentarias, delimitado al sur por un macizo montañoso de fuerte pendiente dominado por esquistos. Al pie de la montaña discurre la avenida hacia Catia La Mar, a cuyo margen sur se emplazan edificaciones residenciales de cinco pisos y estructuras comerciales que exhiben daños leves o nulos, lo cual genera un marcado contraste con la devastación observada en Playa Grande, inmediatamente al norte del aeropuerto y a una distancia en sentido norte-sur no mayor a los 2500 metros.

El área de Maiquetía se encuentra delimitada al sur por las abruptas pendientes del macizo rocoso correspondiente al pie de monte de la Cordillera de la Costa, las cuales contrastan fuertemente con la topografía acordonada en forma de meseta sobre la que se emplaza el aeropuerto; este relieve puede asimilarse en sección transversal como un cuerpo alargado y de escasa elevación bordeado por el mar Caribe. Dicha configuración evidencia la presencia de controles estructurales

por fallas geológicas, observables tanto en los contactos litológicos entre secuencias sedimentarias como al pie del macizo montañoso.

Origen de las grietas en la pista de aterrizaje

En la zona de servicio de la pista principal del aeropuerto se reportó el desarrollo de grietas longitudinales trazadas en zigzag, abiertas y ligeramente deprimidas. Si bien atribuir las a la traza directa de la falla de San Sebastián es una hipótesis preliminar, la evaluación geomorfológica sugiere mecanismos alternativos o combinados (Figura 15):

1. La respuesta dinámica de la terraza coluvial y sus rellenos ante la deformación ondulatoria del tren de ondas sísmicas (onda S_P oeste-este seguida por el pulso norte-sur de S_2).
2. El efecto de descompresión tectónica y liberación de esfuerzos elásticos asociado al avance cinemático de la cuña de El Ávila.

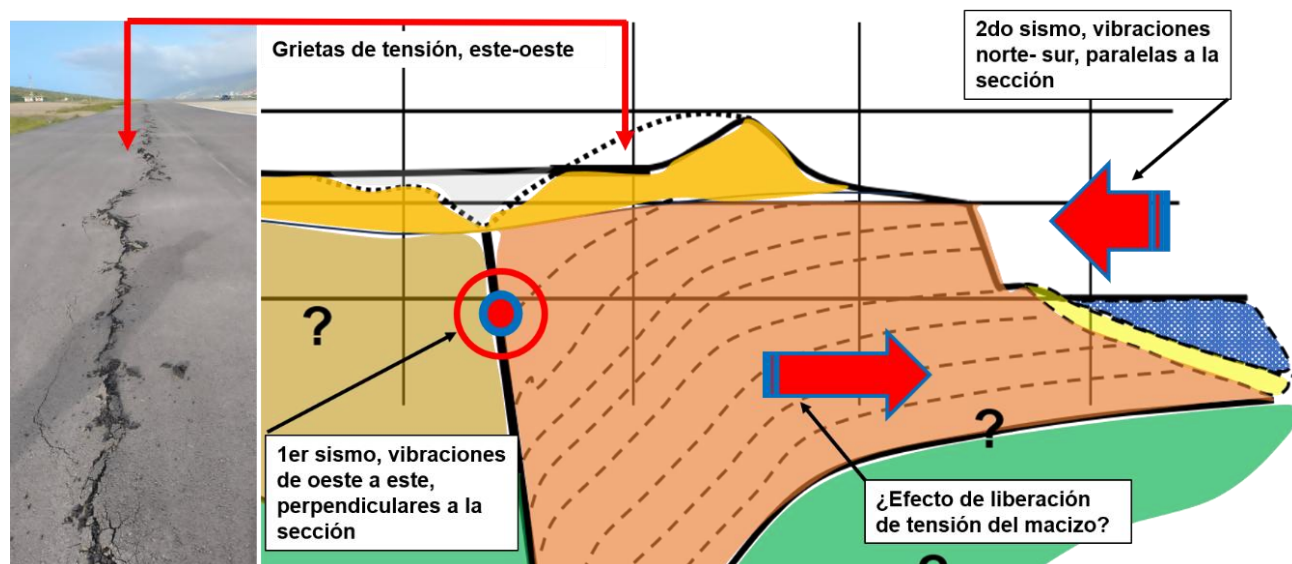


Figura 15. Mecanismos asociados a las grietas longitudinales a la pista, debido al movimiento terreno por desplazamiento de las ondas, en conjunto con liberación de tensiones asociados al desplazamiento del terreno.

