

Herramientas de Diagnóstico y Nuevas Tecnologías en la Estimación del Riesgo Sísmico

Carlos Gonzales Trujillo



CENTRO PERUANO JAPONÉS DE
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y
MITIGACIÓN DE DESASTRES

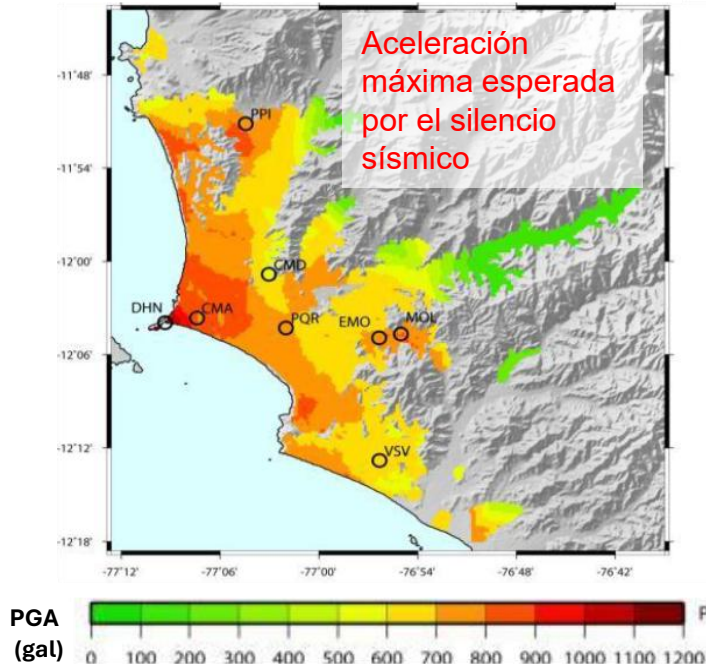
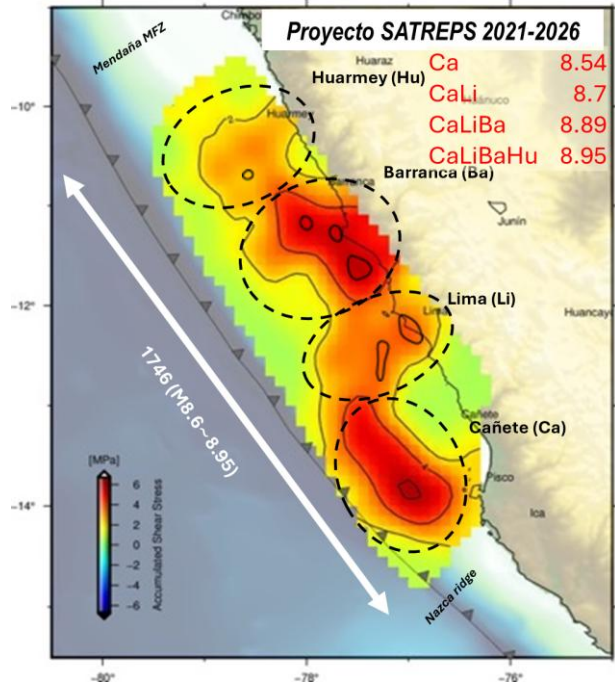
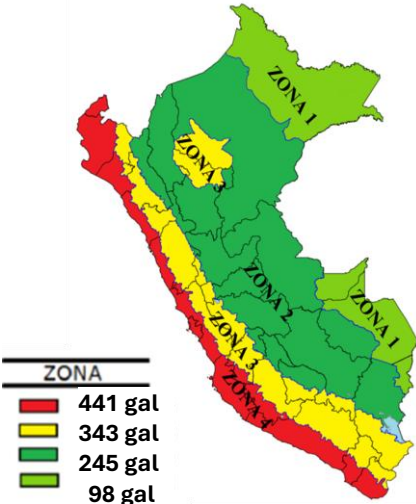
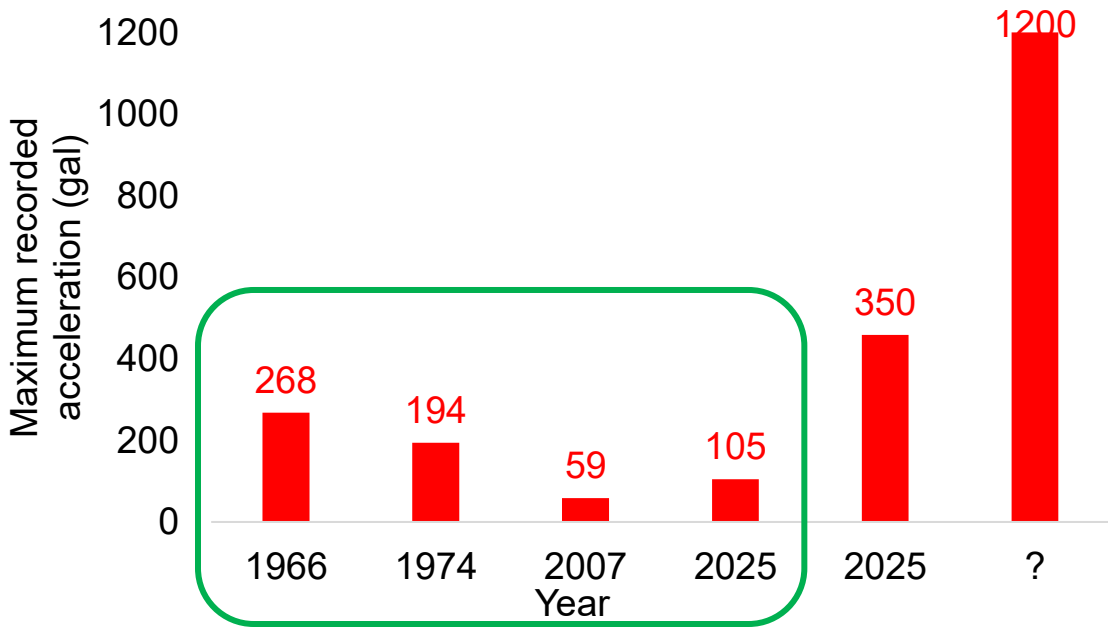
FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERÍA



Sismos más grandes registrados en Lima

Max. PGA registrado en Lima (últimos 60 años)	268 gal (suelo rígido)
Aceleración de diseño en la zona de mayor sismicidad (10%/50years)	441 gal (suelo rígido)
Max. PGA en Lima por el sismo de Pisco EQ. (15/08/2007)	59 gal (suelo rígido)
Max. PGA en Lima, Mw6.1 15/06/2025	105 gal (suelo rígido)
Max. PGA en Lima, Mw6.1 15/06/2025	350 gal (suelo intermedio)
Max. PGA proyectado por el silencio sísmico	1200 gal (suelo blando)



Demanda sísmica

Demanda sísmica	Probabilidad de excedencia	probabilidad de ocurrencia anual	Periodo de retorno periodo	Denominación
I	50%/30 años	0.0233	43	muy leve
II	50%/50 años	0.0139	72	leve
III	20%/50 años	0.0044	225	moderado
IV	10%/50 años	0.0021	475	Severo
V	5%/50 años	0.0010	975	Raro
VI	2%/50 años	0.0004	2475	muy raro

Probabilidad de que la demanda sea excedida

Vida útil

$\approx \times 1.3$

$\approx \times 1.5$

Ejemplo: *Lima 1966 y 1974 -> moderado, Pisco 2007 -> severo, Ecuador 2016 -> Raro, Lima 1746, Chile 2010 (Mw=8.8), Japón 2011 (Mw=9.0) -> Muy raro*

Herramientas de Estimación del Riesgo Sísmico

Estudios de Riesgo y su Relación con Gestión del Riesgo de Desastres

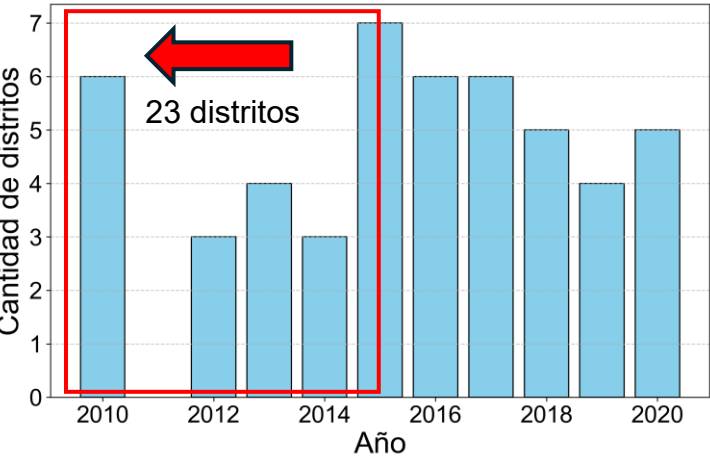
Riesgo ← función (Peligro, Exposición, Vulnerabilidad)

- 
- Evaluación de la amenaza o peligro sísmico. Escenario por sismo.
 - Estudio de microzonificación sísmica. Dinámica de suelos para la amplificación en la superficie.
 - Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones.
 - Estimación del riesgo sísmico mediante la cuantificación de la pérdida.
 - Análisis de la viabilidad del reforzamiento y otros lineamientos para la reducción del riesgo.



