

ESCENARIO CATASTRÓFICO PARA LIMA Y EL CALLAO ANTE UN SISMO DE GRAN MAGNITUD ($> M8.0$)



XXXIV SIMPOSIO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

“MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LIMA Y CALLAO - MAPA DE ACELERACIONES MÁXIMAS”

Dr. Zenón Aguilar Bardales



CENTRO PERUANO JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y
MITIGACIÓN DE DESASTRES

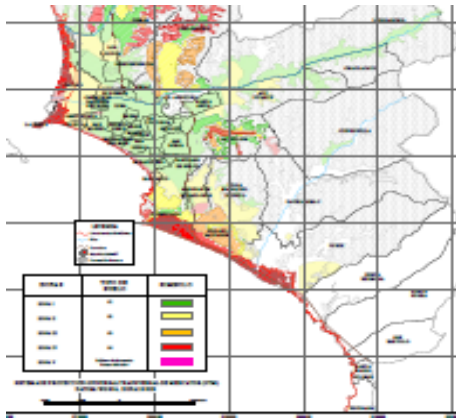
FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERÍA



INTRODUCCIÓN

ESTUDIOS DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA



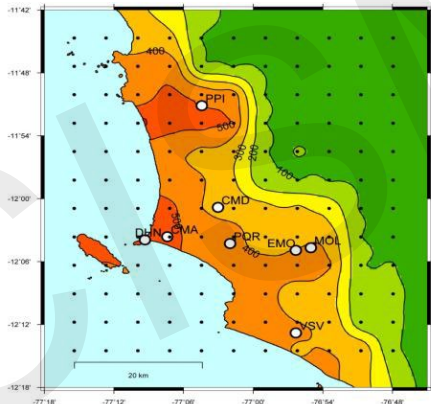
TIPOS DE SUELOS Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LOS SUELOS

ZONAS DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI

MAPA DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

MAPAS DE ACELERACIONES A NIVEL DE SUPERFICIE DEL SUELO



ESCENARIO SÍSMICO CONSIDERADO

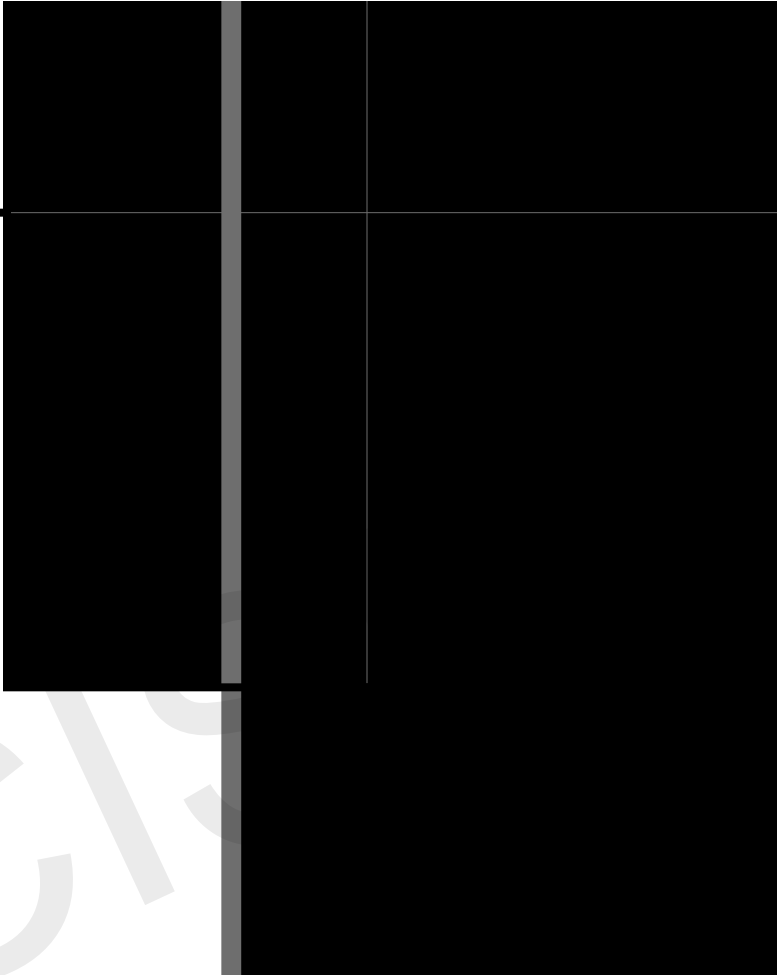
MOVIMIENTO DEL TERRENO A NIVEL DE SUELO FIRME O ROCA

FACTORES DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

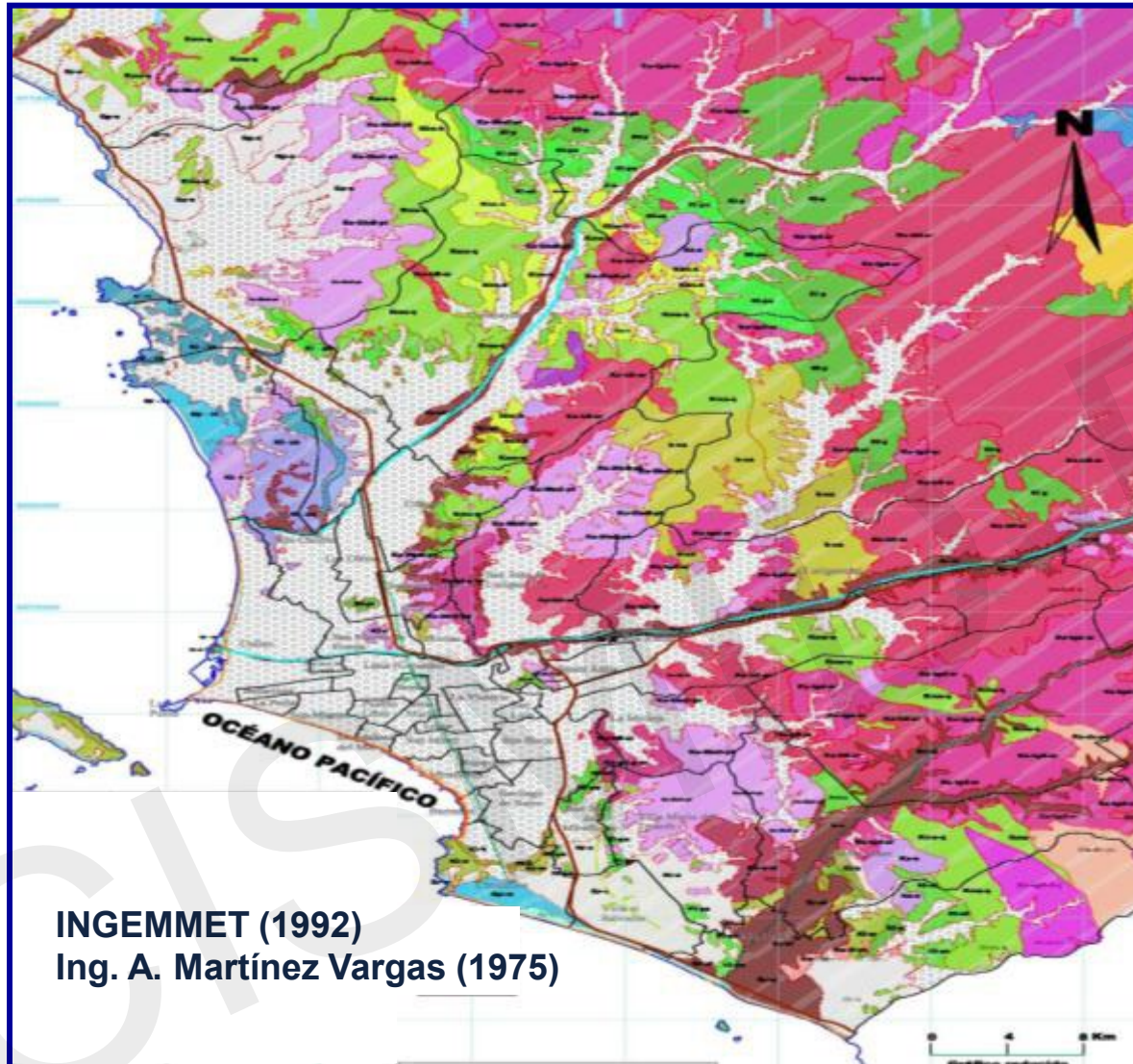
ACELERACIONES MÁXIMAS A NIVEL DE SUPERFICIE DEL SUELO

INTRODUCCIÓN

EVOLUCIÓN DE LOS ESTUDIOS DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LIMA

- 
- 1990 – 2000** Estudios de algunos distritos de Lima y Callao (La Molina, Chorrillos, La Punta-Callao, Ventanilla)
 - 2003 – 2004** Microzonificación sísmica preliminar de la Ciudad de Lima. Proyecto APESEG.
 - 2010 – 2015** Microzonificación sísmica de 30 distritos de Lima y Callao. Proyecto SATREPS 1 – Programa Nuestras Ciudades del MVCS – Programa presupuestal 0068.
 - 2016 – 2020** Microzonificación sísmica de los distritos restantes. Programa Nuestras Ciudades del MVCS – Programa presupuestal 0068
 - 2021** Integración del Mapa de Microzonificación Sísmica de Lima Metropolitana y El Callao.

MAPA GEOLÓGICO DE LA CIUDAD DE LIMA



CRONOESTRATIGRAFIA			LITOSTRATIGRAFIA				
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS			
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Dep. Estico	Qr = e			
			Dep. aluviales	Qr = al			
			Dep. Martos	Qr = m			
		PLEISTOCENO	Dep. Estico	Qp = e			
			Dep. aluviales	Qp = al			
			Dep. Martos	Qp = m			
	TERCIARIO	SUPERIOR	Vol. Huancaburi	Ti = hu			
			Vol. Millingto	Ti = m			
		INFERIOR	Vol. Colpa	Ti = co			
			Ops. Rincos	Ti = r			
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR MEDIO	Vol. Quilmas	Km = c			
			Fin. Ollca (Andino)	Ki = ch			
			Vol. Huancaburi	Km = h			
			Fin. Atocngo	Ki = at			
			Fin. Parpasa	Ki = pa			
		INFERIOR	Fin. Murovica	Ki = m			
			Fin. Huanabara	Ki = h			
			Vol. Yungay	Ki = y			
			Fin. Salto del Frodo	Ki = sf			
			Fin. Paucopampa	Ki = pa			
	JURASICO	Fin. Ancon	Vol. Ancon	Ki = va			
			Fin. Cerro Blanco	Ki = cb			
			Fin. Ventanilla	Ki = v			
		Fin. Santa Rosa	Vol. Santa Rosa	Ki = sr			
			Fin. Anabury	J = an			
SUPER UNIDAD		TIPO DE ROCA					
Tibaya		Tonalita-granodiorita	Ks-gd				
		Tonalita-diorita	Ks-d				
Santa Rosa		Adanella	Ks-ad				
		Granito	Ks-g				
		Granodiorita	Ks-gd				
		Tonalita-granodiorita	Ks-gd				
		Tonalita-diorita	Ks-d				
Axocngo		Adanella	Ks-ad				
Jucab		Tonalita-Granodiorita	Ks-gd				
		Diorita	Ks-d				
Paccho		Tonalita-diorita	Ks-d				
Pasiso		Tonalita-diorita	Ks-d				
Patsp		Diorita Xenolita	Ks-dxp				
		Diorita	Ks-d				
		Diorita-diorita	Ks-d-d				
Dalerita		Ks-d					
Andesita		Ks					

EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA



Trincheras



Ensayos SPT

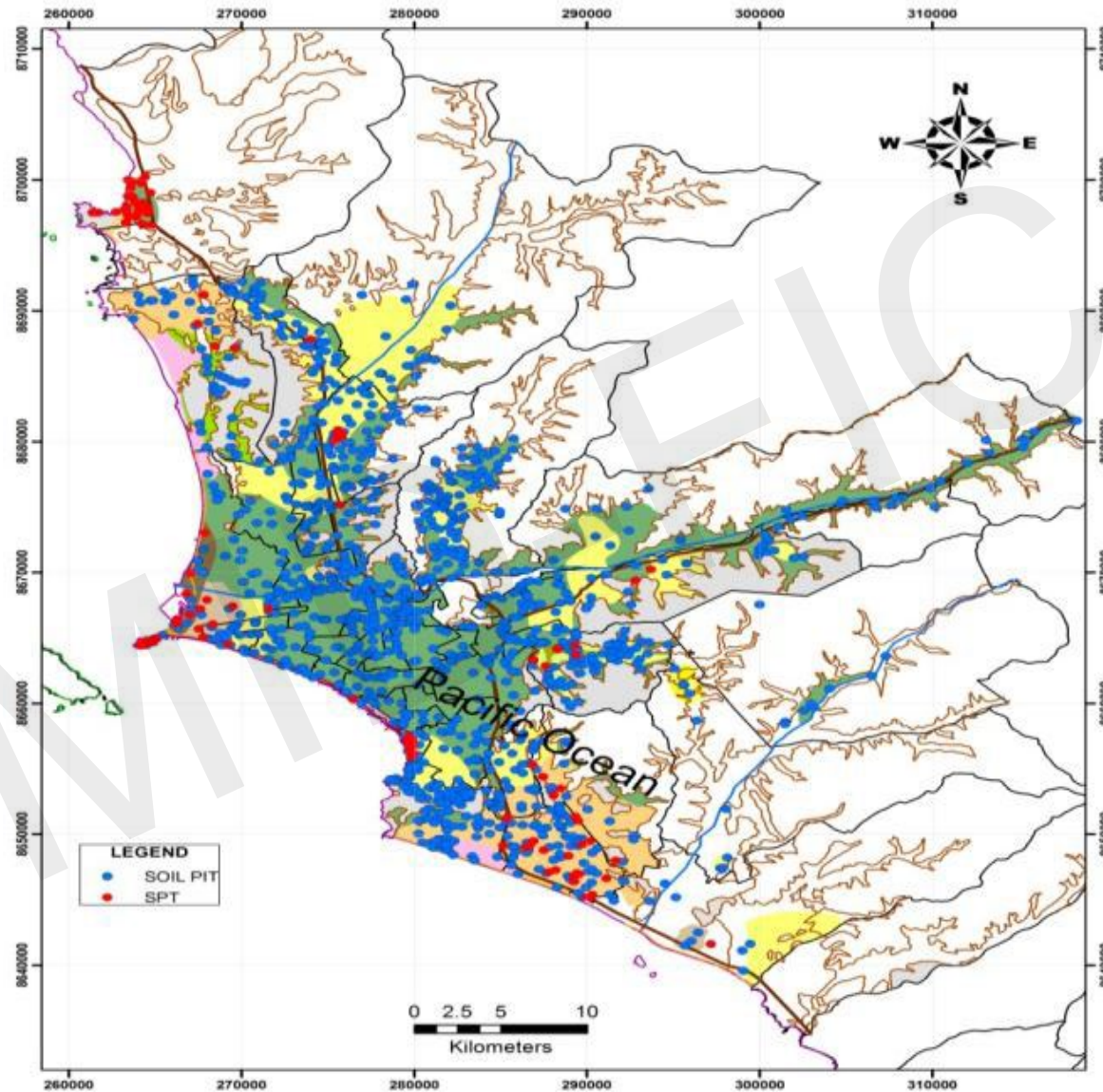


Calicatas



Ensayos DPL

PUNTOS DE EXPLORACIÓN DE SUELOS EN LIMA



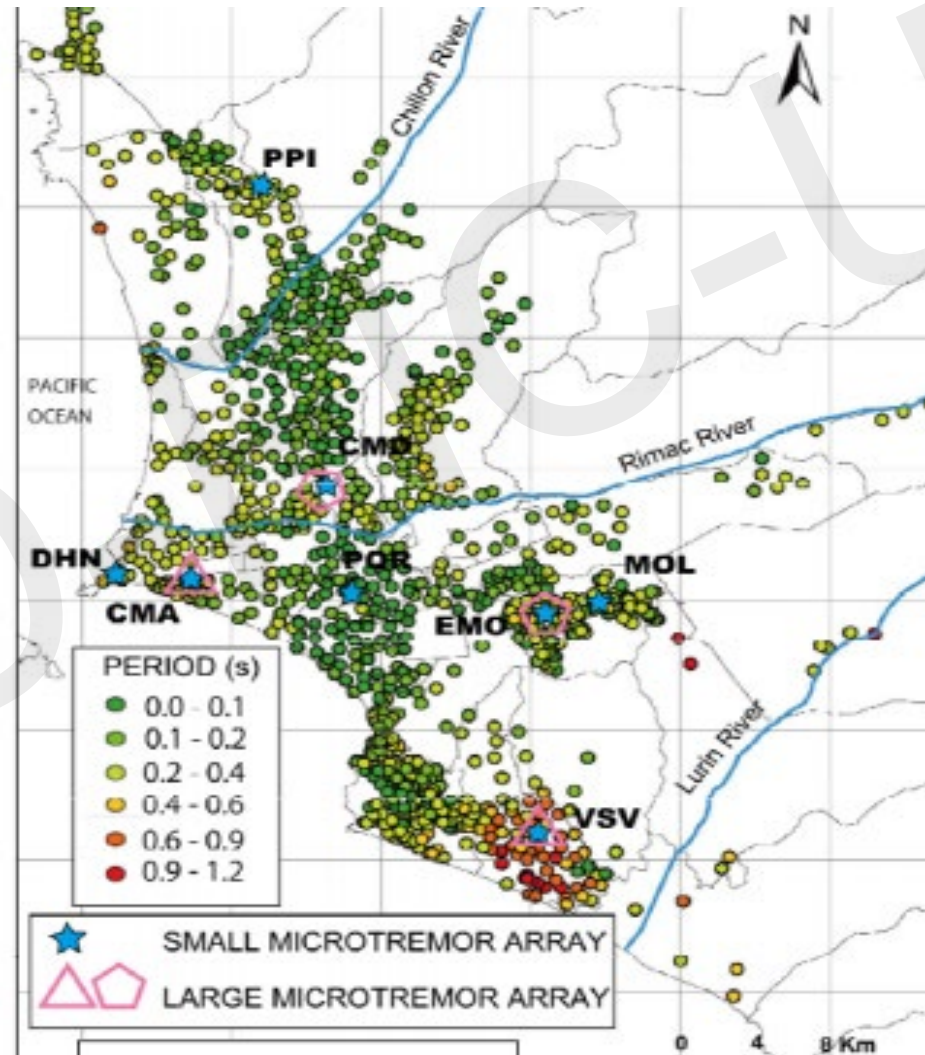
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA



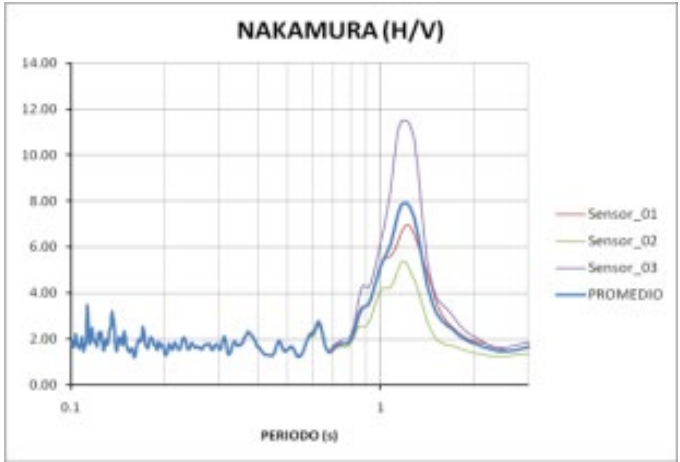
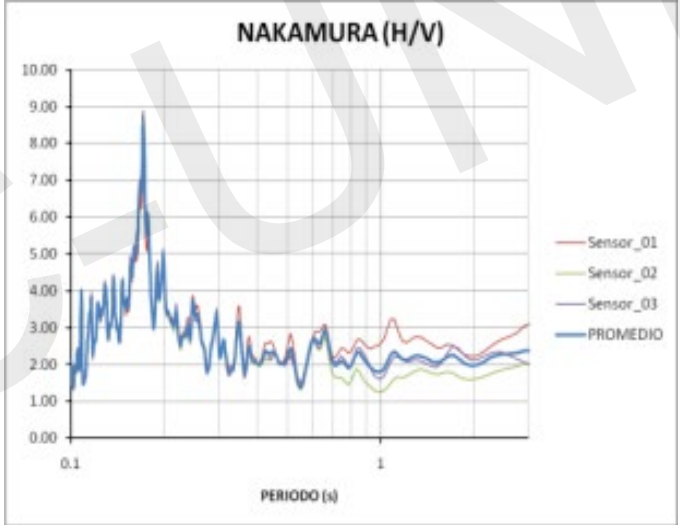
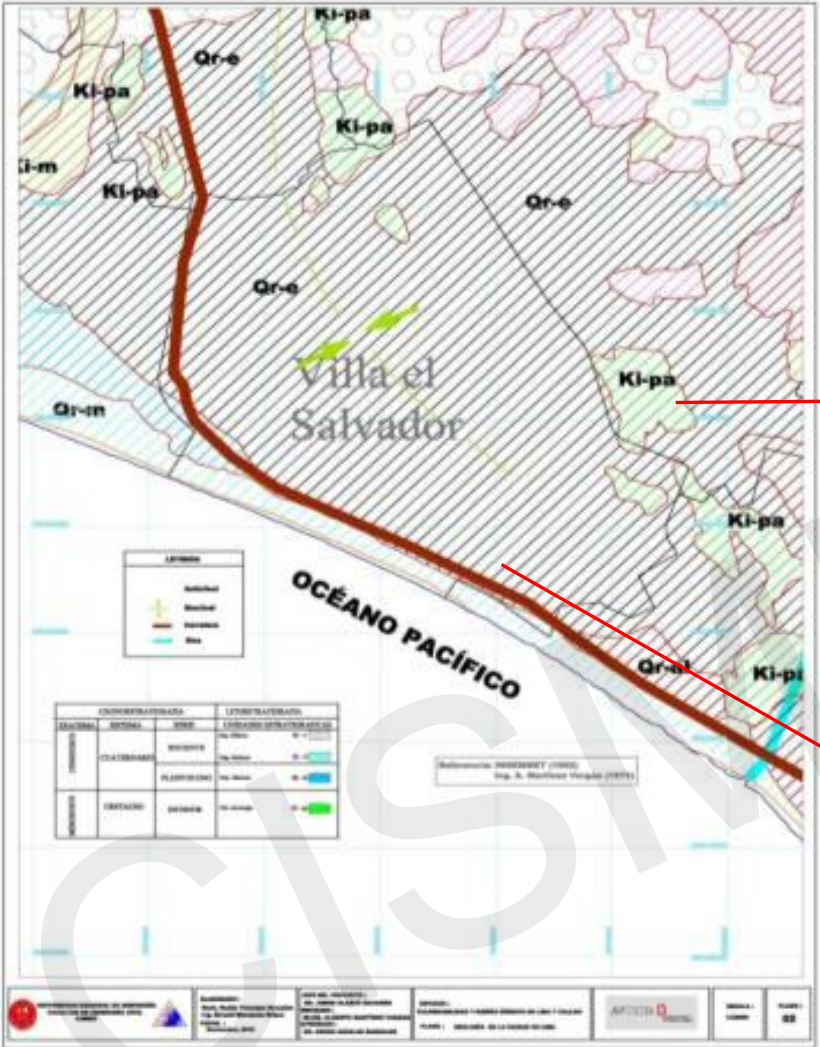
Medición de Microtrepidaciones en Puntos



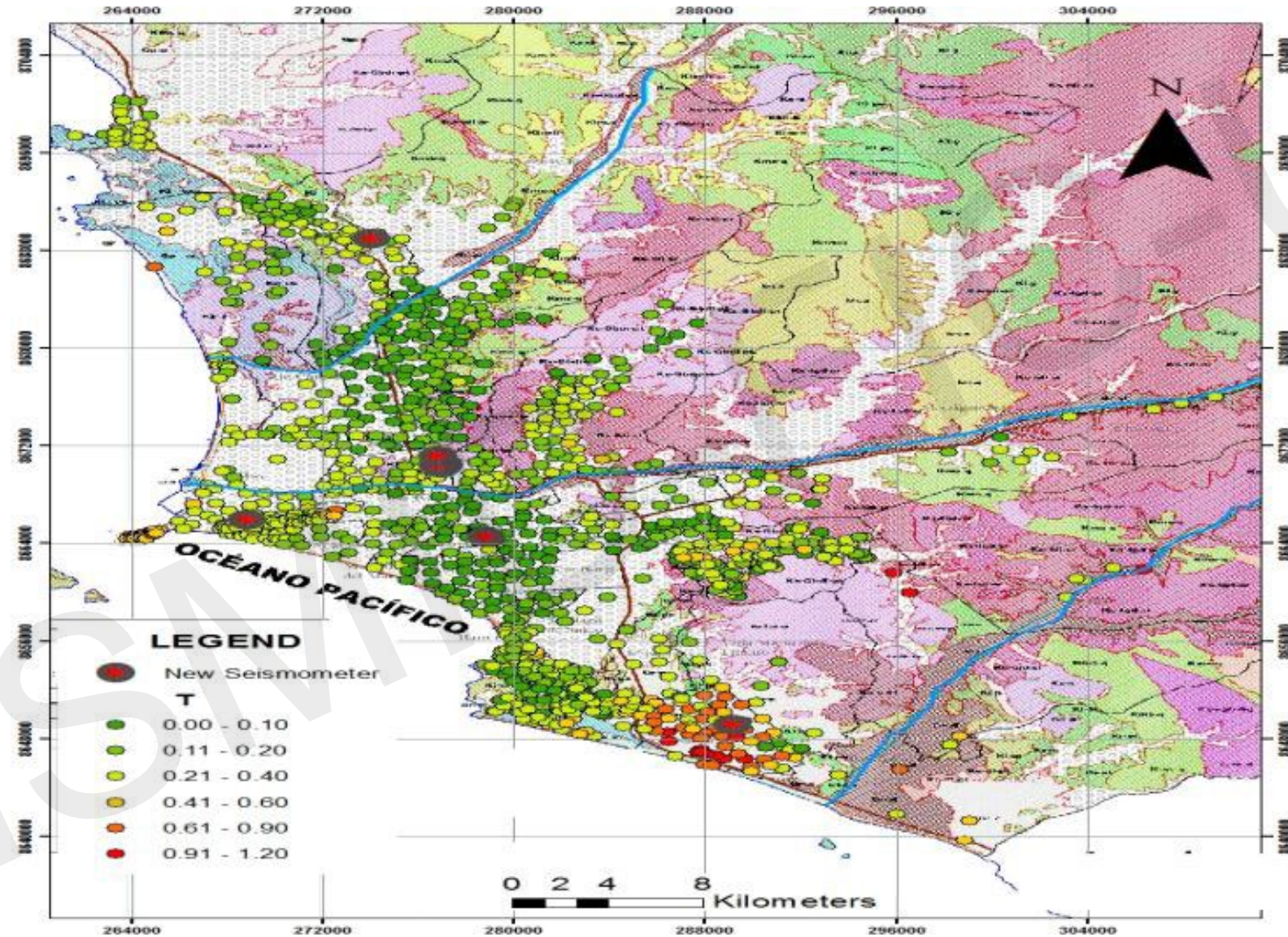
Medición de Microtrepidaciones en Arreglos