Camurí Chico- Caraballeda

El sector comprendido entre Camurí Chico y Caraballeda representó uno de los focos de mayor severidad en daños a

infraestructuras. Esta franja costera corresponde geomorfológicamente a un extenso cono de deyección aluvial/coluvial asociado a la cuenca del río San Julián y del río Grande (Figura 16).

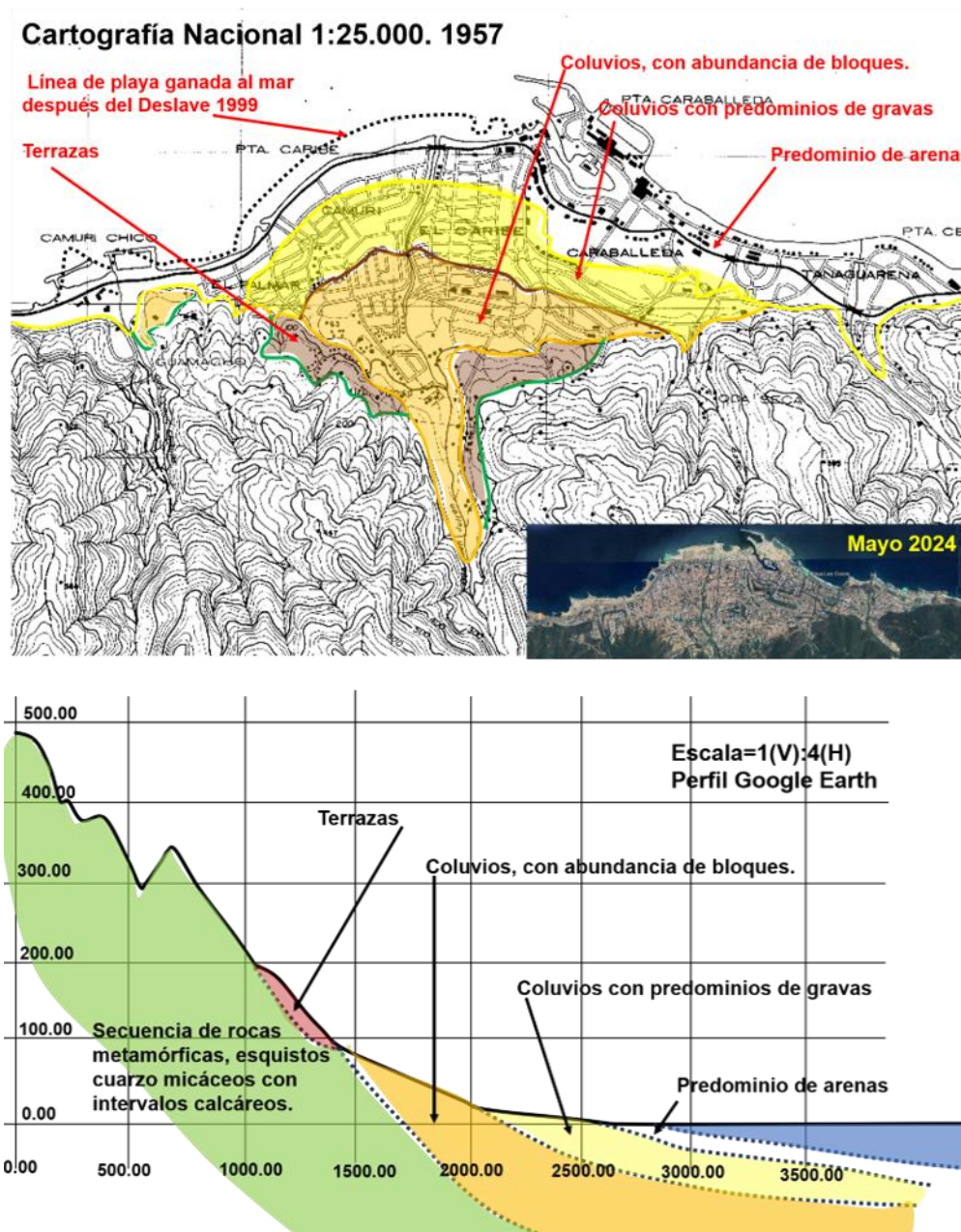


Figura 16. Relieve topográfico con curvas de nivel en forma de amplio abanico, que define el cono coluvial del área de Caraballeda. En la parte inferior perfil geológico generalizado.