Estudios de Microzonificación Sísmica

VIGENCIA: 10 años (según Contenidos Mínimos del PP0068)

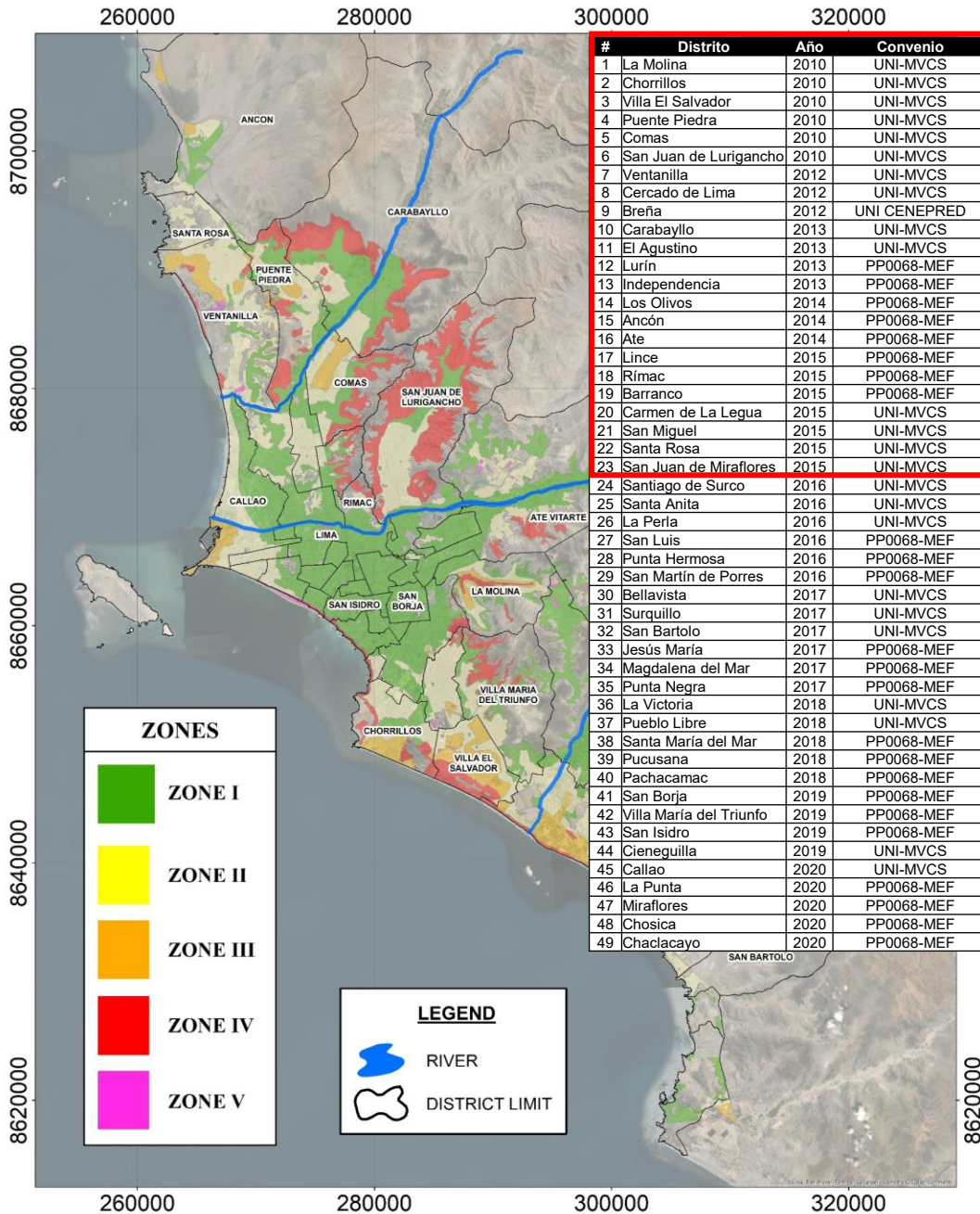


INFORMACIÓN UTILIZADA

- Peligros geológicos
- Ejecución de exploraciones geotécnicas.
- Exploraciones geofísicas y análisis de respuesta.

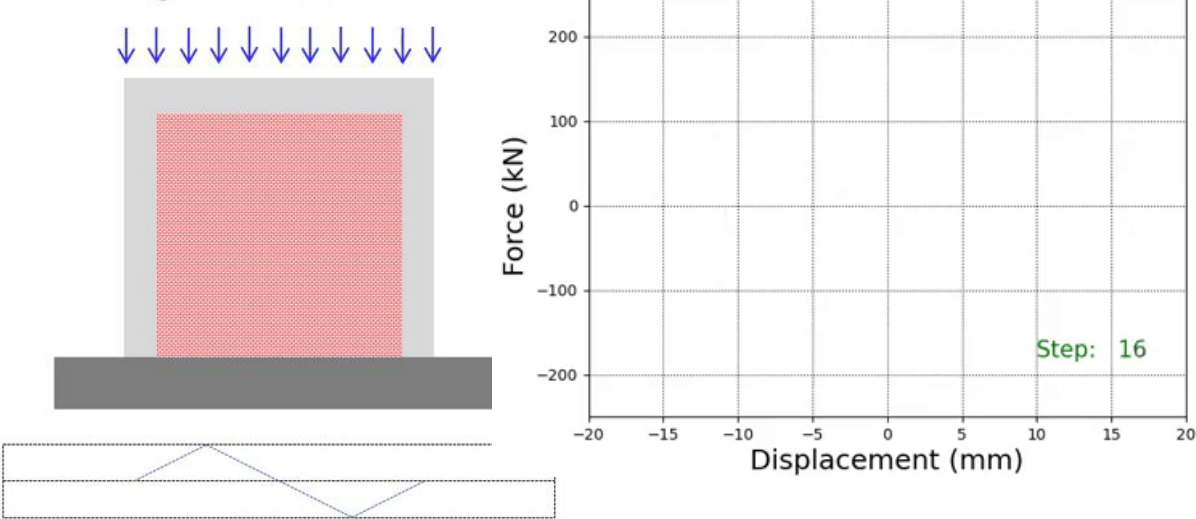
CLASIFICACIÓN SÍSMICA

- Mapas de tipos de suelos.
- Estimación de la capacidad portante.
- Parámetros de rigidez dinámica y periodos



Análisis de la Vulnerabilidad

Carga cíclica en muros



ESPECÍMEN M-ARTESANAL

Título: La Albañilería Tubular y su Uso en Viviendas en Zonas Sísmica

Material: Ladrillo tubular, de dimensiones 11×11.5×23 cms (*Industrial y artesanal*).

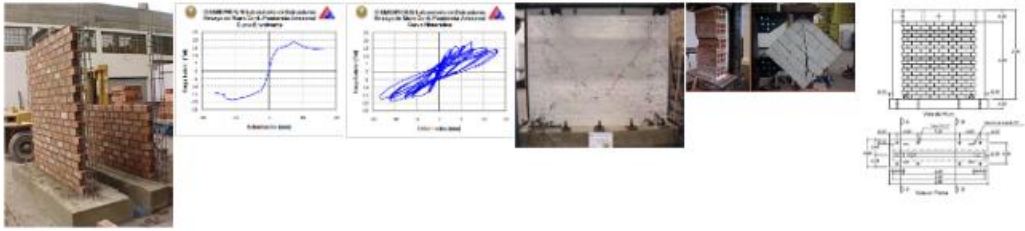
Características: Se ensayaron estructuras de albañilería confinada con aparejo de soga. Los especímenes se ensayaron sometiéndolos a cargas laterales cíclicas.

Albañilería: la resistencia a la compresión de la albañilería artesanal es de $f_m=33.2 \text{ kg/cm}^2$ (ensayos de pilas-SEGÚN LA TESIS), resistencia en corte $\tau_m=9.6 \text{ kg/cm}^2$.

Mortero: Para la construcción de los especímenes se empleó mortero proporcional volumétrica 1:3 (*cemento:arena gruesa*)

Concreto: El concreto utilizado tuvo características normales y su resistencia de diseño fue 175 kg/cm^2

Autor: Rafael salinas, Fernando Lazares (2007).



Universidad Nacional de IngenieríaFIC UNISATREPS

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES

Nosotros

Departamentos y Laboratorios

Observación Sísmica

Investigación

Capacitación

Difusión

Contacto

SEGUIR:

DESTACADOS DE LA PÁGINA

Buscar

PROGRAMA PRESUPUESTAL 0068

BASE DE DATOS DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS SATREPS PROJECT JICA – GOBIERNO DEL PERÚ PPR-068

CONTACTO

BASE DE DATOS EXPERIMENTAL

DESTACADOS / EVENTOS 14 MARZO, 2024

Curso: Ensayos Geotécnicos de Campo y Laboratorio

El Laboratorio Geotécnico del CISMIDU-FIC-UNI tiene el honor de invitar a estudiantes, técnicos y profesionales de ingeniería afines a la ram...