COMPORTAMIENTO DINÁMICO DEL SUELO

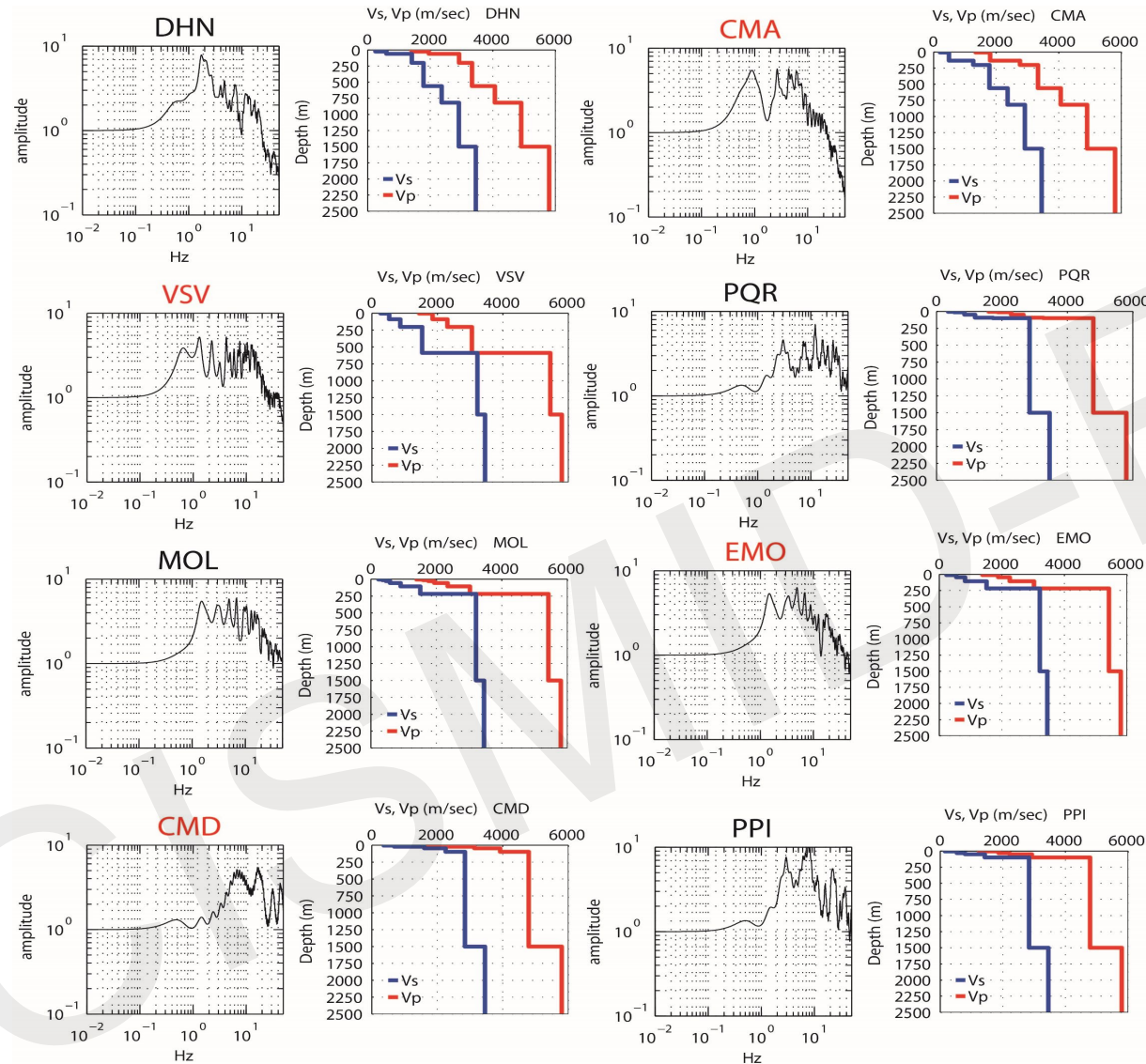


DISTRIBUCIÓN DE PERIODOS PREDOMINANTES EN LIMA

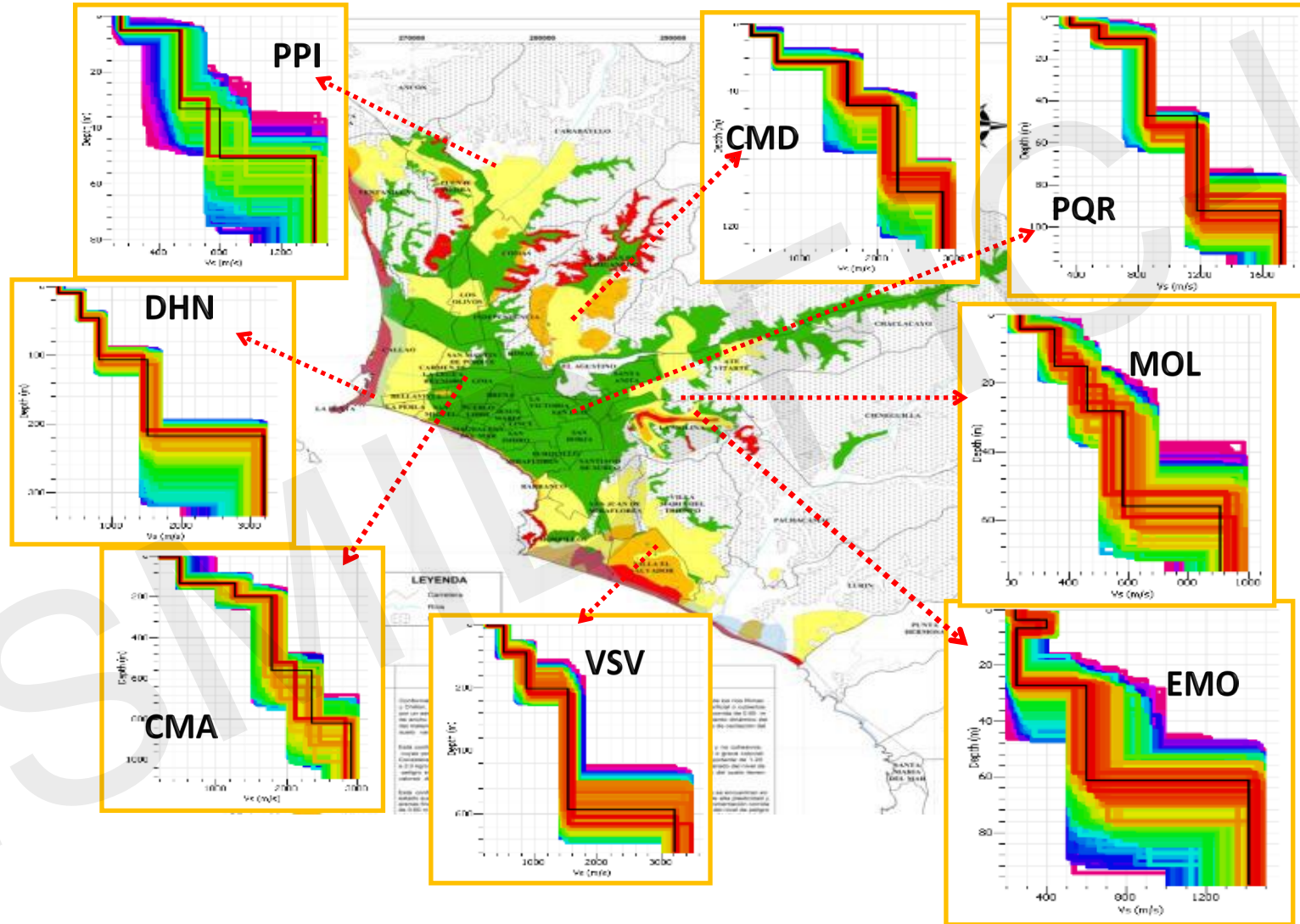


MODELOS DE VELOCIDAD Y FUNCIONES DE TRANSERENCIA 1D

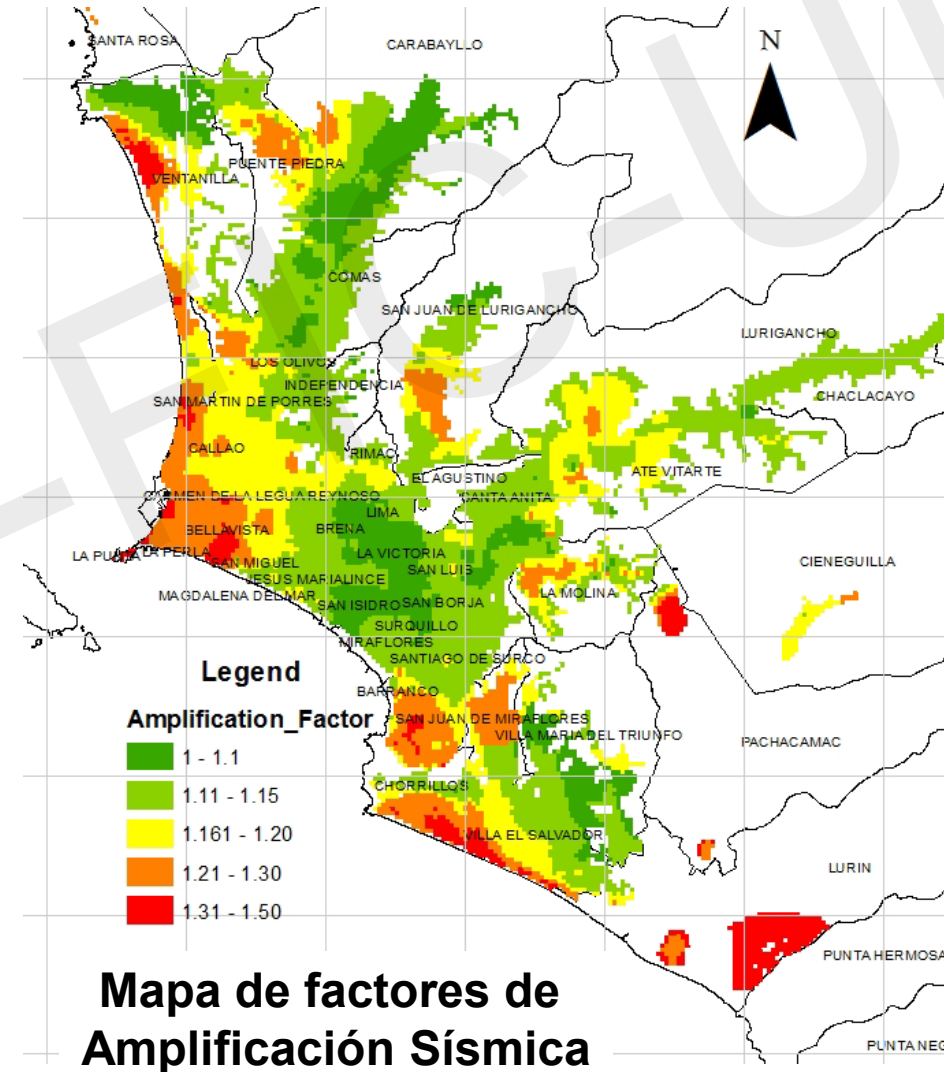
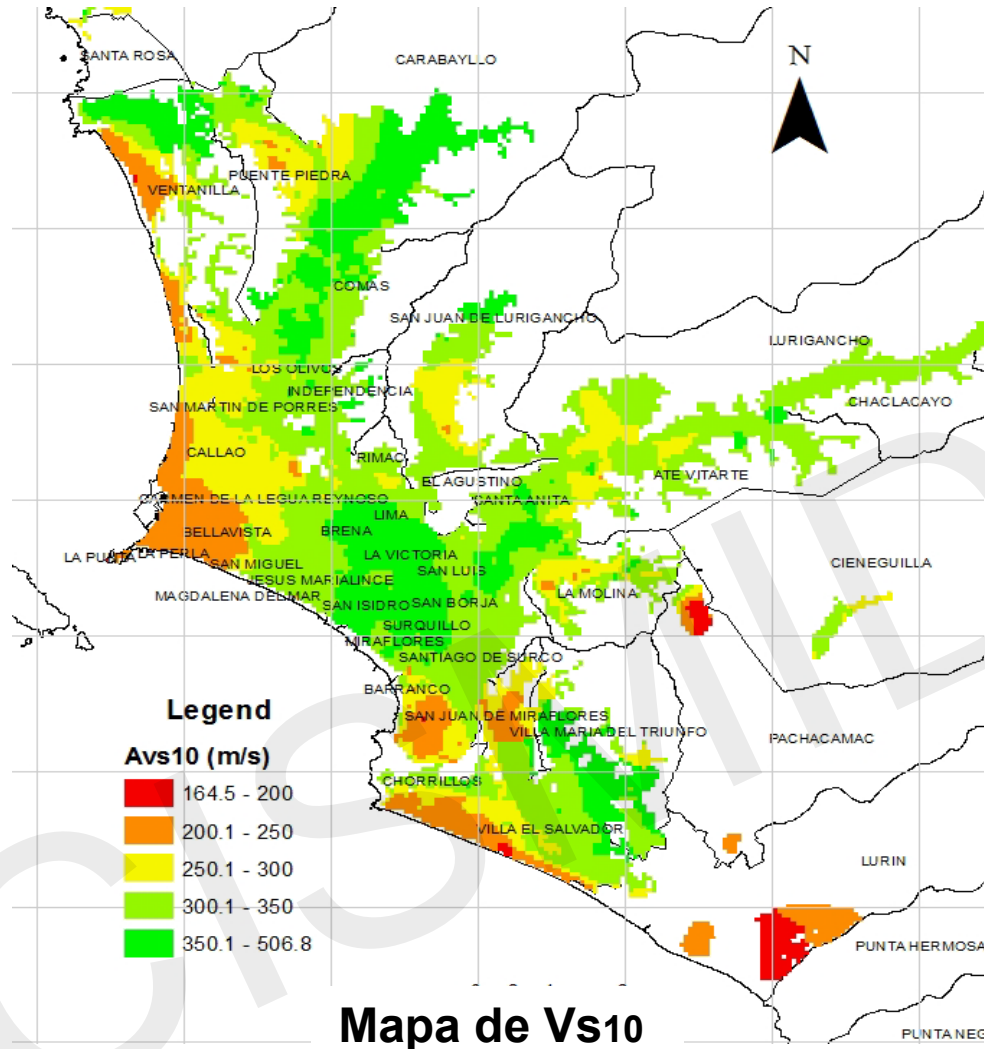
(Calderón et al, 2012)



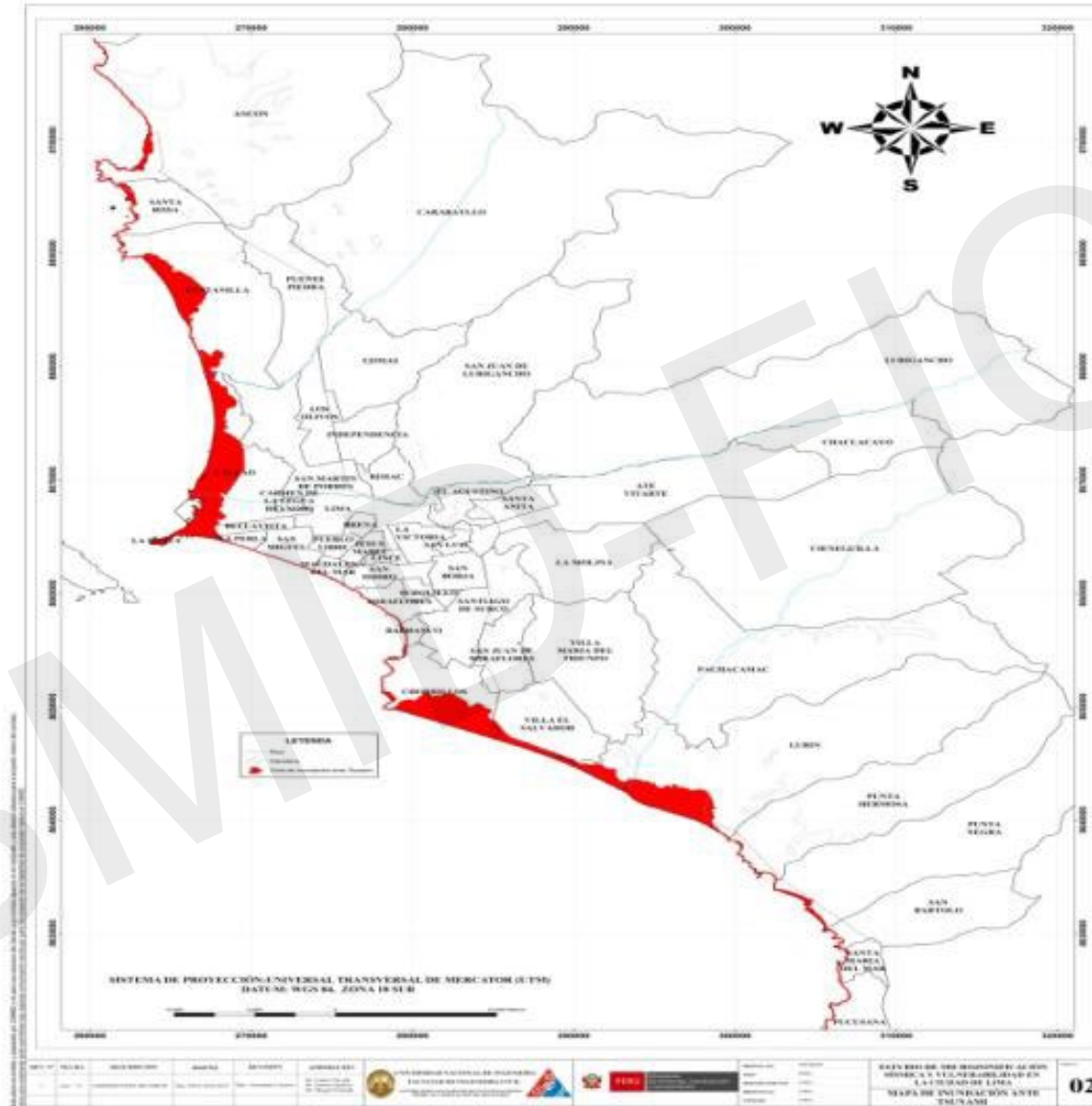
PERFILES DE VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE EN LA CIUDAD DE LIMA (Calderón et al, 2012)



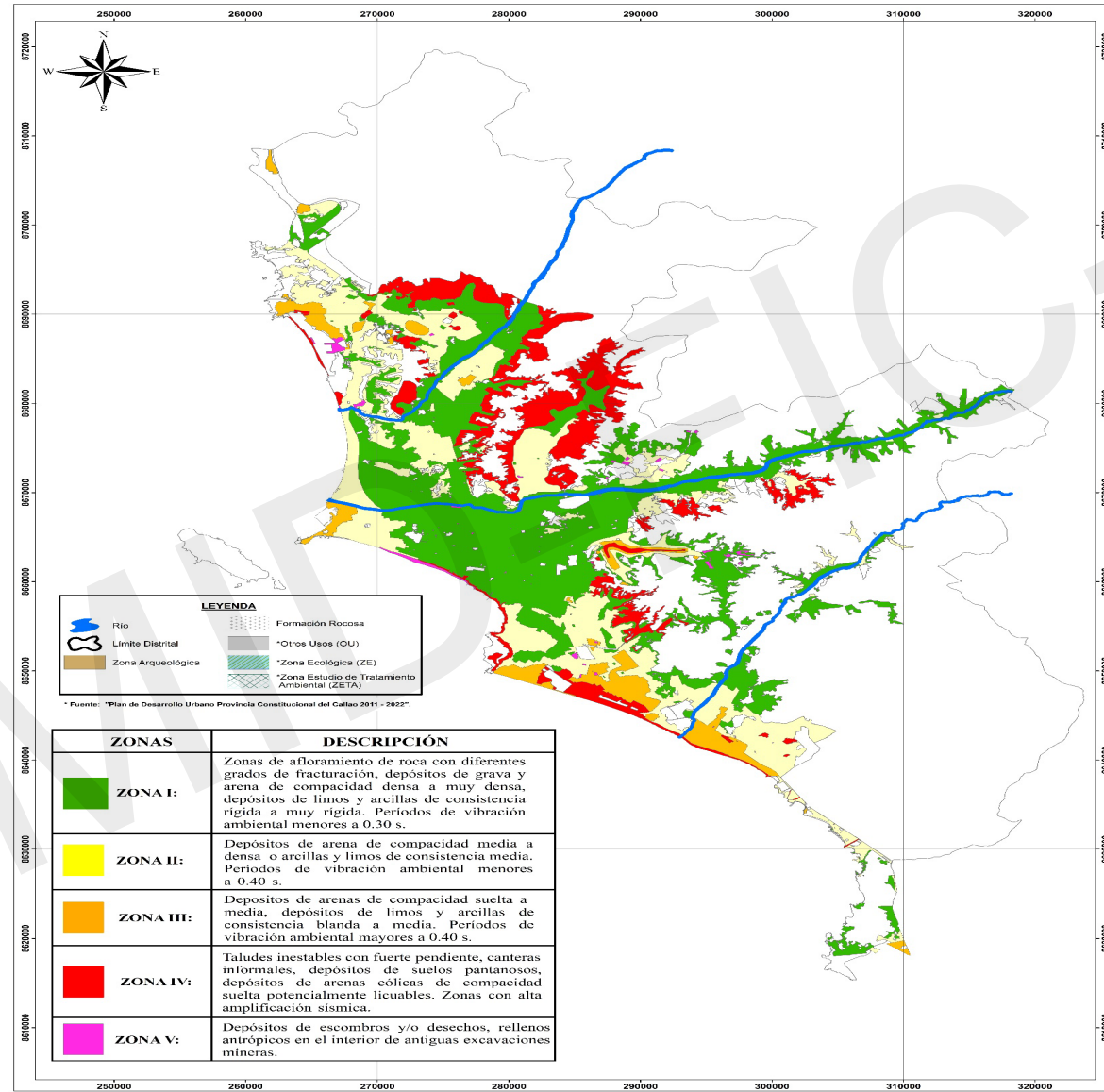
MAPAS DE TIPOS DE SUELOS Y FACTORES DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (Calderón et al, 2012)



MAPA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI



MAPA DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LIMA Y EL CALLAO



LEYENDA

- Río
- Límite Distrital
- Zona Arqueológica
- Formación Rocosa
- *Otros Usos (OU)
- *Zona Ecológica (ZE)
- *Zona Estudio de Tratamiento Ambiental (ZETA)

* Fuente: "Plan de Desarrollo Urbano Provincia Constitucional del Callao 2011 - 2022".