Se trata de una zona densamente poblada cuya línea de costa fue modificada por el deslave de 1999 al ganar más de 100 metros mar adentro. Esta nueva franja litoral fue posteriormente aprovechada para el desarrollo de balnearios y una amplia avenida costanera.

Al comparar la base topográfica de Cartografía Nacional de 1957 con imágenes de 2024 en el sector de Caraballeda (Figura 16), se evidencia una notable expansión urbana caracterizada por el asentamiento de altas edificaciones sobre el abanico coluvial. La geomorfología del área corresponde a un típico cono de deyección asociado a la cuenca del río San Julián,

constituido por materiales coluviales provistos de alta densidad relativa debido a su proceso de deposición hidráulica; sus pendientes varían desde un 20 % en el pie de monte hasta suavizarse progresivamente al aproximarse al plano aluvial reciente que limita con el mar Caribe. Por su parte, la cuenca del río Grande, de dimensiones similares e inmediatamente al este, exhibe un valle en «V» cuya descarga al mar se caracteriza por un plano aluvial de matriz gravo-arenosa con abundancia de bloques y peñones. En el perfil longitudinal trazado al este del río San Julián [escala 4(H):1(V)] se aprecian variaciones de pendiente condicionadas por el predominio de fracciones gruesas en la secuencia, así como un nivel de terraza a la cota

200 m s. n. m. que podría guardar relación genética con los depósitos antiguos descritos en el sector del aeropuerto.

En este sector, la severidad del daño respondió al fenómeno de amplificación de ondas sísmicas en depósitos coluviales no consolidados, así como a la ocurrencia de procesos de licuación local de suelos en la franja aluvial reciente ganada al mar. El elevado impulso sísmico, acoplado a la interferencia directa de las ondas de corte y superficiales sobre depósitos saturados de gran espesor, acentuó la vulnerabilidad estructural del área; esto derivó en efectos de destrucción sensiblemente mayores a los observados en las zonas donde la roca metamórfica firme se localiza a escasa profundidad.

MODELO TECTÓNICO Y SU RELACIÓN CON EL DOBLETE SÍSMICO LA GUAIRA 2026.

El evento del doble sismo tuvo lugar en el límite transformante entre las placas del Caribe y Sudamericana, caracterizado por un movimiento de cizalla dextral a lo largo del amplio sistema de fallas de San Sebastián, el cual no debe concebirse como un trazo rectilíneo único, sino como una extensa zona de deformación y desplazamiento activo que discurre en sentido paralelo a la costa norte de Venezuela. En el contexto de la geodinámica y de la respuesta del terreno, la presente investigación otorga especial relevancia a los patrones de desplazamiento identificados en las imágenes satelitales de la NASA sobre el cerro El Ávila. Este macizo, delimitado en su margen sur por la falla homónima, actúa mecánicamente como una cuña estructural en avance hacia el noroeste, ejerciendo un efecto de interrupción e interacción directa con la amplia traza del sistema de fallas de San Sebastián.

El mapa InSAR evidenció dos patrones principales de desplazamiento de 60 cm, ambos vinculados al proceso de ruptura ocurrido a 10 km de profundidad (Figura 11):

1. **Franja costera Maiquetía – Puerto Cabello:** Se extiende a lo largo de 40 km de longitud por 500 m de ancho, delimitando el desplazamiento horizontal en el borde sur del sistema de la falla de San Sebastián.
2. **Óvalo de deformación en El Ávila:** Ubicado al sureste de Maiquetía, abarca el macizo montañoso en un área de aproximadamente 30 km en dirección este-oeste por 5 km en sentido norte-sur, la cual representa la deformación máxima producida por la liberación de esfuerzos de la cuña montañosa hacia el espacio marino.