MUROS

Mampostería

Expecímen MC01

Expecímen MC02

Expecímen MC03

Expecímen MC04

Expecímen MC05

Expecímen MC06

Expecímen MC07

Expecímen MC08

Expecímen MC09

Expecímen MC10

Expecímen MC11

Expecímen MC12

Expecímen MC13

Expecímen MC14

Expecímen MC15

Expecímen MC16

Expecímen MC17

Expecímen MC18

Expecímen MC19

Expecímen MC20

Expecímen MC21

Expecímen MC22

Expecímen MC23

Expecímen MC24

Expecímen MC25

Expecímen MC26

Expecímen MC27

Expecímen MC28

Expecímen MC29

Expecímen MC30

Expecímen MC31

Expecímen MC32

Expecímen MC33

Expecímen MC34

Expecímen MC35

Expecímen MC36

Expecímen MC37

Expecímen MC38

Expecímen MC39

Expecímen MC40

Expecímen MC41

Expecímen MC42

Expecímen MC43

Expecímen MC44

Expecímen MC45

Expecímen MC46

Expecímen MC47

Expecímen MC48

Expecímen MC49

Expecímen MC50

Expecímen MC51

Expecímen MC52

Expecímen MC53

Expecímen MC54

Expecímen MC55

Expecímen MC56

Expecímen MC57

Expecímen MC58

Expecímen MC59

Expecímen MC60

Expecímen MC61

Expecímen MC62

Expecímen MC63

Expecímen MC64

Expecímen MC65

Expecímen MC66

Expecímen MC67

Expecímen MC68

Expecímen MC69

Expecímen MC70

Expecímen MC71

Expecímen MC72

Expecímen MC73

Expecímen MC74

Expecímen MC75

Expecímen MC76

Expecímen MC77

Expecímen MC78

Expecímen MC79

Expecímen MC80

Expecímen MC81

Expecímen MC82

Expecímen MC83

Expecímen MC84

Expecímen MC85

Expecímen MC86

Expecímen MC87

Expecímen MC88

Expecímen MC89

Expecímen MC90

Expecímen MC91

Expecímen MC92

Expecímen MC93

Expecímen MC94

Expecímen MC95

Expecímen MC96

Expecímen MC97

Expecímen MC98

Expecímen MC99

Expecímen MC100

Concreto

Expecímen MDL01

Expecímen MDL02

Expecímen MDL03

Expecímen MDL04

Expecímen MDL05

Expecímen MDL06

Expecímen MDL07

Expecímen MDL08

Expecímen MDL09

Expecímen MDL10

Expecímen MDL11

Expecímen MDL12

Expecímen MDL13

Expecímen MDL14

Expecímen MDL15

Expecímen MDL16

Expecímen MDL17

Expecímen MDL18

Expecímen MDL19

Expecímen MDL20

Expecímen MDL21

Expecímen MDL22

Expecímen MDL23

Expecímen MDL24

Expecímen MDL25

Expecímen MDL26

Expecímen MDL27

Expecímen MDL28

Expecímen MDL29

Expecímen MDL30

Expecímen MDL31

Expecímen MDL32

Expecímen MDL33

Expecímen MDL34

Expecímen MDL35

Expecímen MDL36

Expecímen MDL37

Expecímen MDL38

Expecímen MDL39

Expecímen MDL40

Expecímen MDL41

Expecímen MDL42

Expecímen MDL43

Expecímen MDL44

Expecímen MDL45

Expecímen MDL46

Expecímen MDL47

Expecímen MDL48

Expecímen MDL49

Expecímen MDL50

Expecímen MDL51

Expecímen MDL52

Expecímen MDL53

Expecímen MDL54

Expecímen MDL55

Expecímen MDL56

Expecímen MDL57

Expecímen MDL58

Expecímen MDL59

Expecímen MDL60

Expecímen MDL61

Expecímen MDL62

Expecímen MDL63

Expecímen MDL64

Expecímen MDL65

Expecímen MDL66

Expecímen MDL67

Expecímen MDL68

Expecímen MDL69

Expecímen MDL70

Expecímen MDL71

Expecímen MDL72

Expecímen MDL73

Expecímen MDL74

Expecímen MDL75

Expecímen MDL76

Expecímen MDL77

Expecímen MDL78

Expecímen MDL79

Expecímen MDL80

Expecímen MDL81

Expecímen MDL82

Expecímen MDL83

Expecímen MDL84

Expecímen MDL85

Expecímen MDL86

Expecímen MDL87

Expecímen MDL88

Expecímen MDL89

Expecímen MDL90

Expecímen MDL91

Expecímen MDL92

Expecímen MDL93

Expecímen MDL94

Expecímen MDL95

Expecímen MDL96

Expecímen MDL97

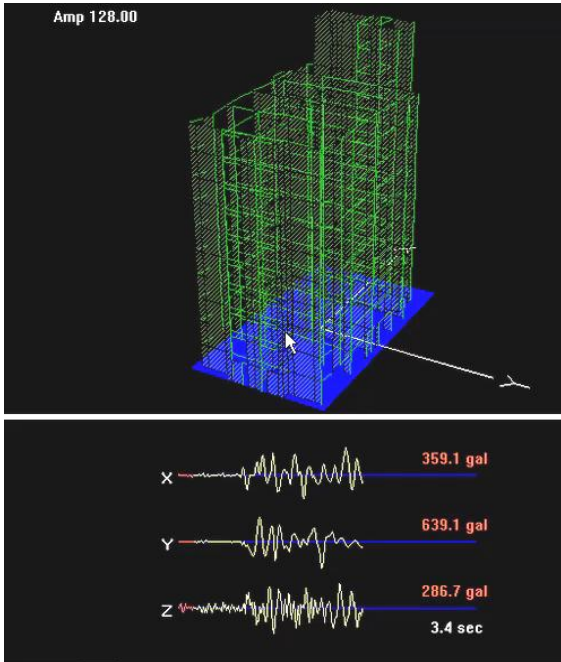
Expecímen MDL98

Expecímen MDL99

Expecímen MDL100

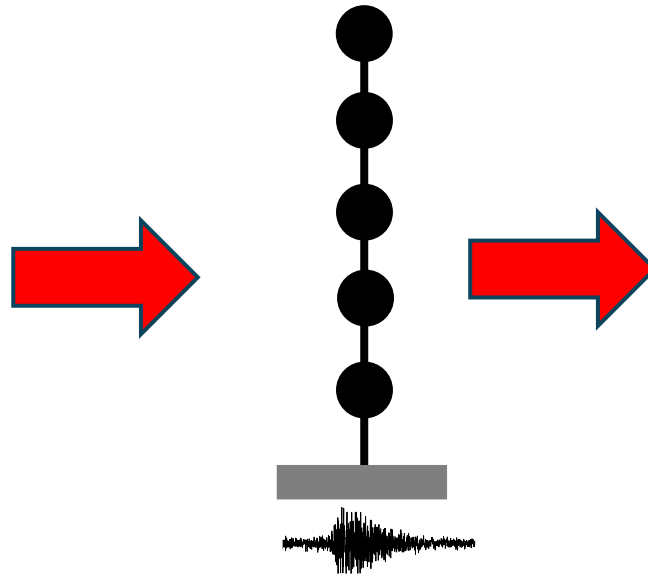
7

Simulador de la Respuesta Sísmica y Nivel de Daño

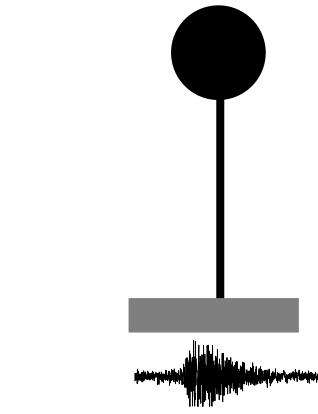


Modelo tridimensional

Se calculan factores $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$, a partir de análisis no lineal tiempo-historia de cientos de miles de tipologías estructurales, usando parámetros histeréticos calibrados con resultados experimentales para 14 sistemas estructurales



**Sistemas de
varios grados de
libertad**

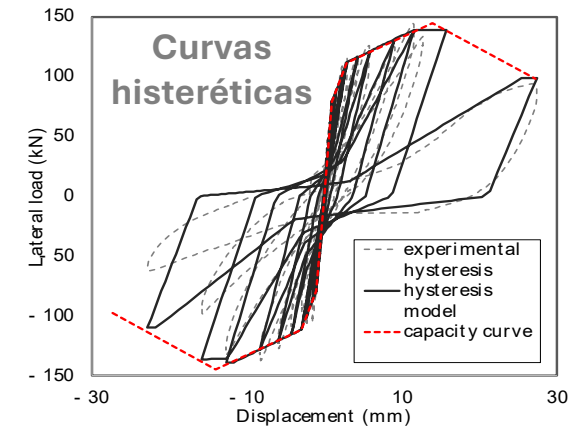
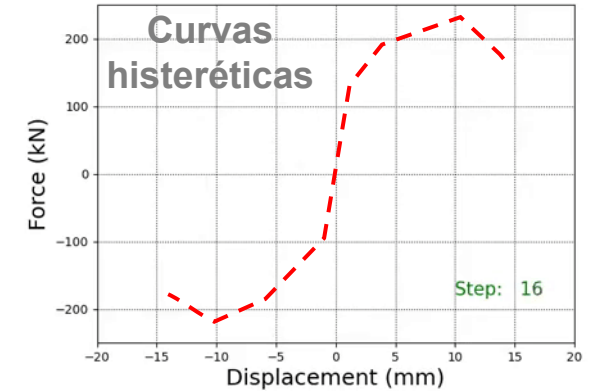


**Sistemas de 1 grado
de libertad
equivalente**

$$\left(\frac{\Delta \delta_j}{h_j} \right) = \frac{\beta_1 \beta_2 \cdot \beta_3 \beta_4}{H} S_d$$

**Expresión para el cálculo de
la respuesta sísmica en base
a modelos equivalentes**

Resultados experimentales



Clasificación de Tipologías Estructurales Peruanas

FICHAS DE CAMPO

Pisos
N° de pisos

Materiales	
A	Adobe
M	Mampostería
C	Concreto
Q	Quincha
S	Acero
W	Madera
O	Otros

Usos	
V	Vivienda
Y	Vivienda y comercio
C	Comercio
M	Multifamiliar
B	Policía o bomberos
E	Educación
H	Salud
I	Industrial
N	Baldío
O	Otros

Sistema estructural	
S	Mampostería de Arcilla Sin Refuerzo
M	Mampostería Armada o Confinada con Diafragmas Rígidos
N	Mampostería Armada o Confinada con Diafragmas Flexibles
L	Construcción Informal en Albañilería
A	Adobe y Quincha
C	Pórticos de Concreto
P	Estructura de Concreto Armado con Placas
I	Pórticos de Concreto con Vanos Rigidizados con Mampostería
Z	Estructura Celular de Concreto
D	Muros de ductilidad Limitada
F	Pórtico de Acero Resistentes a Momento
B	Pórtico de Acero Arriostrados con Diagonales
U	Estructura de Perfiles Livianos
W	Entramados de Madera
T	Estructuras Industriales / Comerciales
Y	Estructuras con protección sísmica
O	Otros

Condición	
B	Bueno
M	Malo
R	Regular

Ejemplo:

02COIR

Datos de vivienda

N° pisos: 3
1er piso: Sólido
2do piso: Tubular
3er Piso: Tubular

L2: Tubular

L2: Tubular

L1: Sólido

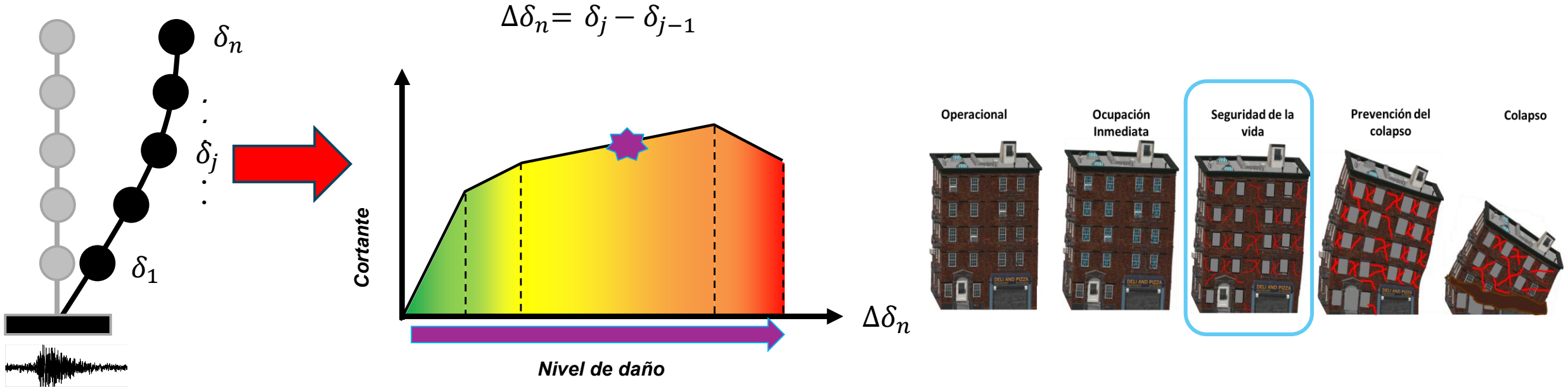
Etap	Inicio	Fin
0	antes	1970
1	1970	1977
2	1977	1997
3	1997	2003
4	2003	2014
5	2014	2018
6	2018	actualidad

- Factor de antigüedad



Tipología 003ML1.2L2

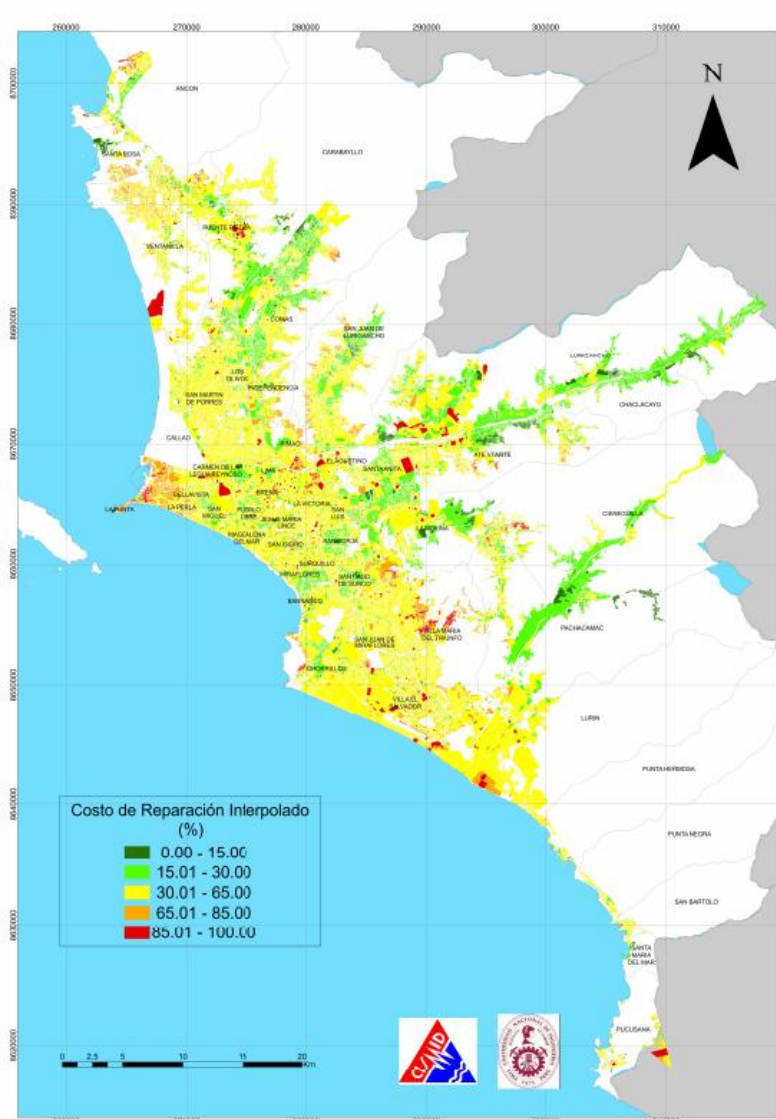
Estimación del Riesgo (Cuantificación de la Pérdida)



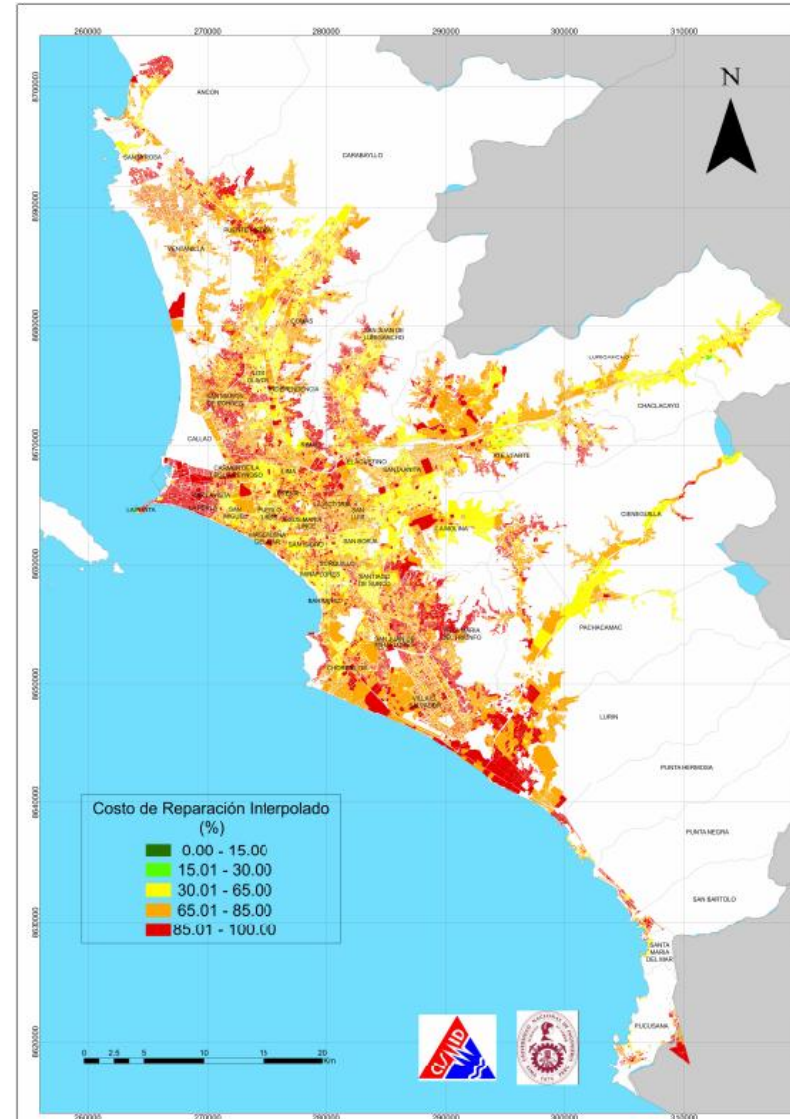
¿Cuánto se perdió?

- ✓ Estructura
- ✓ Acabados
- ✓ Contenido
- ✓ Paralización de actividades
- ✓ Otros

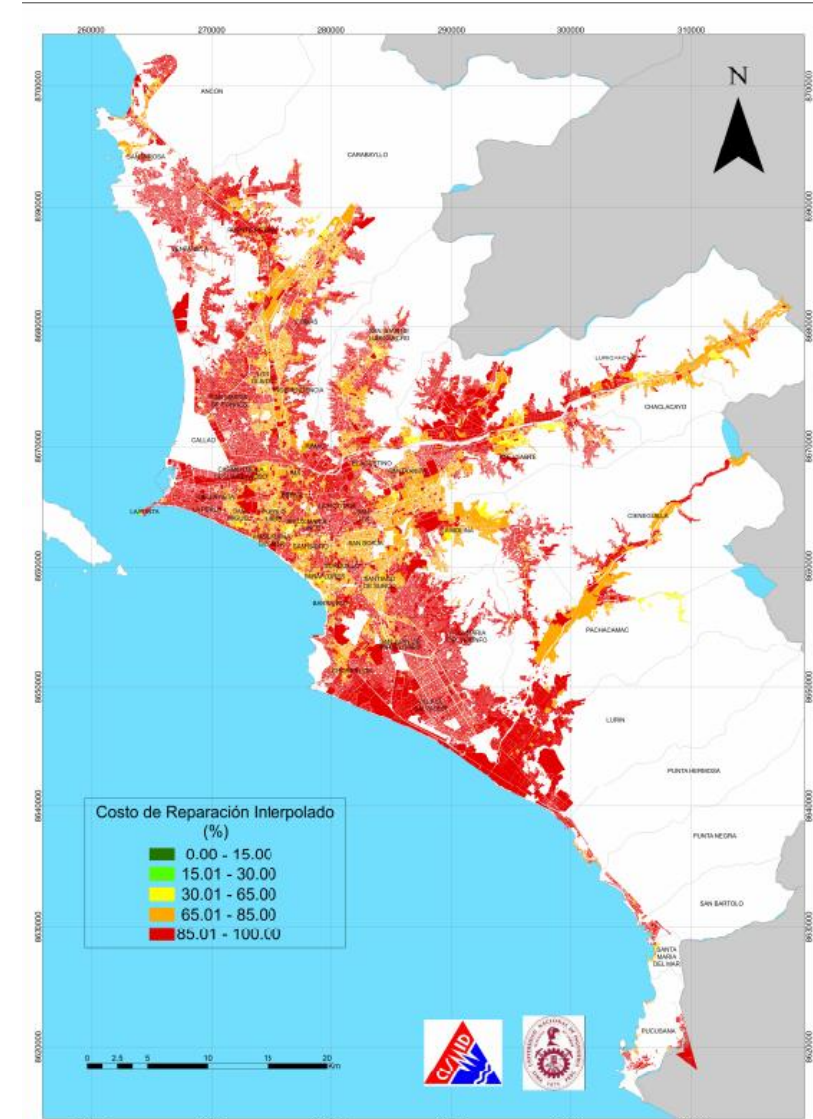
Escenarios de Riesgo Sísmico (Lima y Callao)



10% / 50 años
Tr=475 años
(Severo)



5% / 50 años
Tr=975 años
(Raro)



2% / 50 años
Tr=2475 años
(Muy raro)

SBS actualiza regulación de la reserva de riesgos catastróficos

Nuevo marco legal contribuirá a fortalecer la capacidad del sistema asegurador frente a eventos catastróficos que puedan afectar su cartera.