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES

PERÚ Presidencia del Consejo de Ministros

PERÚ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

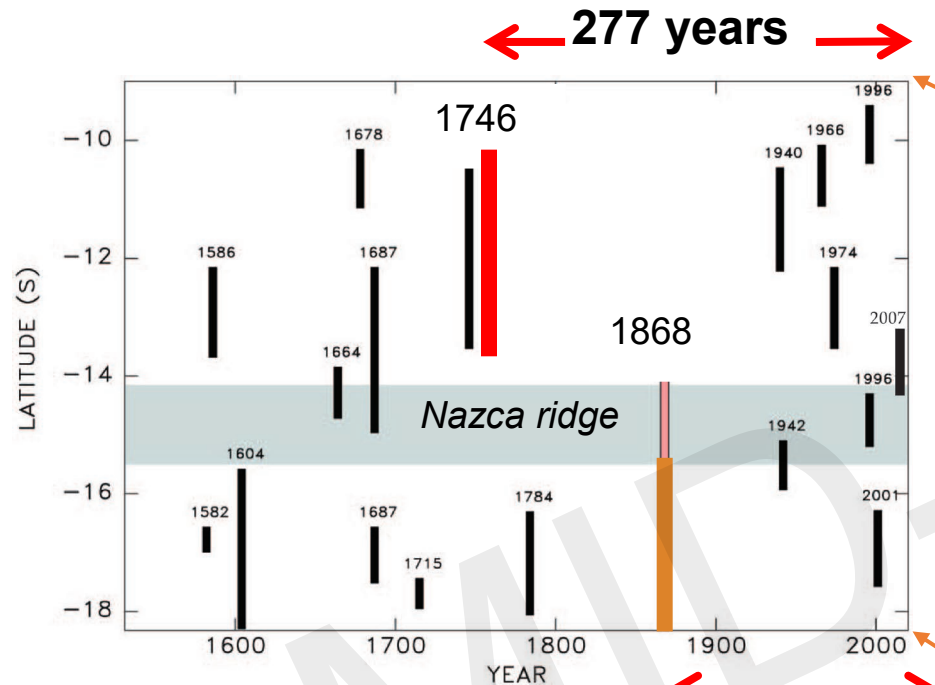
PERÚ Ministerio de Economía y Finanzas

PERÚ Ministerio de Defensa

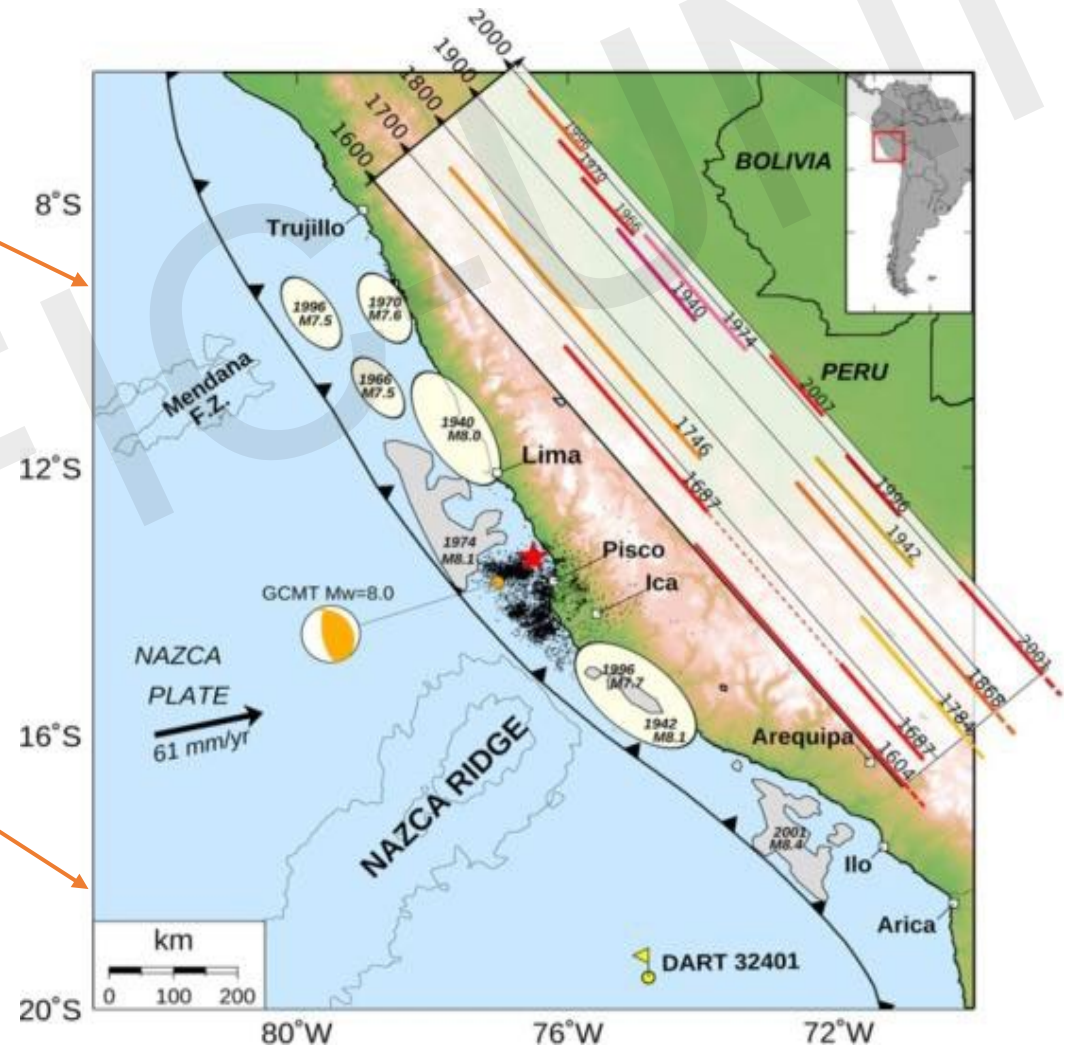
Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED

MAPA DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LA CIUDAD DE LIMA ACTUALIZADO AL 2021

SISMICIDAD HISTÓRICA DEL PERÚ

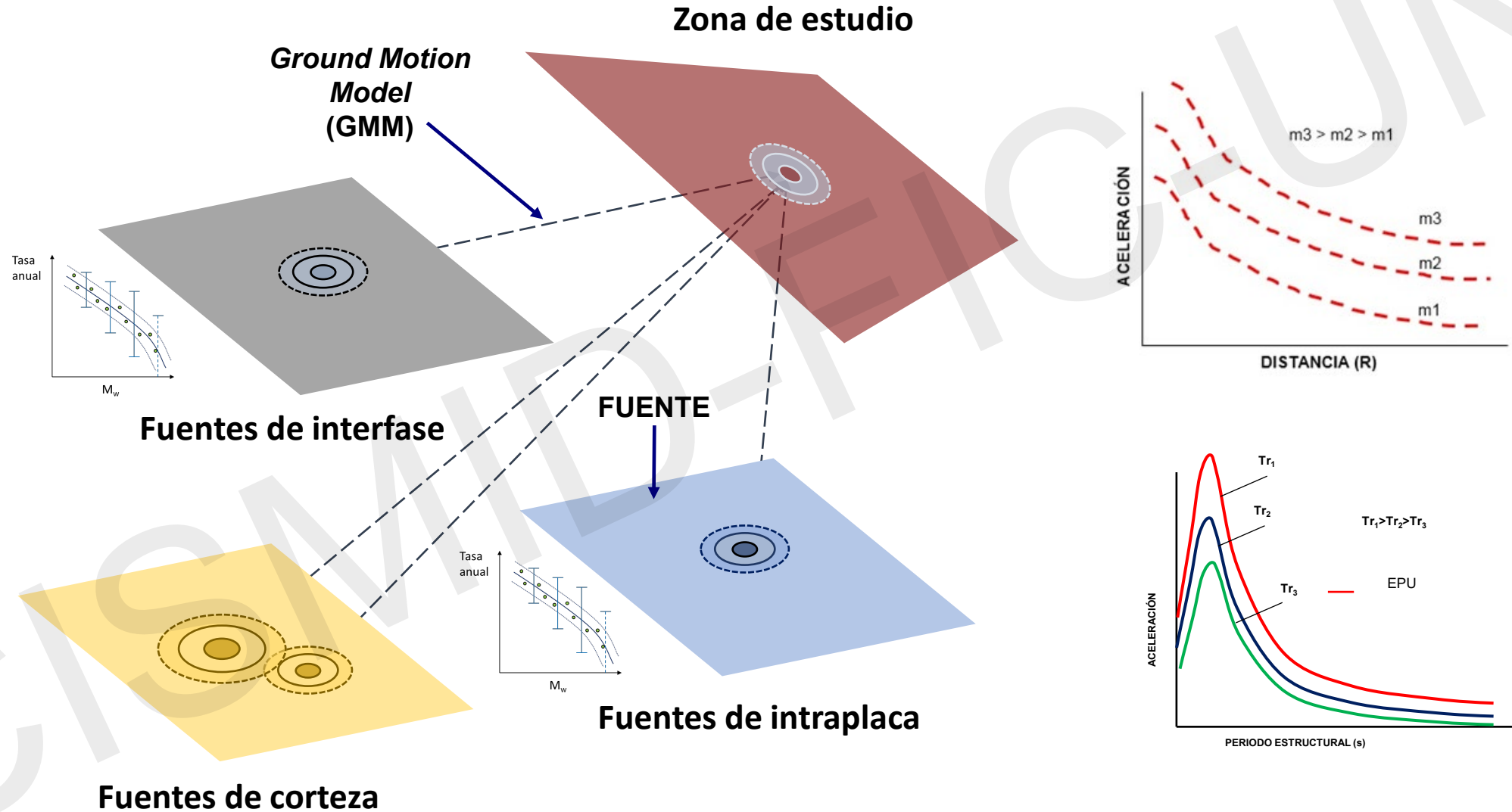


- 1940 05 24 Huacho, M8.2
- 1942 08 24 San Juan, M8.0
- 1966 10 17 Barranca, M8.1
- 1974 10 03 Lima, M8.1
- 2001 06 23 Atico, M8.4
- 2007 08 15 Pisco, M8.0



Sladen et al. (2010)