La «Cuña de El Ávila» como Traba Estructural

La denominada *Cuña de El Ávila* se consolida como la clave estructural en el comportamiento del doblete sísmico. El frente montañoso, que supera cotas de 2000 m s. n. m., se encuentra bordeado en su flanco sur (hacia el valle de Caracas) por un sistema de fallas geológicas que varía su rumbo de este-oeste a noroeste al adentrarse en el mar, configurando un bloque estructural con proyección a gran profundidad. Al norte, esta cuña se ve restringida por la zona de la falla de San Sebastián, la cual actúa como una traba tectónica o freno a su avance; dicha restricción propició la acumulación continua de tensiones dentro del macizo rocoso, expresada finalmente en

el patrón ovalado de desplazamiento detectado por la NASA al sureste del aeropuerto.

La secuencia de los dos grandes sismos (el doblete) confirma la presencia de una ruptura progresiva desplegada en dirección este-oeste dentro de un sistema sometido a tensiones límite. En este proceso, el primer evento (M_w 7.2), localizado en las cercanías de San Felipe, estado Yaracuy, actúa como detonante al liberar tensiones en la zona de la falla de San Sebastián y transferir esfuerzos hacia el oriente; tan solo 32 segundos después, se desencadena el segundo evento (M_w 7.5), situado a unos 20 km al noroeste de Maiquetía. Este último representó la ruptura catastrófica y la liberación brusca de tensión de la cuña de El Ávila, la cual se encontraba atascada dentro del esquema tectónico.

En la Figura 17 se esquematiza el modelo tectónico asociado tanto a la sismicidad histórica como al reciente doblete sísmico:

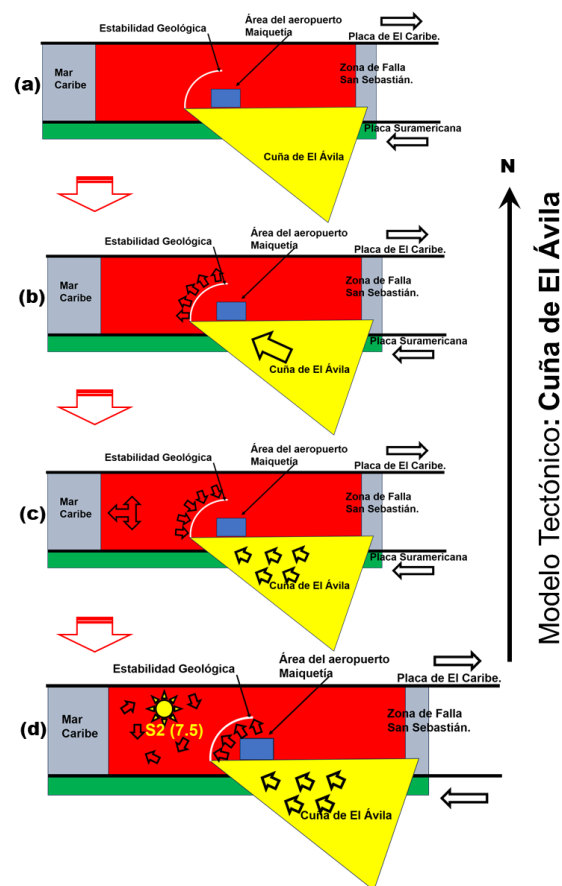


Figura 17. Esquema del Modelo Tectónico adaptado a los desplazamientos medidos en el terreno, y la relación con el doblete sísmico 24 de junio 2026

En la figura 17(a) se representa la zona de la falla de San Sebastián mediante una franja roja, flanqueada al sur por un triángulo amarillo que simboliza la cuña de El Ávila y por un cuadro azul delimitado por dicha cuña que simula el área del aeropuerto. Asimismo, una línea curva blanca traza el límite de la costa este, caracterizada por una mayor estabilidad geológica. Por su parte, en la 17(b) se ilustra el avance de la cuña de El Ávila hacia el noroeste, mecanismo que habría favorecido la

estabilidad temporal-geológica hacia la costa oriental, permitiendo la formación de la terraza del aeropuerto, en contraste con una mayor actividad tectónica y erosiva hacia la costa occidental.