De acuerdo la norma, publicada hoy en el Diario Oficial, se establece la forma de cálculo de la reserva de riesgos catastróficos, la cual se sustenta en la metodología desarrollada por el Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), para estimar las pérdidas que puedan afectar las edificaciones, contenido y lucro cesante asegurados a nivel nacional frente a la ocurrencia de terremotos y/o tsunamis que puedan presentarse en cualquier región del país.

consecuencias catastróficas de dicho evento.

De acuerdo la norma, publicada hoy en el Diario Oficial, se establece la forma de cálculo de la reserva de riesgos catastróficos, la cual se sustenta en la metodología desarrollada por el Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), para estimar las pérdidas que puedan afectar las edificaciones, contenido y lucro cesante asegurados a nivel nacional frente a la ocurrencia de terremotos y/o tsunamis que puedan presentarse en cualquier región del país.

**Resolución S.B.S.
N° 03661-2021**

*La Superintendente de Banca, Seguros y
Administradoras Privadas de Fondos de Pensiones*

CONSIDERANDO:

Que, la Ley General del Sistema Financiero y del Sistema de Seguros y Orgánica de la Superintendencia de Banca y Seguros, Ley N° 26702 y sus modificatorias, en adelante la Ley General, señala en el artículo 306 que las empresas de seguros y/o reaseguros deben constituir, mensualmente, la reserva de riesgos catastróficos y de siniestralidad incierta;

Que, la Superintendencia aprobó el Reglamento para la Constitución de la Reserva de Riesgos Catastróficos y de Siniestralidad Incierta, mediante Resolución SBS N° 1305-2005 y normas modificatorias;

Que, el Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería, por encargo de la Superintendencia, ha realizado un estudio para actualizar la metodología de cálculo de pérdidas estimadas de las edificaciones y otros bienes asegurados contra los riesgos de terremoto y tsunami;

Que, como resultado del estudio mencionado, el CISMID ha elaborado las Bases técnicas para la estimación de pérdidas con fines de seguros de terremoto y

empresas de seguros y/o de reaseguros, las referidas a la revisión de la consistencia de las bases de datos de bienes asegurados que se consideran en el cálculo de la reserva catastrófica;

Que, a efectos de recoger las opiniones del público en general respecto a la propuesta normativa, se dispuso la prepublicación del proyecto de resolución sobre la materia en el portal electrónico de esta Superintendencia, al amparo de lo dispuesto en la

Nuevas Tecnologías para la Estimación del Riesgo Sísmico

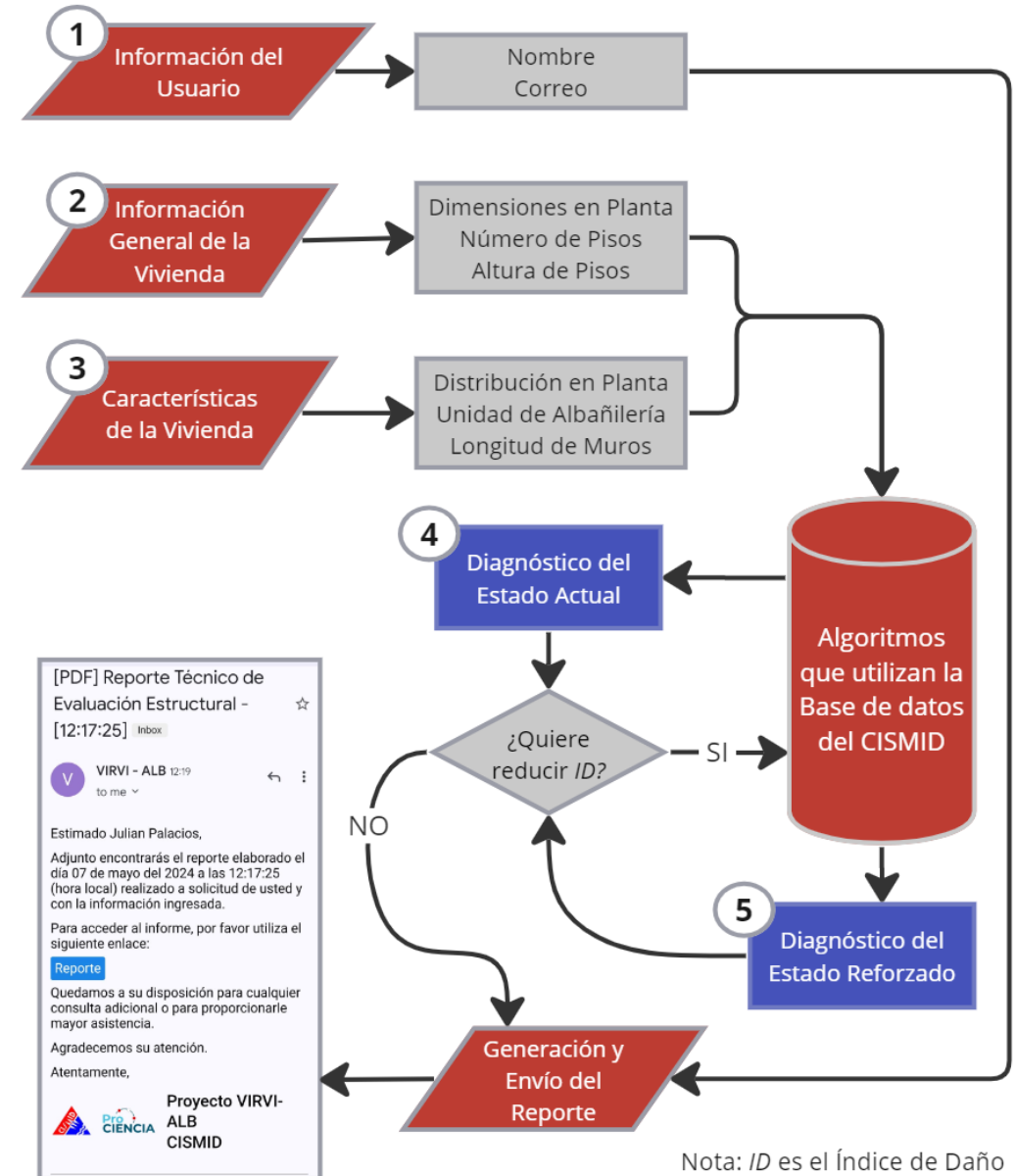
Herramienta Digital de Cálculo de la Vulnerabilidad, Riesgo y Viabilidad de Reforzamiento Estructural en Viviendas de Albañilería (VIRVI-ALB)

Datos de entrada del **Usuario**:

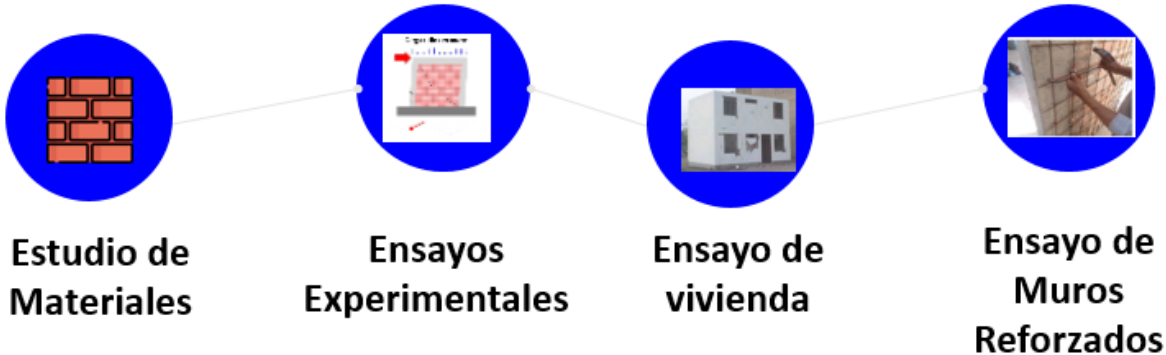
- Nombre, correo.
- Dimensiones en Planta (m)
- Número de Pisos
- Tipo de Distribución en Planta
- Unidad de Albañilería

Resultados:

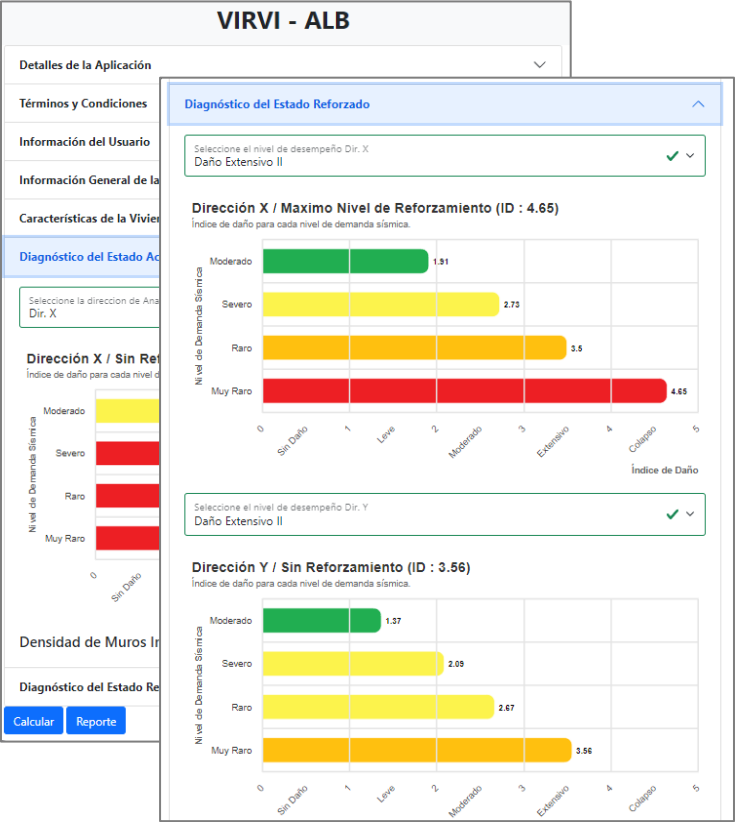
- Diagnóstico del Estado Actual
- Diagnóstico del Estado Reforzado
- Reporte Técnico