ESCENARIOS SÍSMICOS – ANÁLISIS PROBABILÍSTICOS

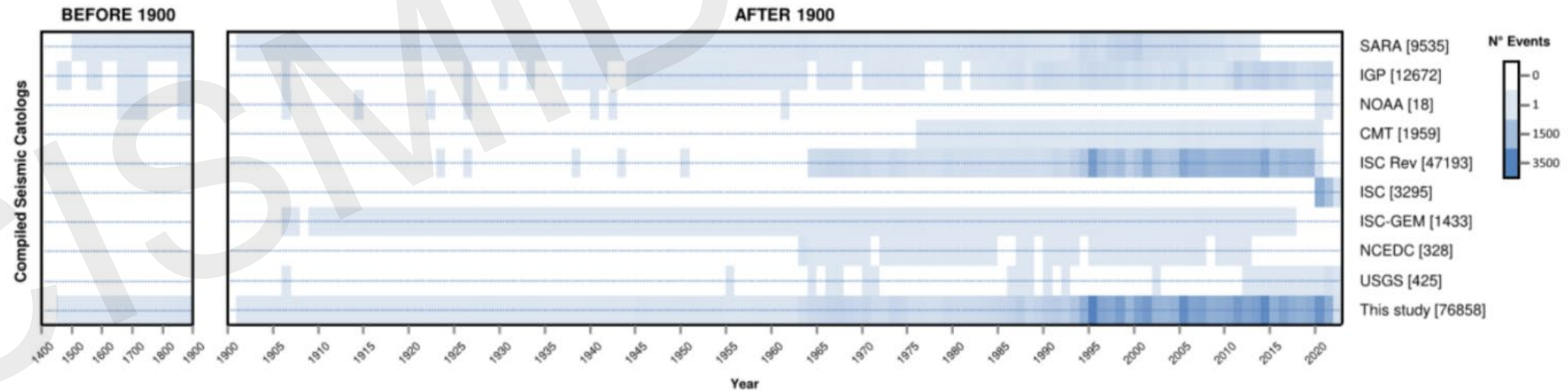


ELABORACIÓN DEL CATÁLOGO SÍSMICO

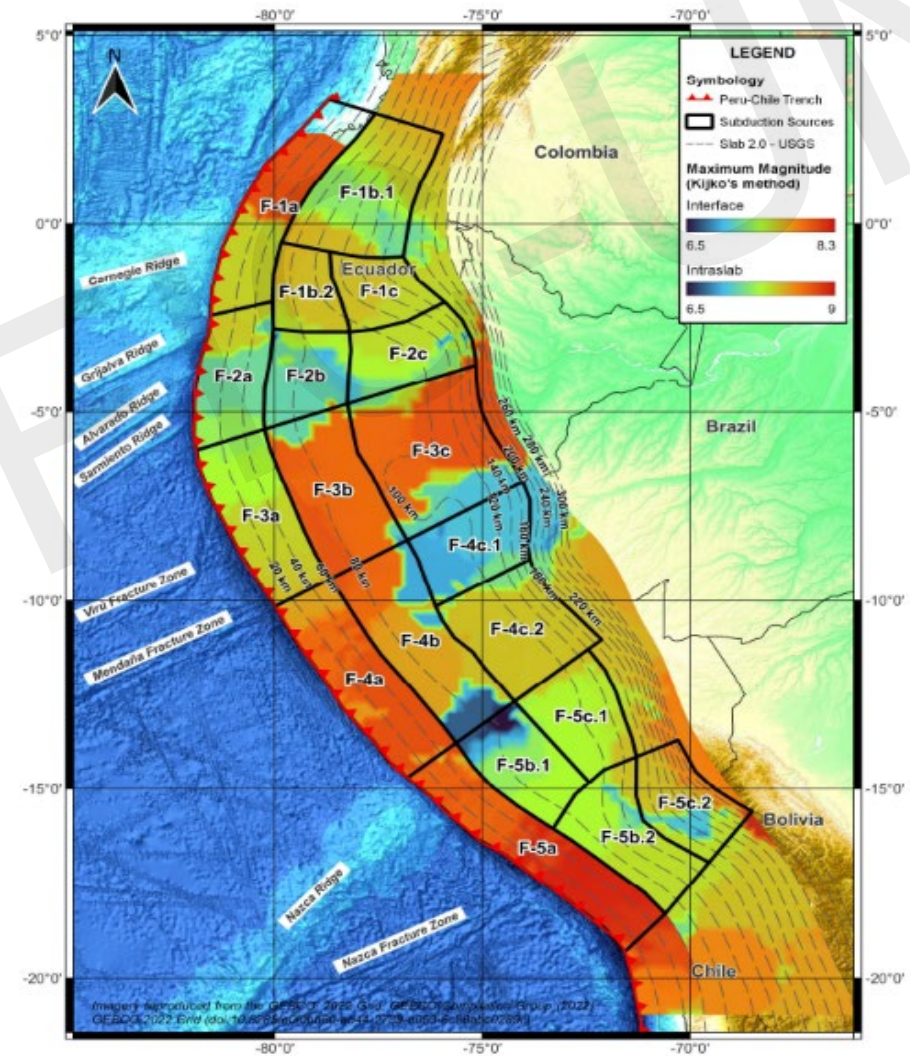
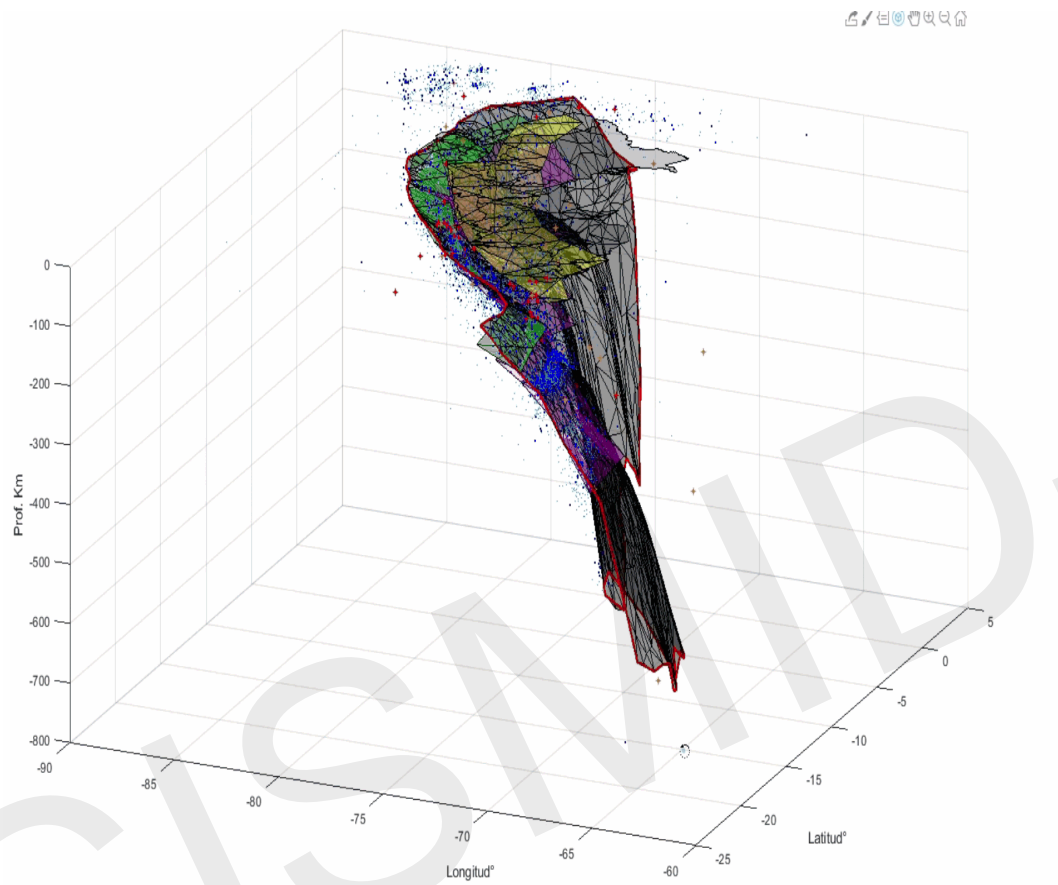
- International Seismological Centre (ISC)
- ISC-GEM Global Instrumental Earthquake
- Reviewed ISC Bulletin
- National Earthquake Information Center (NEIC)
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
- Global Centroid Moment Tensor (Global CMT)
- Advanced National Seismic System (ANSS).
- South America Risk Assessment (SARA)
- Instituto Geofísico del Perú (IGP).



DENSITY OF EVENTS PER YEAR/CATALOG IN THE COMPILED SEISMIC CATALOG

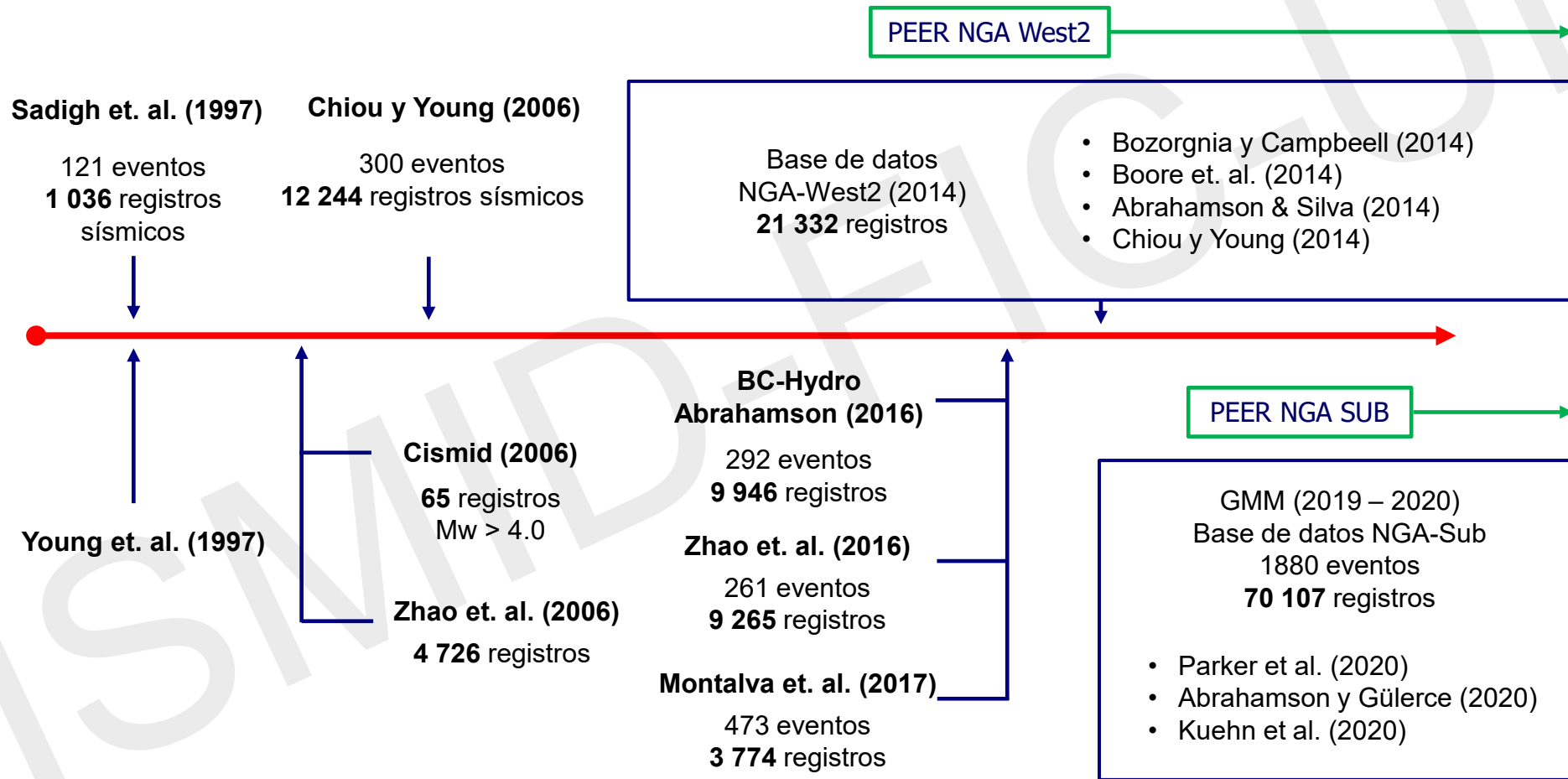


DETERMINACIÓN DE LAS FUENTES SISMOGÉNICAS



EVOLUCIÓN DE LOS GMMs

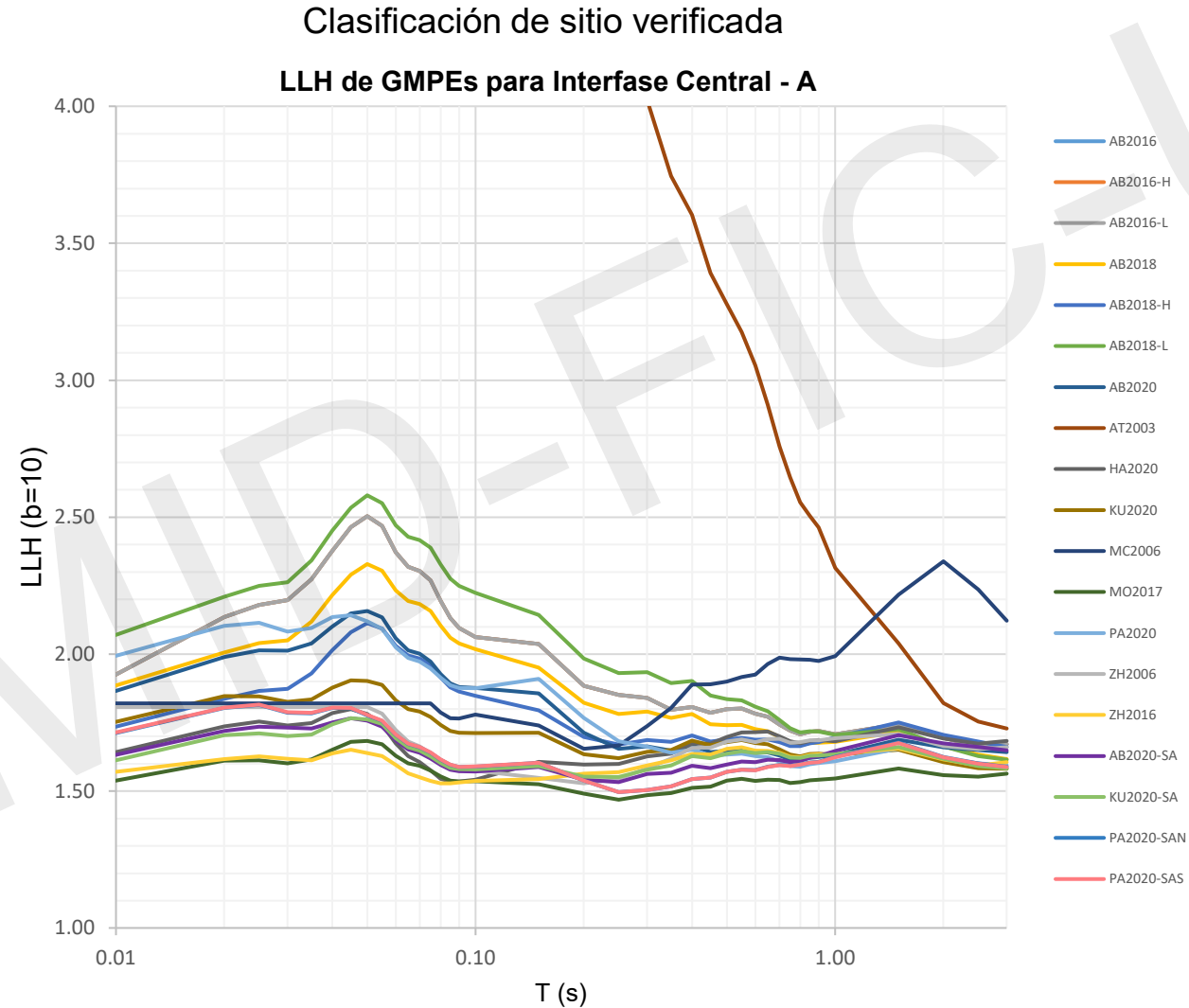
GMM PARA EVENTOS DE CORTEZA O CONTINENTALES



GMM PARA EVENTOS DE SUBDUCCIÓN

EVALUACIÓN DE LOS GMMs – ZONA CENTRAL DEL PERÚ

**SELECCIÓN BASADA
EN LOG-LIKELIHOOD**



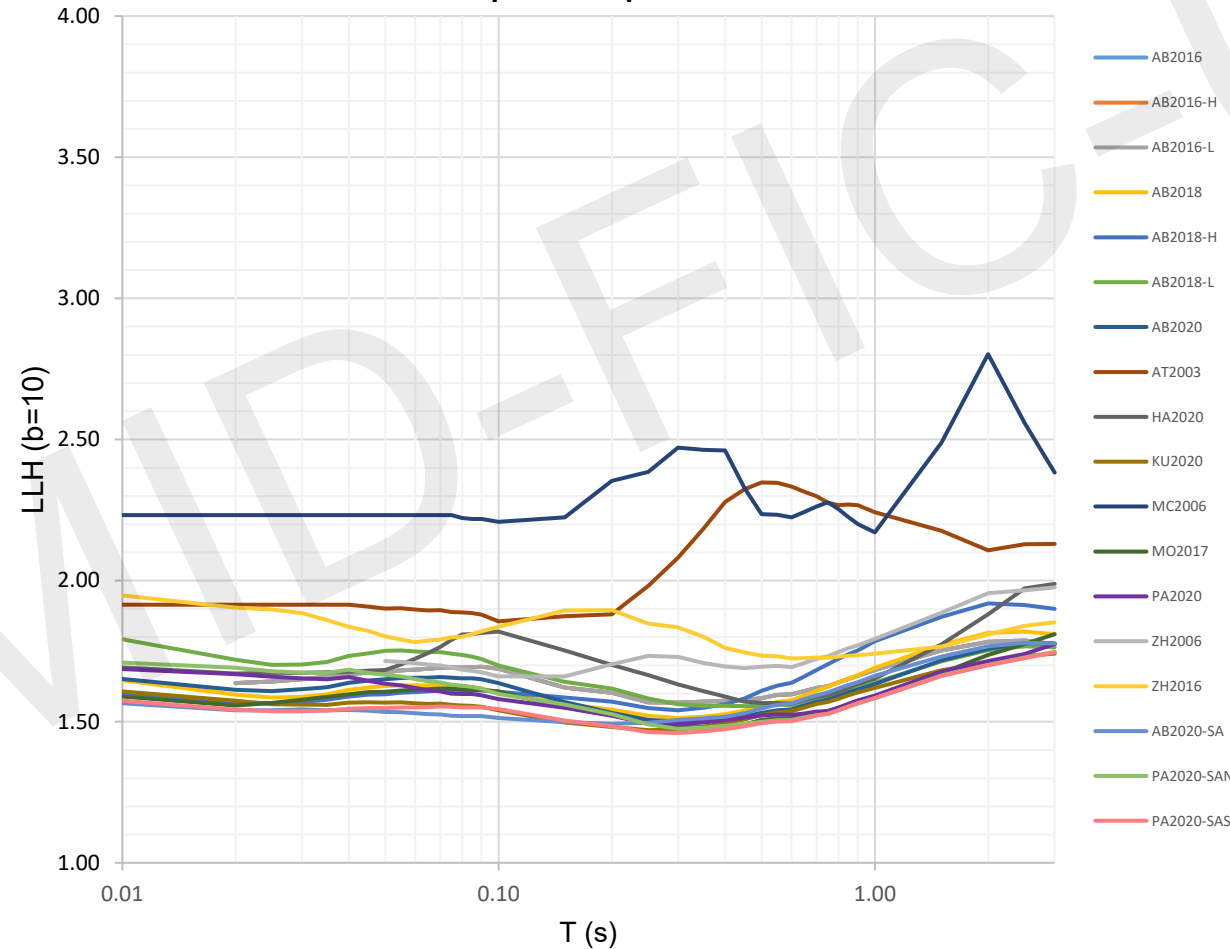
Mw ≥ 5.0
Rrup ≤ 350 Km
Suelo Tipo B y C

Aguilar et. al. (2022)