En la figura 17(c) ilustra el efecto de compresión ejercido por la cuña de El Ávila hacia la zona de la falla de San Sebastián, proceso que genera concentraciones de esfuerzo y tensión que se transmiten a lo largo de dicha franja tectónica. Finalmente, en la figura 17(d) se representa la ocurrencia del sismo S2 (M_w 7.5), el cual desencadena la liberación brusca de tensiones acumuladas y produce una respuesta elástica en el relieve montañoso de El Ávila, localizada al sureste del Aeropuerto Internacional de Maiquetía.

Distribución de Réplicas y Reacomodo Sísmico

La validez del modelo se ve respaldada por el registro instrumental de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS, 2026), la cual reportó más de 1470 réplicas que se han concentrado en la zona de la cuña estructural (La Guaira/Miranda) y a lo largo del sistema de fallas activado.

La magnitud máxima registrada en este proceso (4.5) y sus honduras focales (entre 4.8 y 9 km de profundidad) confirman un proceso de reacomodo microestructural de los bloques corticales fracturados. Esta liberación secundaria de energía disipa los esfuerzos remanentes tras el evento principal, disminuyendo sustancialmente la tasa de acumulación de tensiones de cara a futuros eventos sísmicos en la zona.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el desarrollo de este ensayo se han examinado los diversos factores geodinámicos, morfotectónicos y geotécnicos vinculados al sismo doble de La Guaira de 2026. La aplicación del monitoreo satelital por interferometría de radar (InSAR), integrada a la caracterización litológica e hidrológica de campo, representa un avance fundamental para la geociencia regional. La correlación directa entre los mapas de deformación cosísmica y las estructuras geológicas activas valida la formulación del modelo tectónico de la «Cuña de El Ávila», aportando un marco interpretativo coherente para comprender los eventos telúricos más destructivos registrados en la historia de Venezuela (1812 y 2026).

Conclusiones

1. **Variabilidad Espacial de los daños:** En la franja costera del estado La Guaira, la intensidad del daño presentó una fuerte heterogeneidad condicionada por el ancho y la densidad de los depósitos coluviales progradantes. La mayor destrucción se concentró en Caraballeda y Playa Grande debido a fenómenos de amplificación de onda sobre potentes estratos no consolidados y a licuación local de suelos. En contraste, sectores como La Guaira y Naiguatá mostraron menor severidad al encontrarse restringidos a franjas angostas con soporte rocoso cercano a la superficie. En el valle de Caracas, la destrucción estuvo ligada

primordialmente a los espesores de sedimentos y a la respuesta espectral del relleno aluvial.

2. **Asimetría Morfobatimétrica y Litológica:** Tomando como elemento focal la terraza sobre la que se emplaza el aeropuerto de Maiquetía, la línea de costa evidencia un marcado contraste fisiográfico y morfobatimétrico hacia ambos flancos. Hacia el oriente, la costa se presenta escarpada pero interrumpida por conos coluviales, playas asociadas a desembocaduras fluviales y secuencias sedimentarias suprayacentes a las rocas metamórficas, alcanzándose la isóbata de 100 m a unos 10 km de la orilla. Hacia el occidente, el litoral es abrupto y las laderas rocosas exhiben fenómenos de tensión que han impactado la vialidad, alcanzándose profundidades superiores a los 500 m a muy corta distancia de la costa.
3. **Macro-Sismología Histórica y Alineación Epicentral:** Los tres eventos telúricos de mayor trascendencia en la región centro-norte y occidental (1812, 1967 y 2026) exhiben una notable alineación epicentral concentrada en la franja marina al noroeste de Maiquetía (en un radio de 20 a 30 km del litoral). El evento de 1812 y el reciente doblete de 2026 confirman una cinemática de ruptura acoplada entre los sistemas Boconó y San Sebastián. Resulta prioritario para investigaciones futuras proyectar los escenarios de transferencia de esfuerzos hacia el oriente del país a través del sistema transformante de El Pilar.
4. **Relación geomorfológica:** La fisiografía de la Cordillera de la Costa, con rumbo general este-oeste y una inflexión hacia el noreste a la altura de San Felipe, condiciona el modo en que la deformación continental es absorbida por los sistemas Boconó y San Sebastián.
5. **Disipación de Energía y Periodo de Recurrencia:** La formidable magnitud disipada por el evento triple de 1812, sumada a la liberación masiva del doblete de 2026 (que evacuó la energía acumulada durante más de dos siglos), sugiere que la acumulación de tensiones requerida para gestar otro evento catastrófico de similares proporciones en esta franja tomará un periodo prolongado, de escala secular.
6. **Cinemática de ondas y patrón de movimiento:** El primer evento, S1 (M_w 7.2), con epicentro en San Felipe, funcionó como el detonante de un macizo sometido a tensión límite hacia La Guaira. El segundo evento, S2 (M_w 7.5), ocurrió 32 segundos más tarde y propagó la ruptura a una velocidad estimada de 4400 m/s (cercana a la velocidad de las ondas S de S1). El arribo inicial de las ondas P de S1 a los 23 s (dirección oeste-este), seguido por las ondas S a los 35 s en combinación simultánea con las ondas P de S2 (dirección norte-sur) y la posterior superposición de