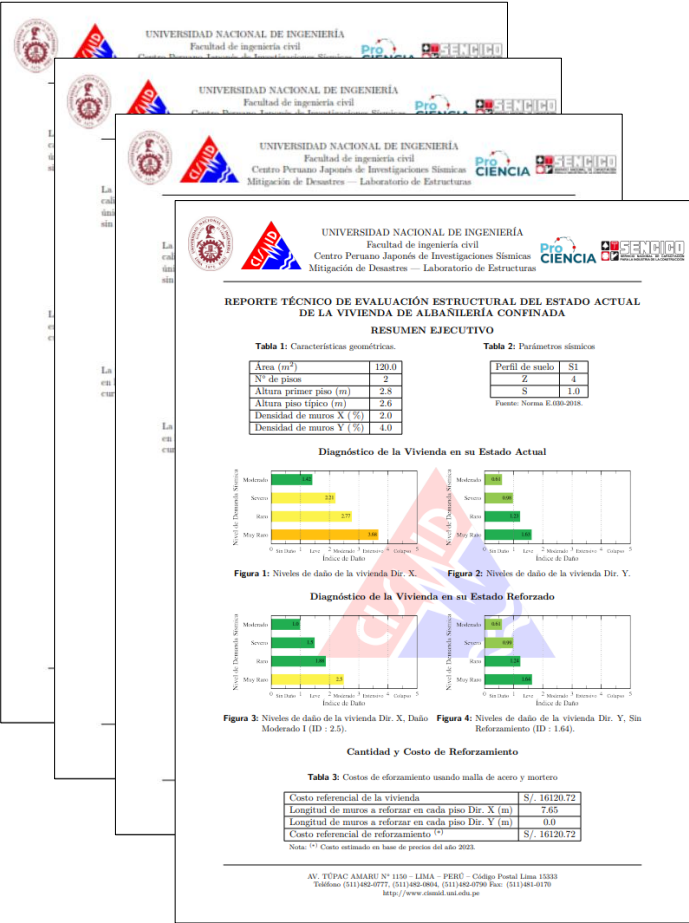
Nota: ID es el Índice de Daño



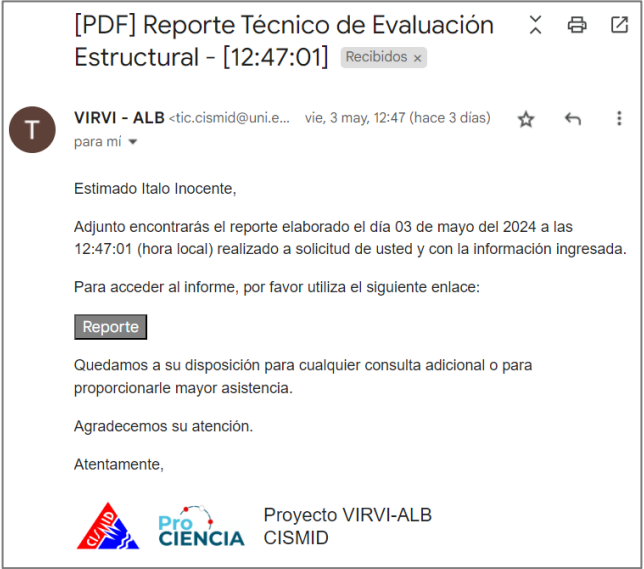
Herramienta Digital de Cálculo de la Vulnerabilidad, Riesgo y Viabilidad de Reforzamiento Estructural en Viviendas de Albañilería (VIRVI-ALB)



Resultados
APLICATIVO WEB



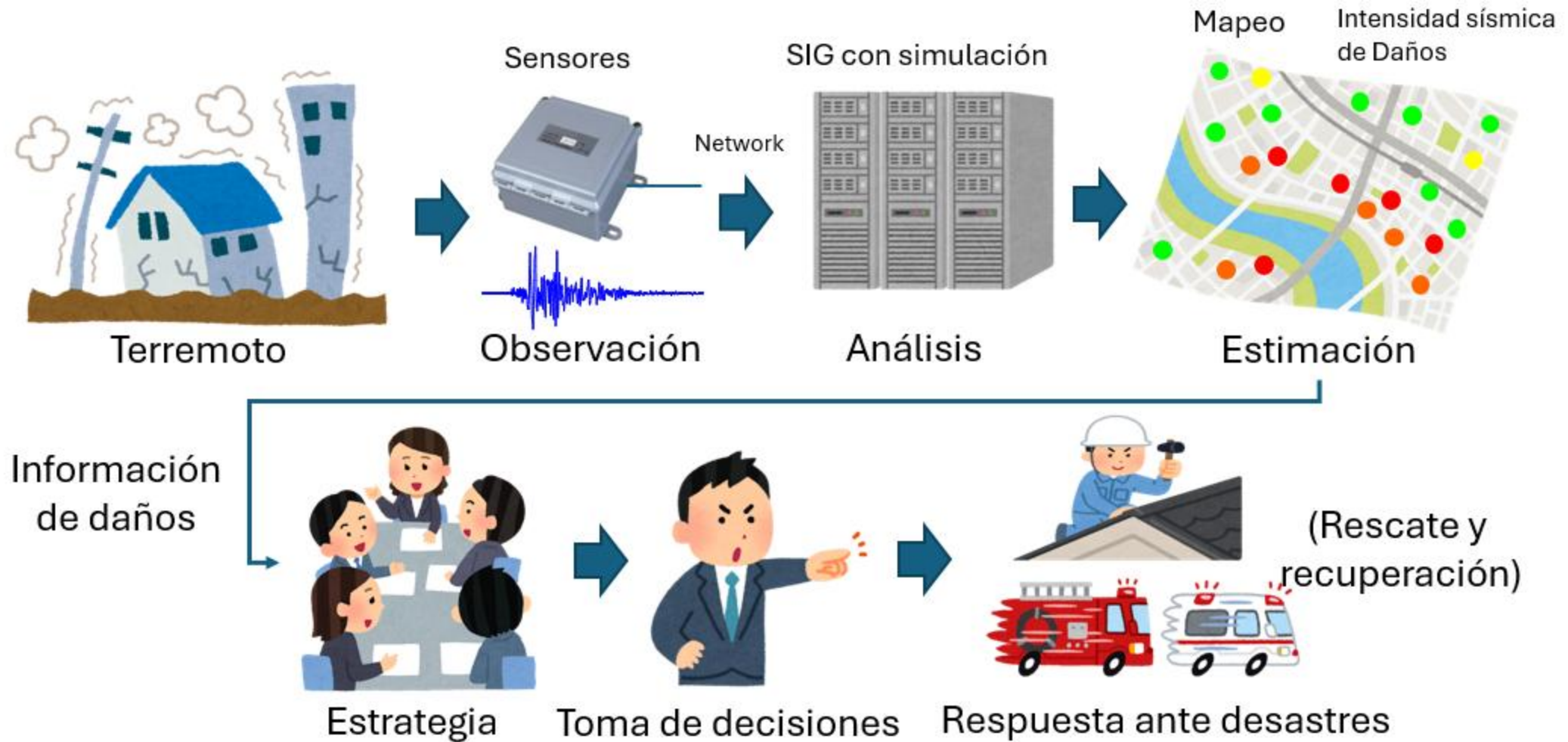
Reporte
CORREO ELECTRONICO



Reporte e información para toma de decisiones

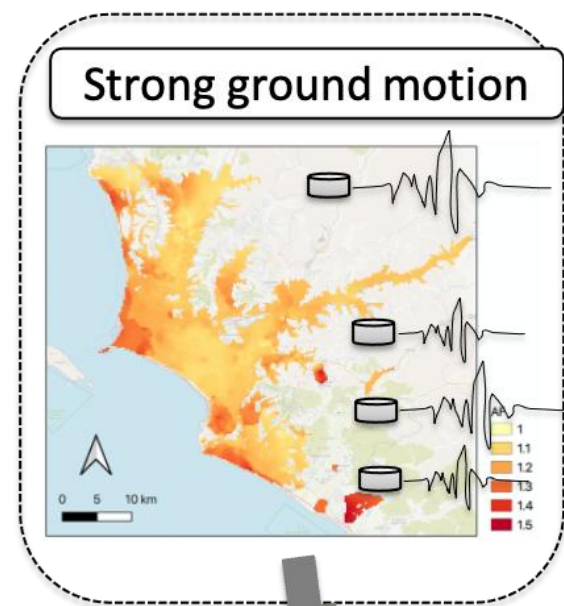
Desarrollo de un Sistema Experto Integrado para la Estimación y observación de niveles de daño en Infraestructura en el Área de Lima Metropolitana