EVALUACIÓN DE LOS GMMs – ZONA CENTRAL DEL PERÚ

**SELECCIÓN BASADA
EN LOG-LIKELIHOOD**

Clasificación de sitio verificada
LLH de GMPEs para Intraplaca Central - A

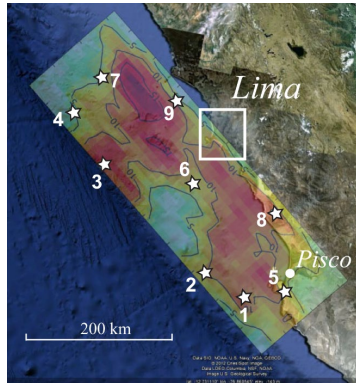


Mw ≥ 5.0
Rrup ≤ 350 Km
Suelo Tipo B y C

EXTRAPOLACIÓN DE GMMs CON MODELOS FÍSICOS EVENTOS DE GRAN MAGNITUD

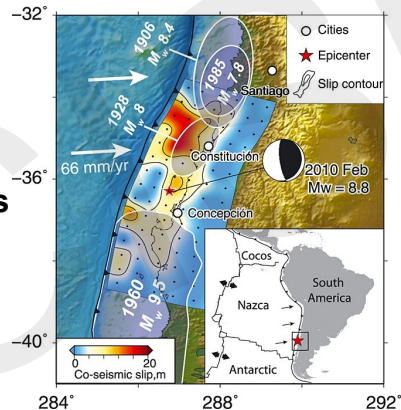
- Pulido et al. (2011), 8.9 Mw
- $355 \text{ m/s} \leq V_{s30} \leq 453 \text{ m/s}$
- $R_{rup}=46 \text{ a } 50 \text{ Km}$

6 registros

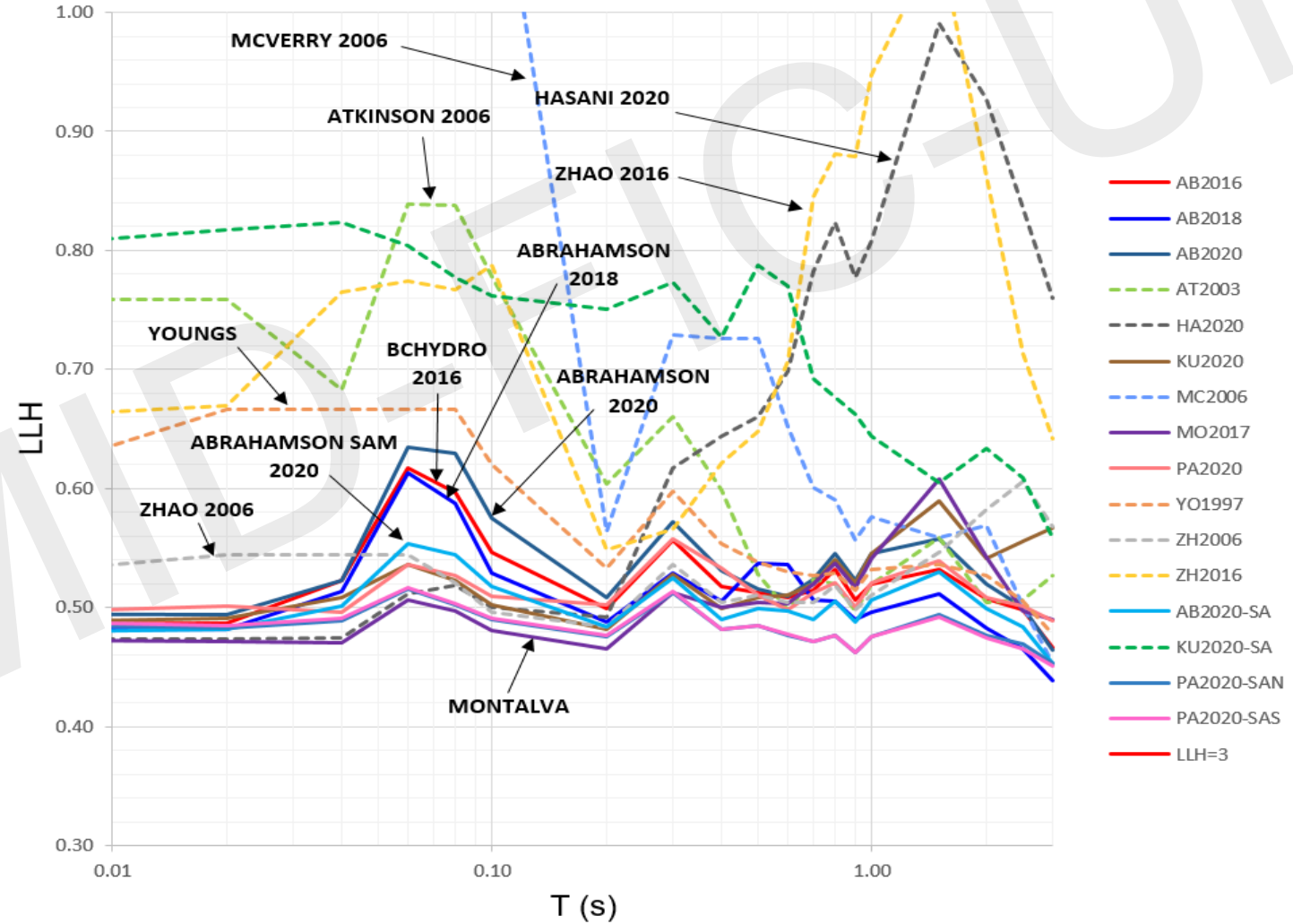


- Chile (2010), 8.8 Mw
- $537 \text{ m/s} \leq V_{s30} \leq 1951 \text{ m/s}$
- $R_{rup}=45 \text{ a } 102 \text{ Km}$

17 registros

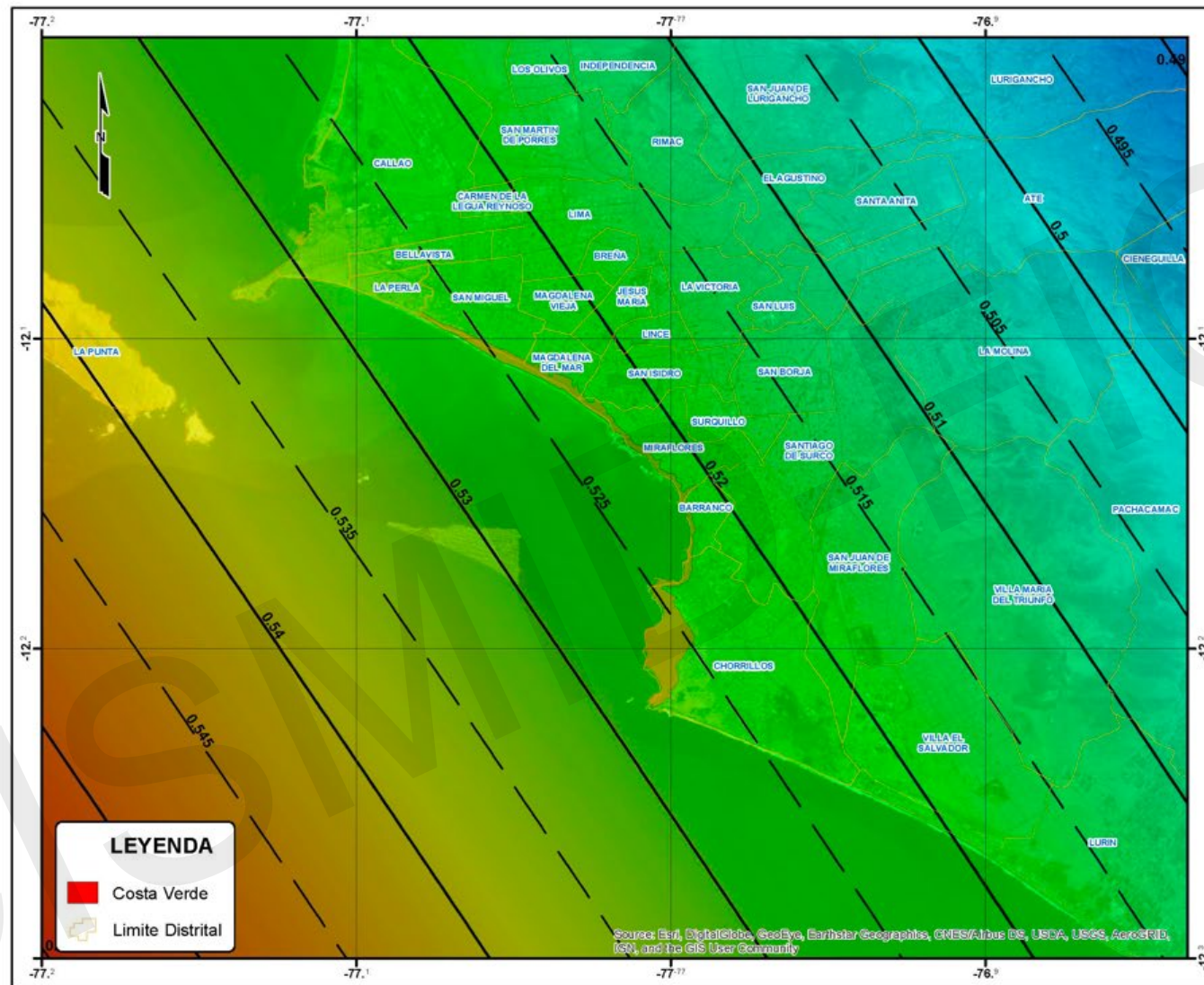


Bondad de ajuste de GMM - Interfase

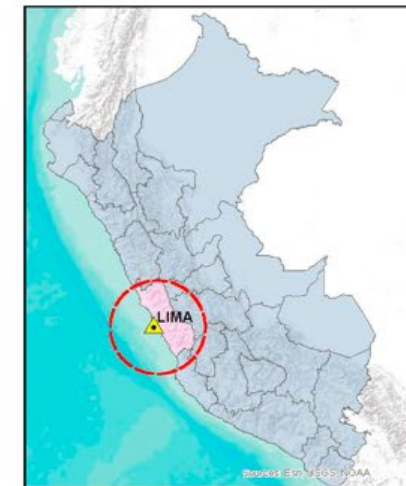


Aguilar et. al. (2022)