- ondas superficiales hacia los 45 s, explica la percepción de un movimiento terrestre complejo con trayectoria acoplada en forma de «ocho» o infinito.
7. **Magnitud de los desplazamientos InSAR:** Las mediciones del satélite NISAR revelan un desplazamiento máximo del terreno de 60 cm. Este patrón se distribuye en dos zonas definidas: una franja de 500 m de ancho paralela a la costa al oeste del aeropuerto, que se extiende por 40 km hacia Puerto Cabello; y una franja ovalada de deformación de 20 km de longitud por 5 km de ancho localizada en el cerro El Ávila, al sureste de Maiquetía, la cual actúa geoméricamente como una cuña orientada hacia el oeste.
 8. **Espesor geológico del plano de falla:** Las características geométricas del contacto transformante entre las placas del Caribe y Sudamericana varían sustancialmente según el tipo de litología atravesada. Mientras que en rocas graníticas el ancho de la brecha de falla puede ser inferior al metro, en formaciones altamente tectonizadas o con presencia de brechas arcillosas, como las identificadas durante las excavaciones del túnel de Yacambú, las zonas de cizalla y cizallamiento pueden superar los 1500 m de espesor.
 9. **Continuidad del sistema estructural:** La traza del sistema Boconó en la cadena andina no se manifiesta como una línea continua, sino como una banda de fallas en regla paralelas controladas por la litología local. Hacia el dominio marino frente a La Guaira, su extensión en la falla de San Sebastián exhibe una geometría igualmente compleja distribuida en una franja de al menos 30 km de ancho, la cual concentra la actividad micro y macro-sísmica regional.
 10. **Mecanismo de la «Cuña de El Ávila»:** Los datos InSAR de la NASA revelaron un desplazamiento coseísmico máximo de 60 cm hacia el oeste distribuido en dos sectores: la franja costera de 40 km hacia Puerto Cabello y el óvalo de deformación de 20 km por 5 km en el cerro El Ávila. El macizo actuó como una traba o freno estructural contra el sistema San Sebastián; el destrabamiento de esta cuña durante el sismo S2 liberó el confinamiento de esfuerzos, proceso corroborado por la concentración de más de 1470 réplicas de reacomodo sísmico en el sector.
 11. **Fenómenos de licuefacción:** Las estructuras geomorfológicas correspondientes a conos coluviales y planos aluviales recientes, particularmente aquellas áreas ganadas al mar tras los deslaves de Vargas de 1999, constituyeron franjas susceptibles a procesos de licuefacción de suelos, cuyos efectos se concentraron en infraestructura ligera, vialidad costera y canalizaciones subterráneas.
 12. **Origen del agrietamiento de la pista:** El patrón de agrietamiento longitudinal en zigzag reportado en la pista del aeropuerto de Maiquetía se explica como una respuesta combinada: por un lado, la deformación de la terraza ante el paso del tren de ondas y la liberación elástica de esfuerzos del macizo; por otro, la posible interacción directa con trazas secundarias pertenecientes al sistema de fallas de San Sebastián.
 13. **Síntesis del modelo:** El análisis articulado de los mapas de deformación por interferometría satelital, la cronología sísmica y la geología estructural regional valida el modelo de la «Cuña de El Ávila» como un marco interpretativo coherente para comprender la dinámica de los eventos sísmicos más complejos e impactantes en la historia tectónica de Venezuela (1812 y 2026).
- ### Recomendaciones
- El presente trabajo constituye un ensayo analítico enfocado en la interpretación geológica del origen y los efectos del doblete sísmico de La Guaira de 2026. Más allá de la inspección visual de las estructuras colapsadas versus aquellas que se mantuvieron en pie, se recomienda adelantar evaluaciones de patología estructural, ingeniería forense y respuesta de sitio detalladas por parte de equipos multidisciplinarios de ingeniería forense y geotécnica.
- Asimismo, se enfatiza el valor estratégico de la Interferometría de Radar (InSAR) de precisión milimétrica. El monitoreo sistemático mediante estas tecnologías no solo es indispensable para caracterizar la tectónica global y las deformaciones del terreno asociadas a fallas activas, sino que representa una herramienta fundamental de alerta temprana para la gestión de riesgos geológicos adicionales, tales como la inestabilidad de laderas, desplazamientos de masas y movimientos en laderas de alta montaña.
- ### Agradecimiento.
- Se le agradece al Ing. Wagdi Naime, por su gran apoyo para publicar el presente ensayo, sobre las enseñanza y aplicación de los conocimientos de la geología, adquirido en la universidad y madurados durante la vida profesional. Las recomendaciones e insistencia del Ing. Naime, desde los primeros borradores presentados, de forma tal de dar un aspecto geológico distinto al evento del doble sísmico, culminó en el presente trabajo, que considero que es un principio del uso de las nuevas tecnologías satelitales como herramienta a problemas geotécnico y de riesgo geológico.
- ### Referencias
- Altez, R. (2005). Todo conmovido: El terremoto de 1812 en la sismología histórica venezolana. *Boletín Técnico IMME*, 43(2), 43-76.
- Choy, J. E., Palme, C., Guada, C., Morandi, M., & Klarica, S. (2010). Macro seismic interpretation of the 1812 earthquakes in Venezuela. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 100(1), 241–255. <https://doi.org/10.1785/0120080319>