Flujo del Sistema: Observación, Estimación y Toma de Decisiones

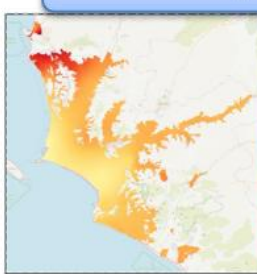


“Vista de pájaro” con información

G1a



ShakeMap

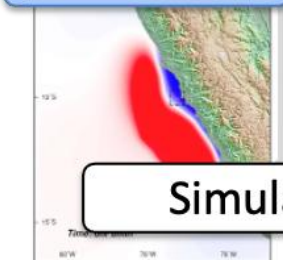


Damage Map



G1b

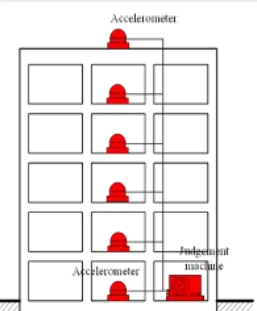
Tsunami Damage



Simulation

G2a

Building



Real-time damage estimation

G2b

Lifeline network



Lifeline damage estimation

Remote sensing



Building damage estimation

G3

G3

Integrated GIS

Decision making tool

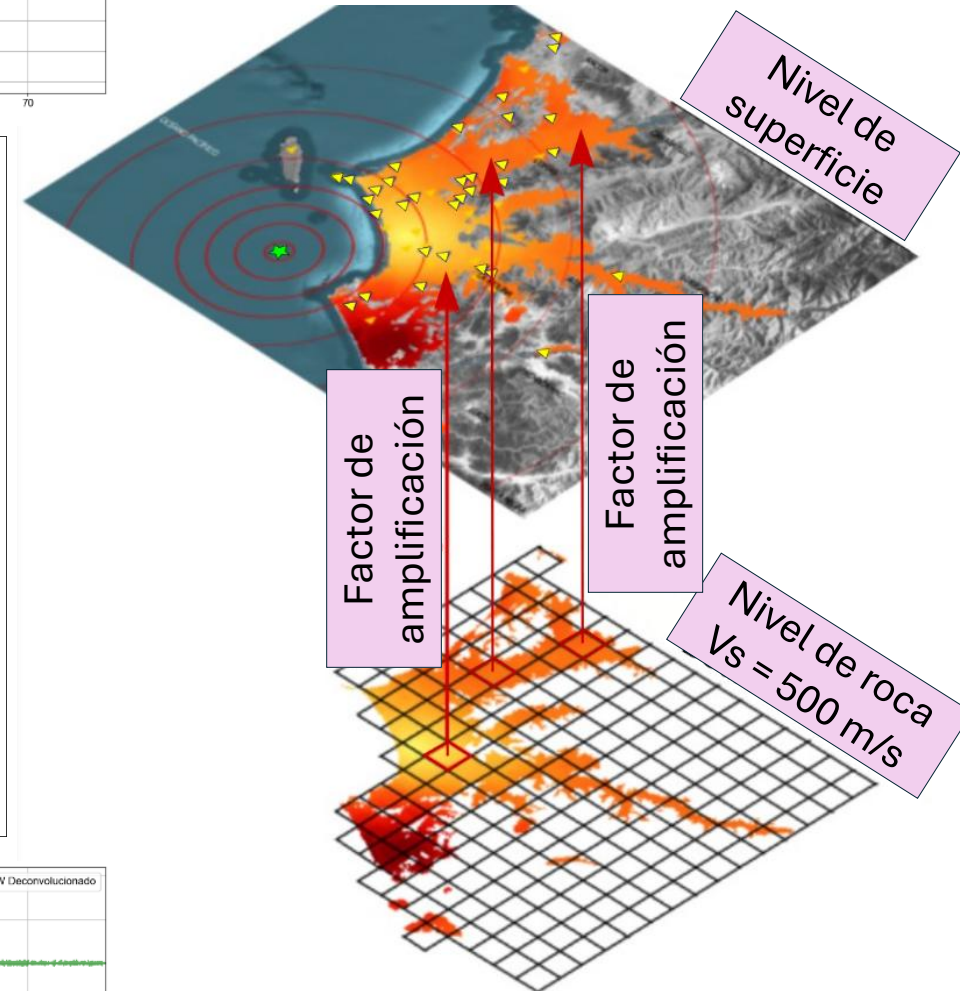
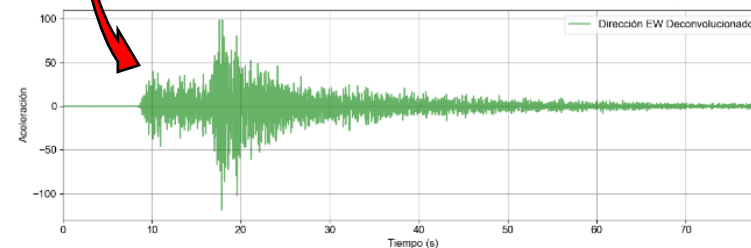
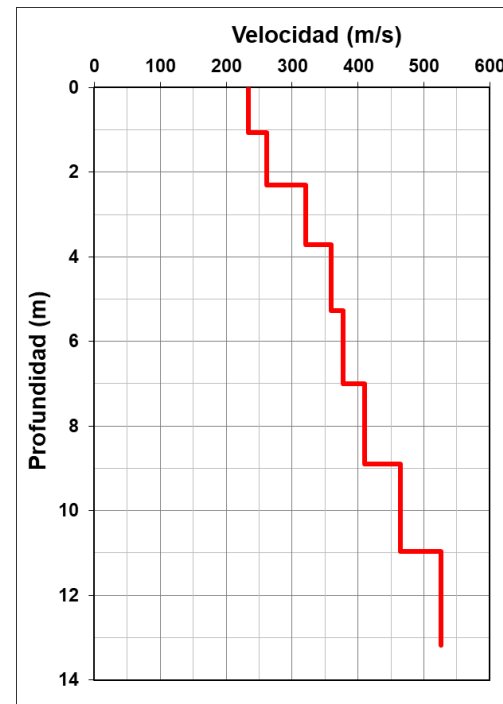
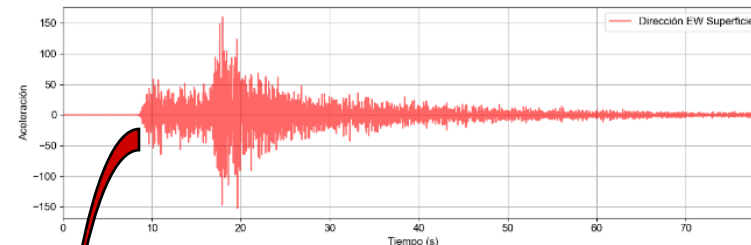
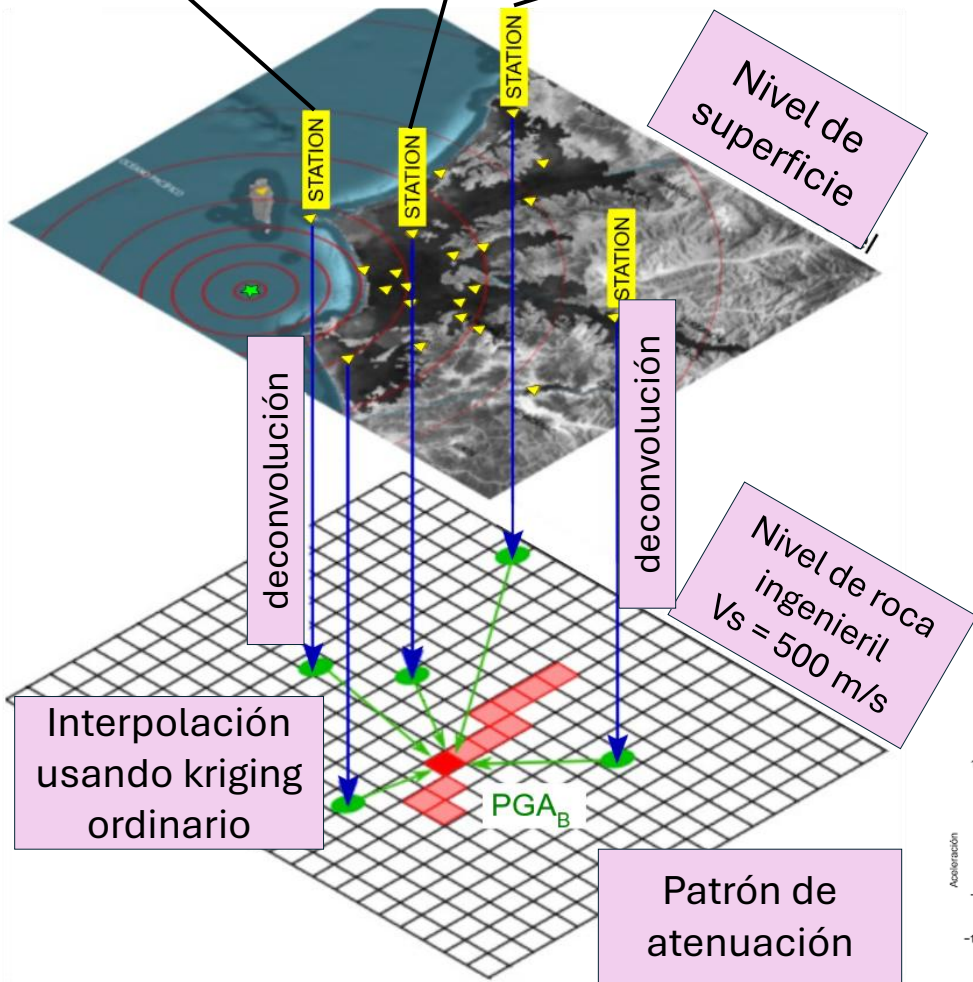
Cloud computer