DISTRIBUCIÓN DE PGA A NIVEL DE SUELO FIRME

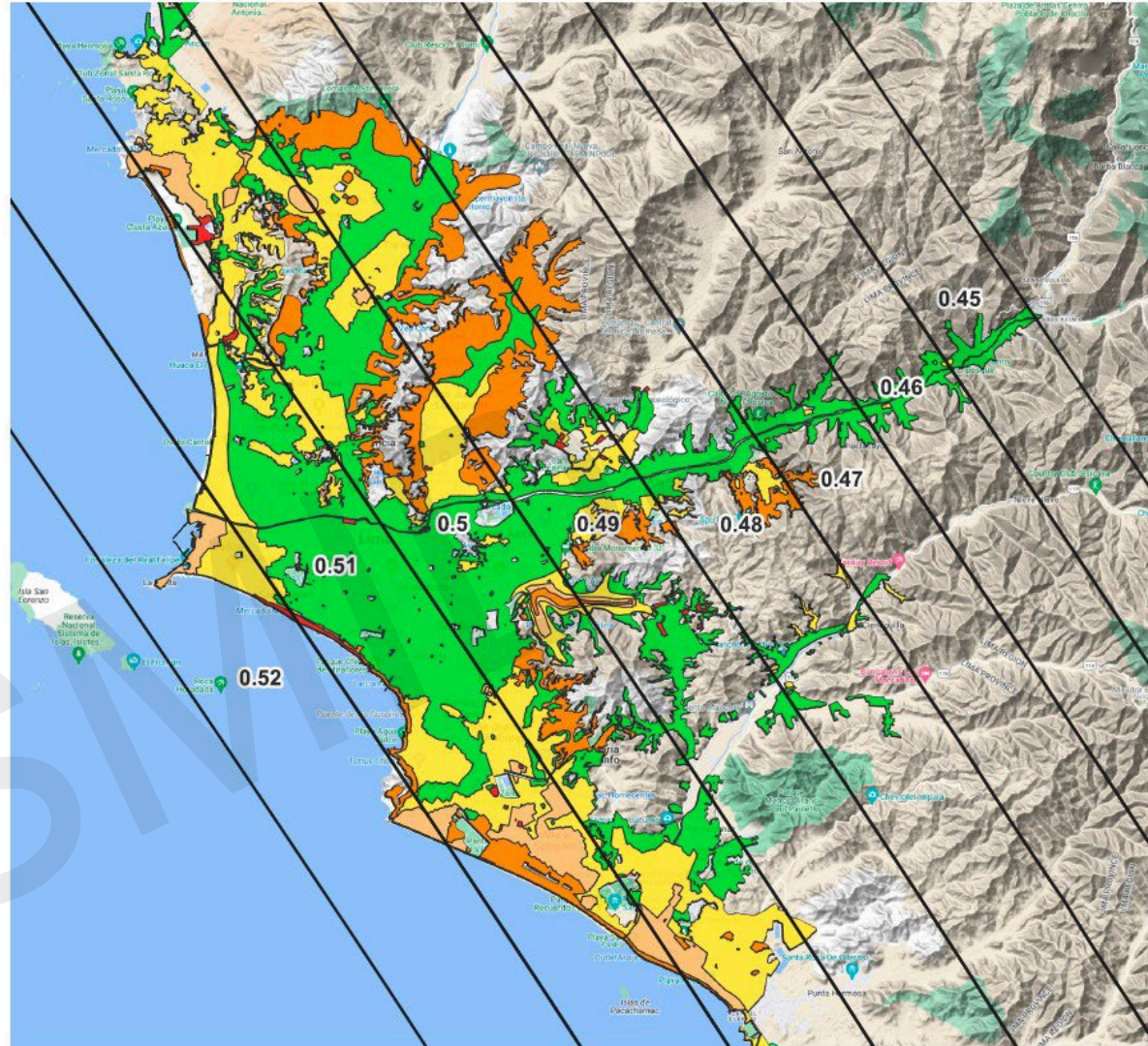


PLANO DE LOCALIZACIÓN
Escala: 1 / 500 000



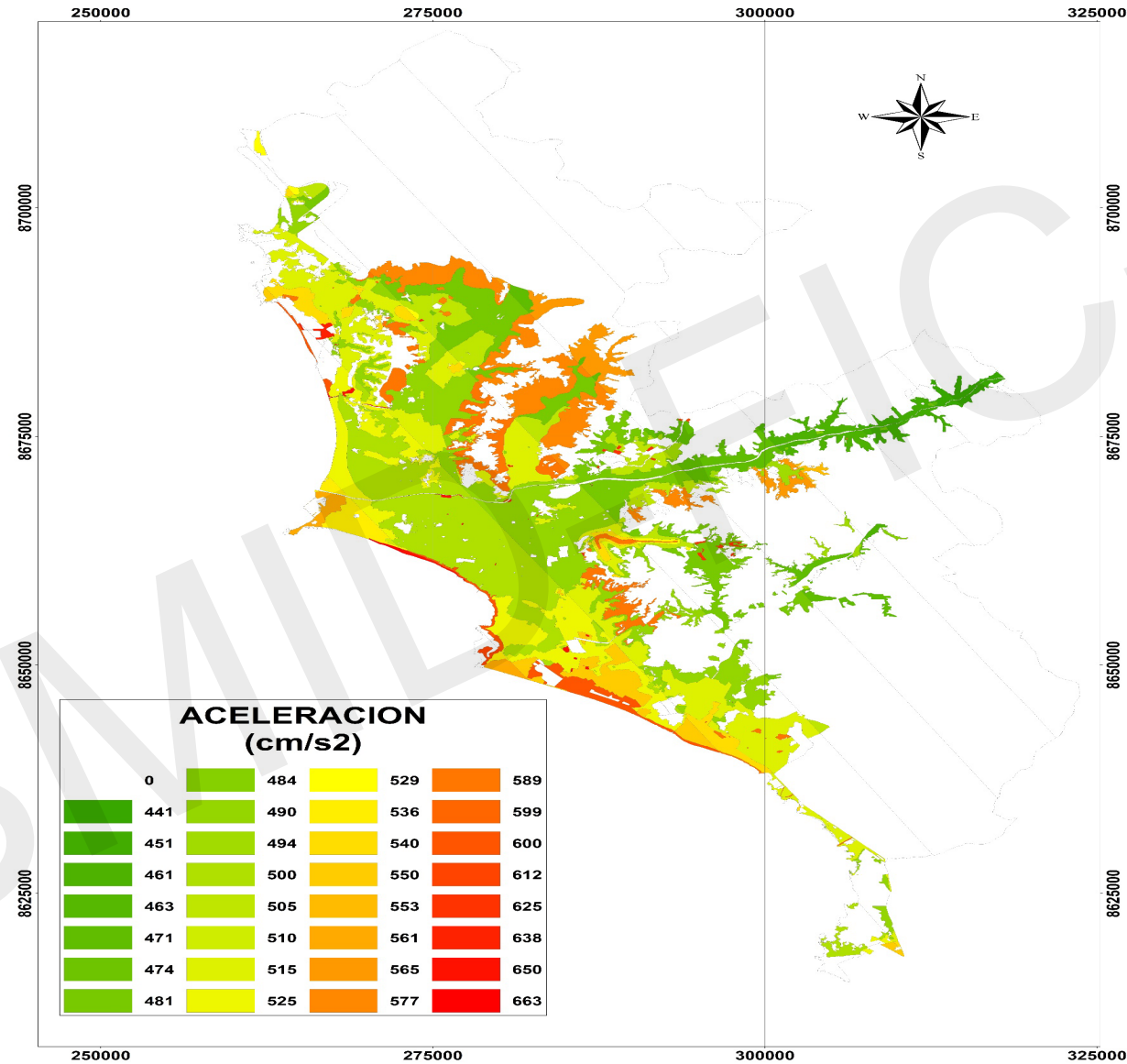
MAPA DE UBICACIÓN
Escala: 1 / 20 000 000

DISTRIBUCIÓN DE PGA PARA UN EVENTO DE 475 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO



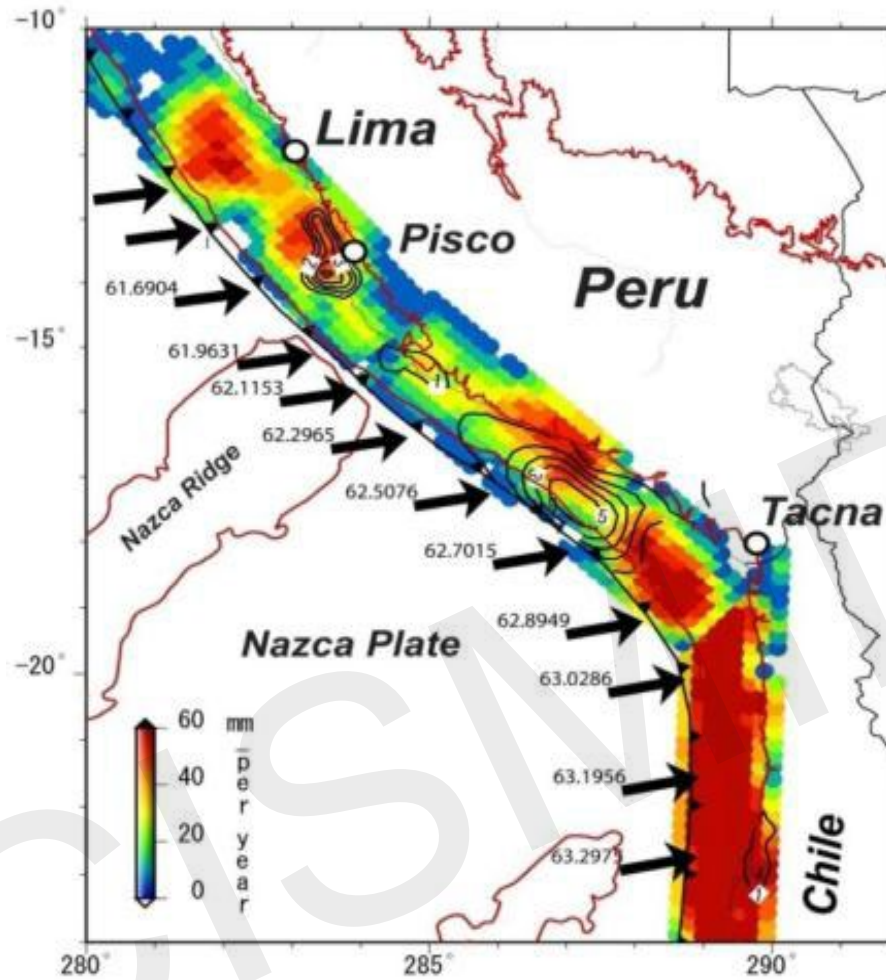
- Aceleración 2022
- Microzonificación LIMA
 - CEMENTERIO
 - FORMACION ROCOSA
 - OU
 - RÍO
 - RN-ANPM
 - ZA
 - ZE
 - ZM
 - ZONA I
 - ZONA II
 - ZONA III
 - ZONA IV
 - ZONA V

MAPA DE ACELERACIONES A NIVEL DE SUPERFICIE



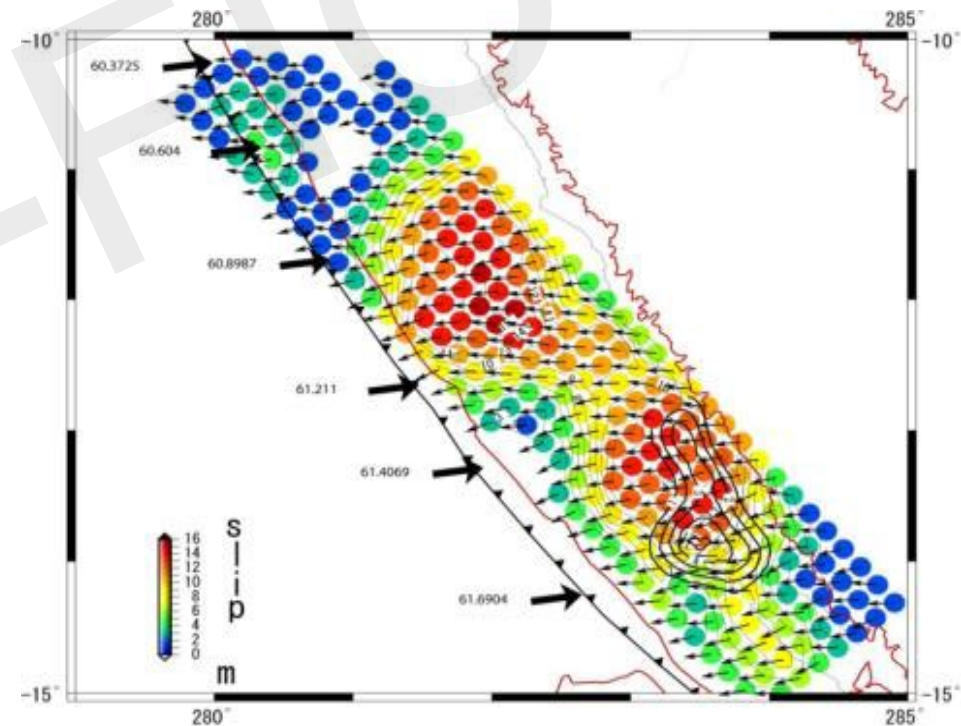
SISMO ESCENARIO PARA LA ZONA CENTRAL DEL PERÚ

(Pulido et al, 2011)



$C(x) \cdot v_0$

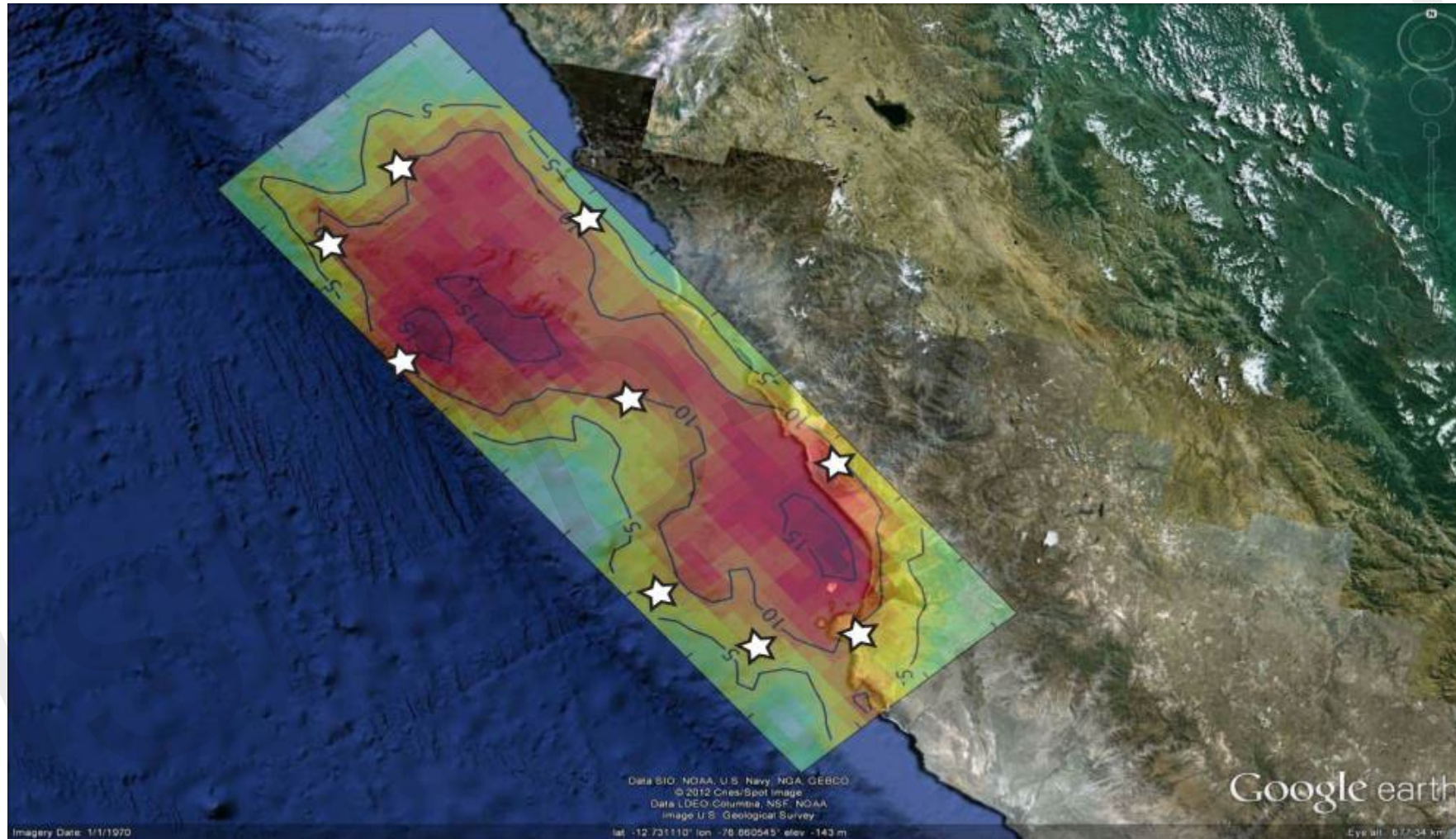
- Slip deficit since 1746 (265 years)
- Maximum slip is 15 m
- Magnitude $M_w \sim 8.9$, neglecting the 20 century earthquake sequence



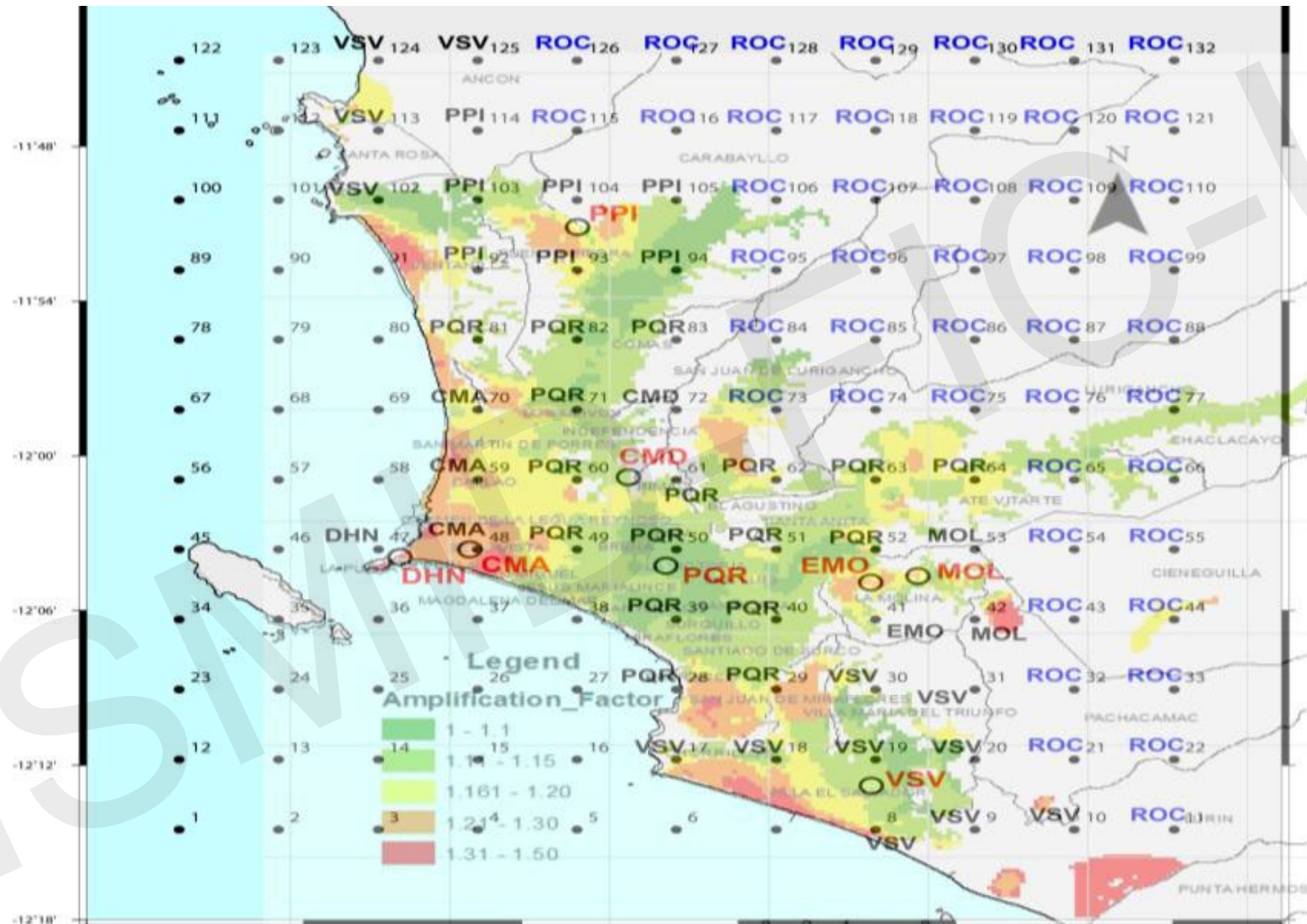
$S(x) = C(x) \cdot v_0 \cdot t$ $S(x)$: slip, t : elapsed time