- Fiedler, G. (1972). La liberación de energía sísmica en Venezuela, volúmenes sísmicos y mapas de isosistas. En *Memorias del IV Congreso Geológico Venezolano* (Vol. 4, pp. 2442–2462). Ministerio de Minas e Hidrocarburos.
- Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas. (2026, 26 de agosto). *El terremoto de Venezuela: Doblete Mw 7.2 - 7.5 de 2026*. IConstrucción. <https://www.iconstruccion.cl/2026/08/26/el-terremoto-de-venezuela-doblete-mw7-2-7-5-de-2026/>
- National Aeronautics and Space Administration. (2026). *¿Dónde se desplazó la superficie terrestre por los terremotos de Venezuela?* Ciencia de la Tierra de la NASA. <https://ciencia.nasa.gov/ciencias-terrestres/donde-se-desplazo-la-superficie-terrestre-por-los-terremotos-de-venezuela/>
- Schubert, C., Singer, A., & Soulas, J. P. (1983). *Excursión a la Falla de Boconó entre Santo Domingo y San Cristóbal*. Universidad Central de Venezuela, Laboratorio de Geomorfología. <https://labgeomucv.ing.ucv.ve/dist/Lexico/excursio/exc-on-83e.htm>
- Udías, A., & Bufo, E. (2017). *Principles of Seismology* (2.^a ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316155202>
- U.S. Geological Survey. (2026a, 24 de junio). *M 7.2 - 20 km E of San Felipe, Venezuela*. U.S. Department of the Interior. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zc>
- U.S. Geological Survey. (2026b, 24 de junio). *M 7.5 - 17 km W of Catia La Mar, Venezuela*. U.S. Department of the Interior. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000t7zp>