LOCALIZACIÓN HIPOCENTRAL DE SISMOS ESCENARIOS

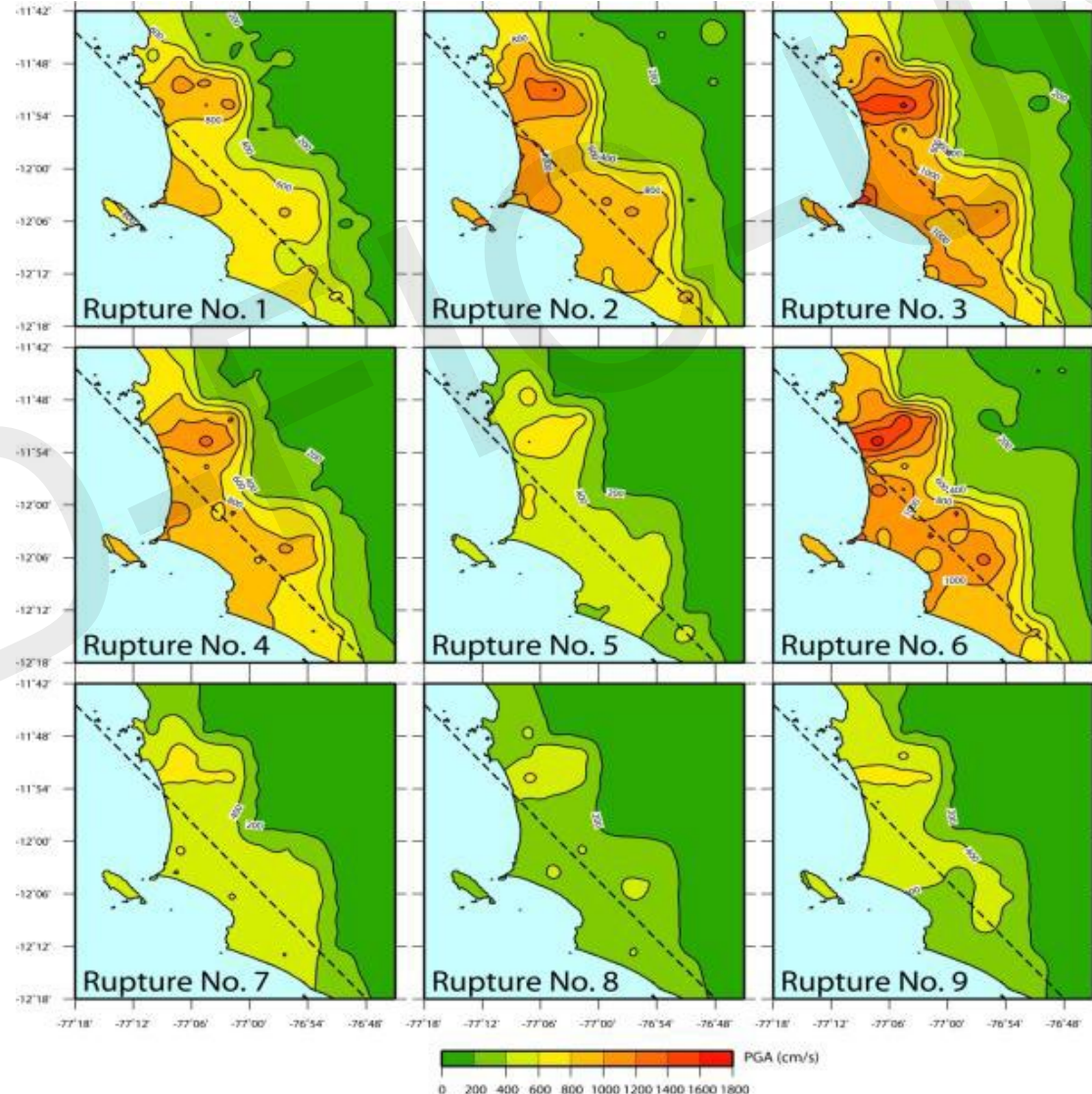
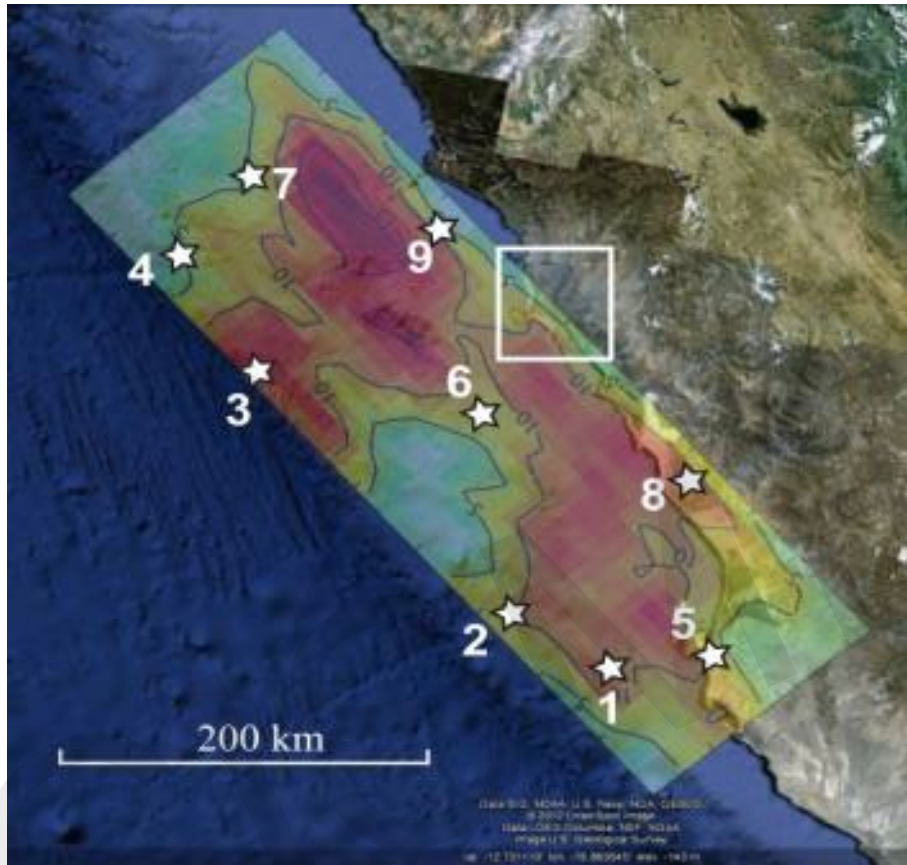
(Pulido et al, 2011)



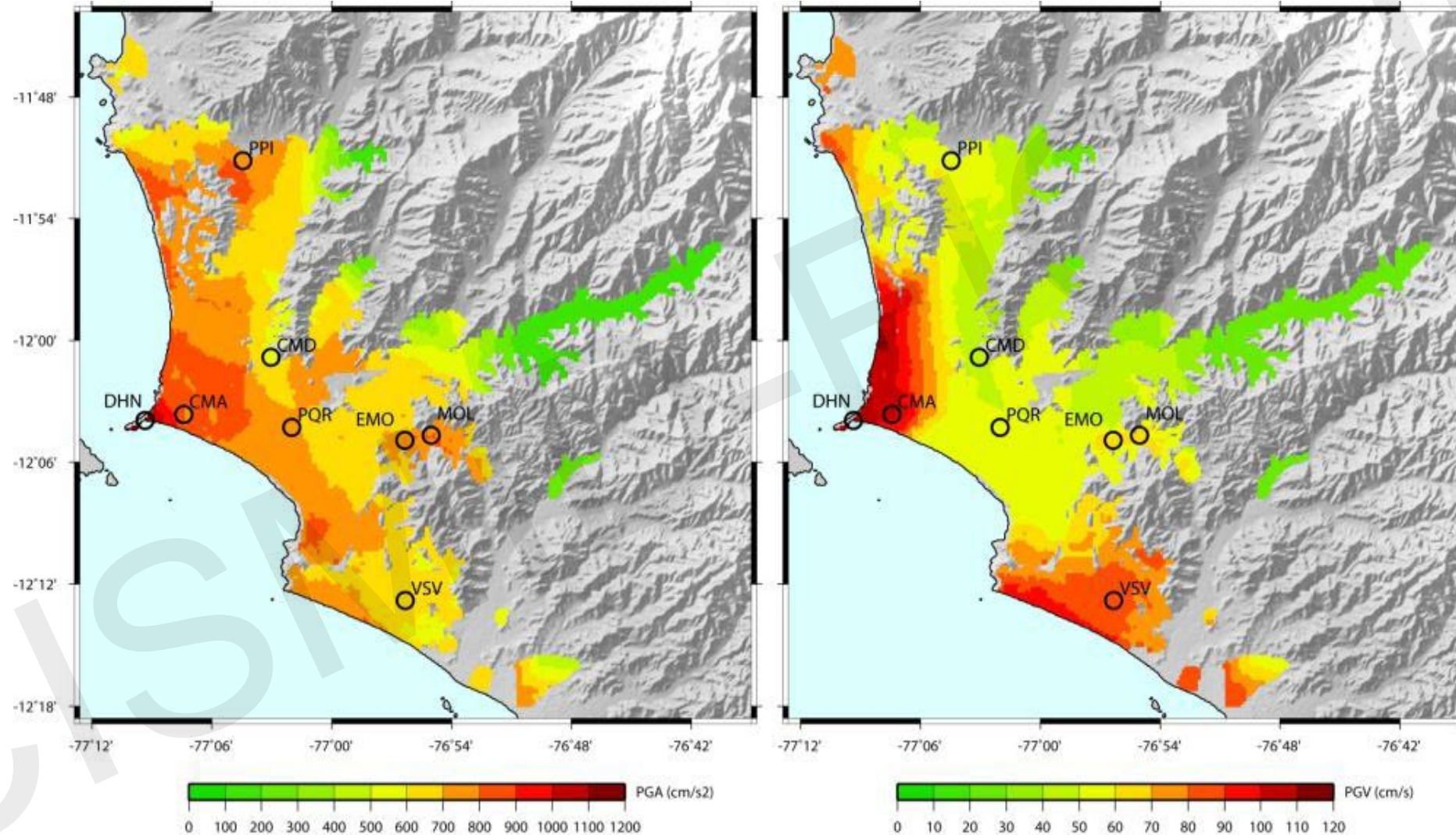
MALLA DE PUNTOS EVALUADOS Y FACTORES DE AMPLIFICACIÓN



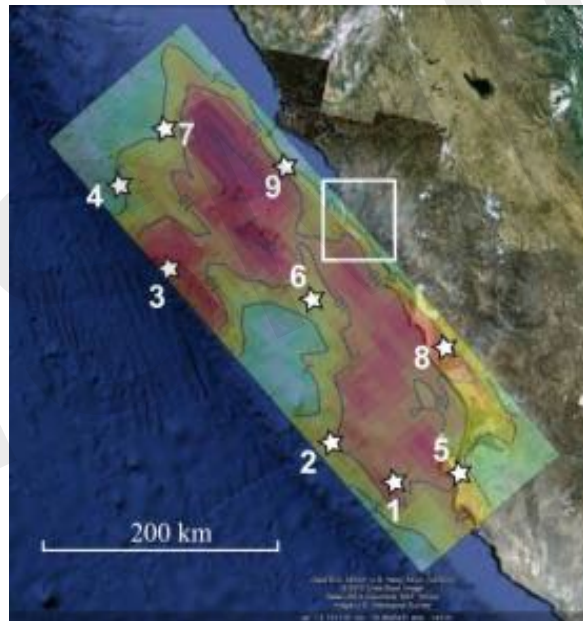
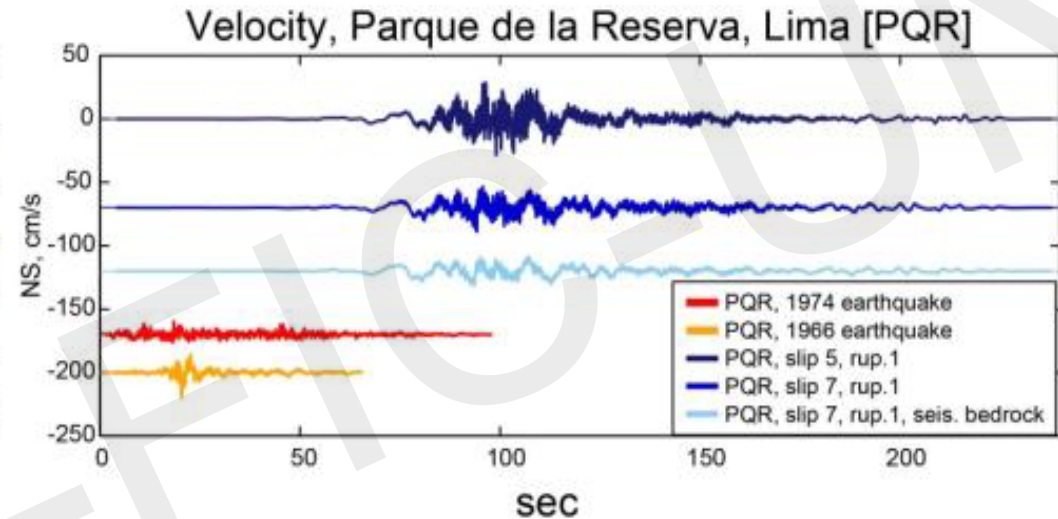
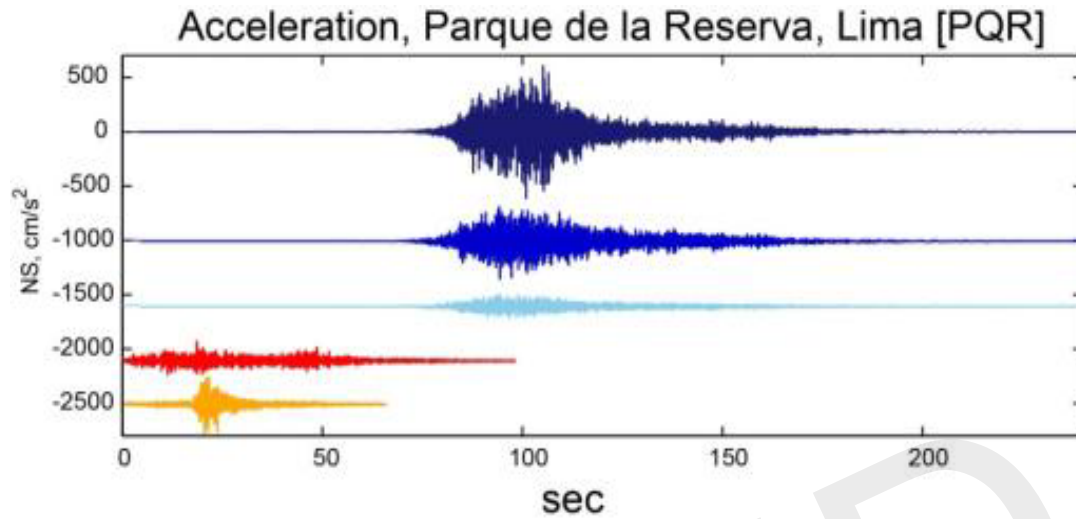
VARIACIÓN DE PGA SEGÚN EL PUNTO DE INICIO DE RUPTURA



VALORES DE PGA Y PGV PARA EL ESCENARIO SÍSMICO MÁS DESFAVORABLE



ACELEROGRAMA SINTÉTICO EN LA ESTACIÓN PQR, LIMA





GRACIAS

Correo electrónico del autor: zaguilar@uni.edu.pe / zaguilar@zergeosystem.pe