G4

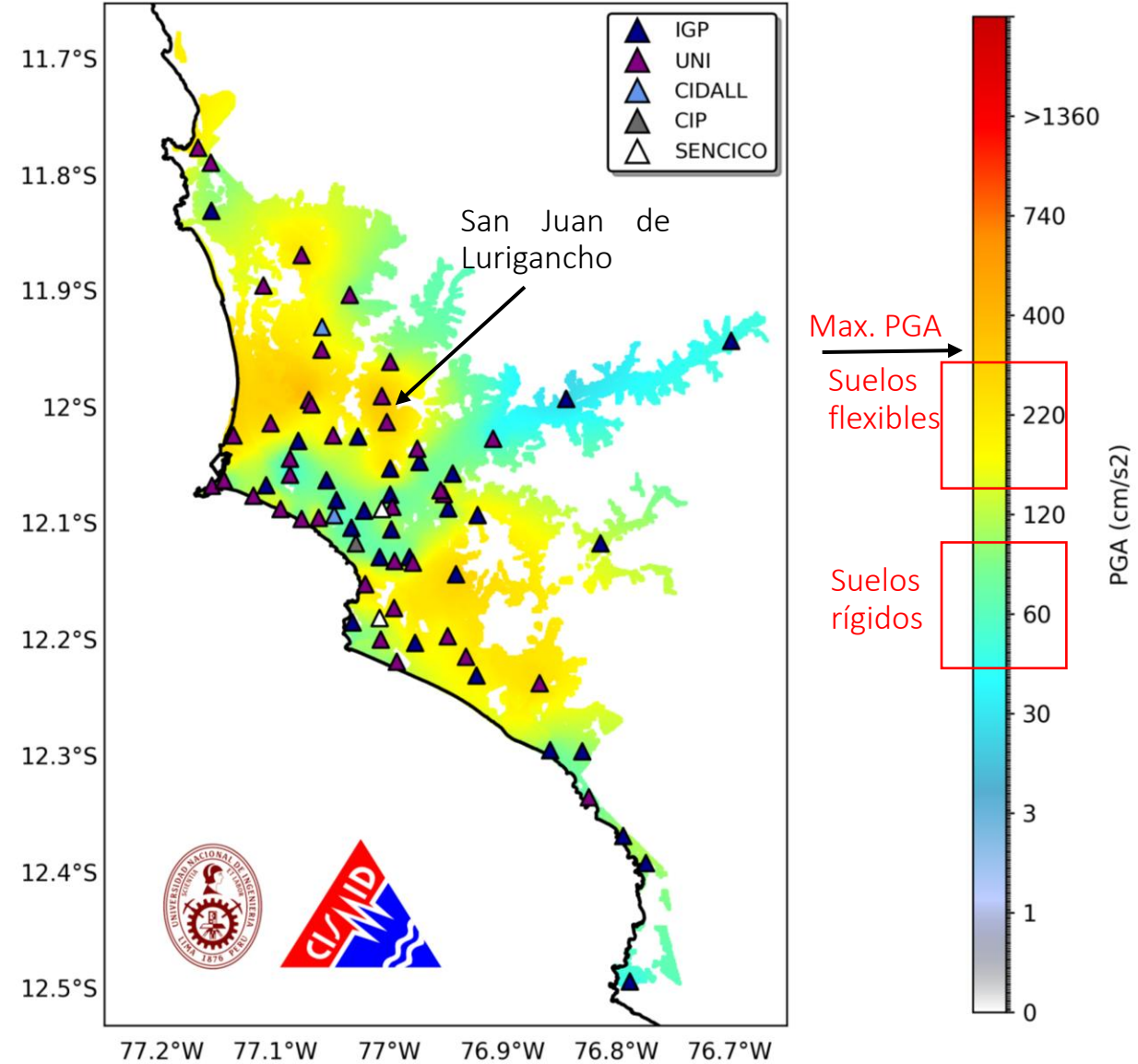
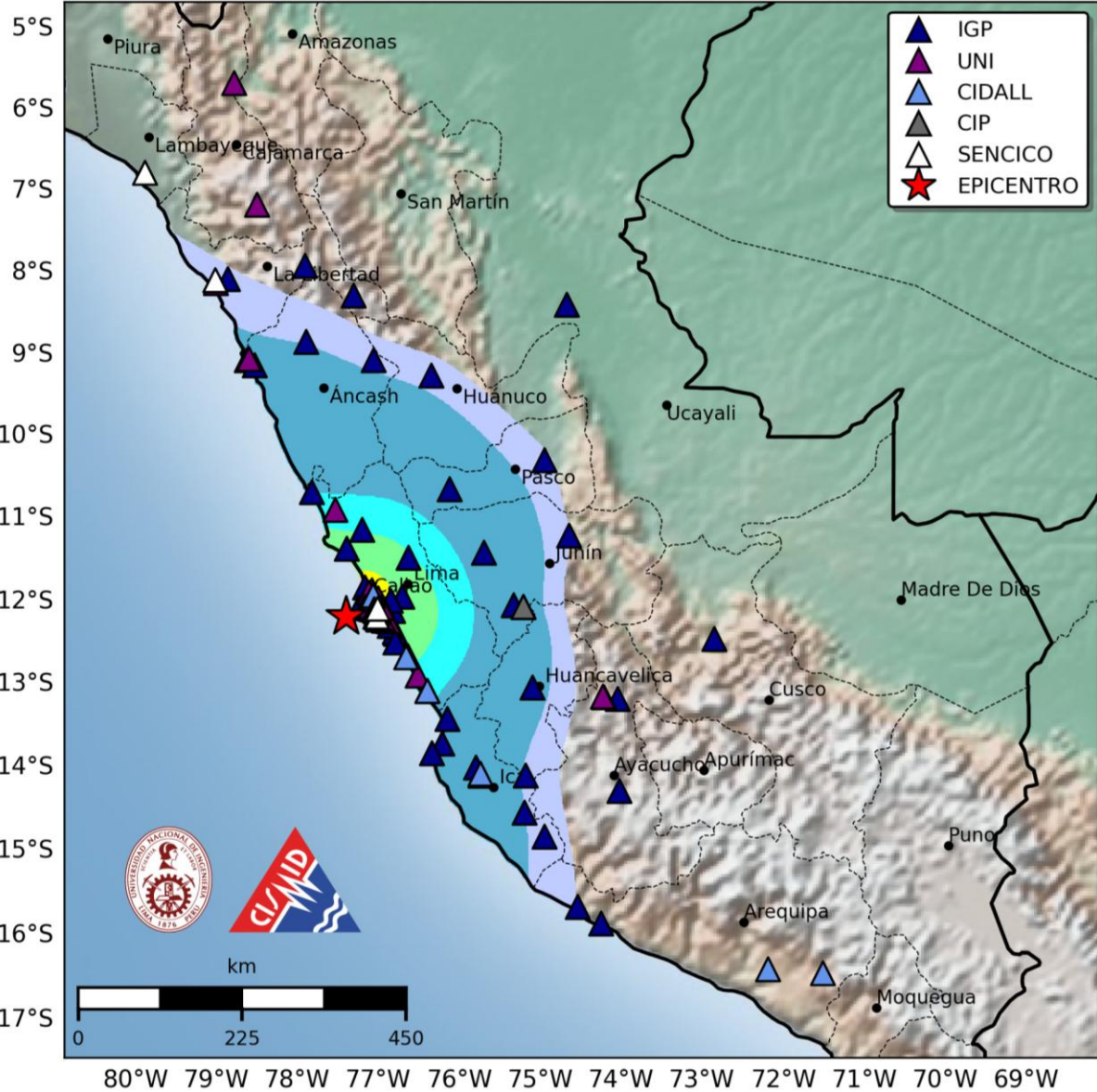
Stakeholders



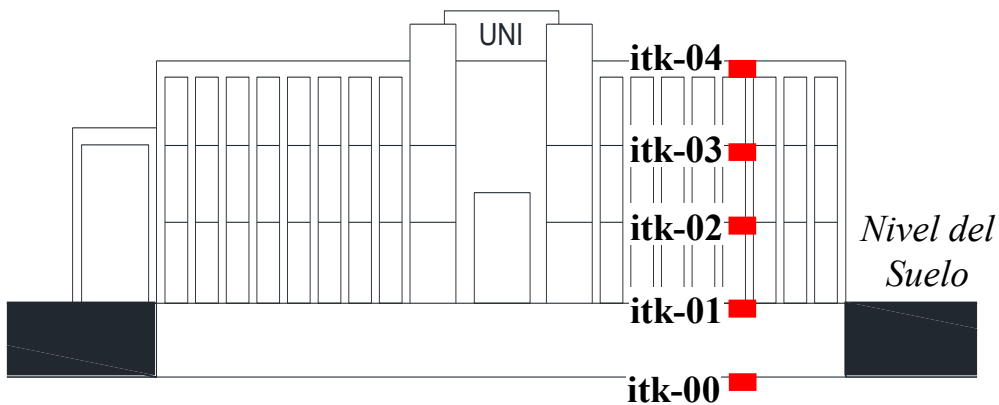
Mapas de Aceleraciones Máximas para Lima y Callao



Distribución de Aceleraciones Sismo del Callao – 15 de junio de 2025



Monitoreo de la Salud Estructural



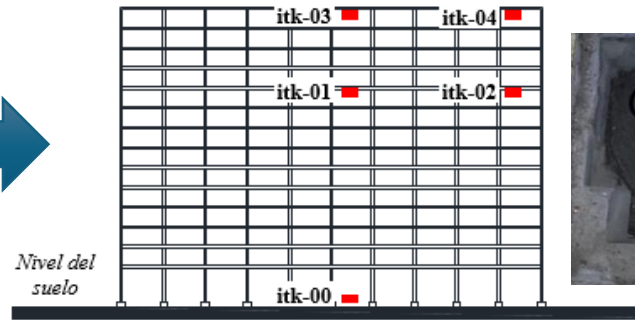
Situación Actual:

- Evaluación cuantitativa de la respuesta sísmica de un número limitado de edificaciones a partir de instrumentación en el suelo y en los diferentes niveles de la estructura.
- Elaboración de Informes Científicos.
- Tesis de pregrado y posgrado a partir de datos de monitoreo sísmico (en suelo y estructura) y ensayos físicos en mesa vibradora.

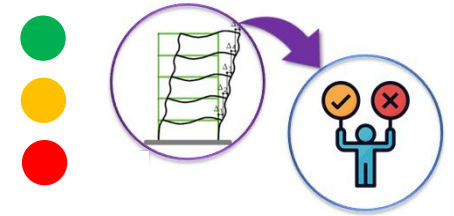
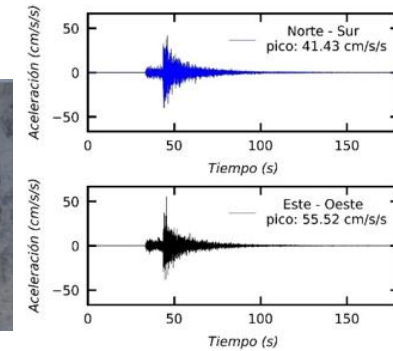
	Edificio	Ubicación	Distrito
1	PABUNI	Pabellón Central – Universidad Nacional de Ingeniería	Rímac
2	FICUNI	Pabellón G – Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería	Rímac
3	HERMBA	Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins	Jesús María
4	CIPTAR	Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Departamental de Tarapoto	Tarapoto
5	MLAMAS	Municipalidad Provincial de Lamas	Lamas
6	CIIFIC	Centro de Información e Investigación – FIC - UNI (aislado en la base)	Rímac
7	CEOIS	Centro de Observación para Ingeniería Sísmica (CISMID-FIC-UNI)	Rímac
8	LABEST	Laboratorio de Estructuras (CISMIS-FIC-UNI)	Rímac
10	SCSBA	Pabellón A (SENCICO)	San Borja
11	COENM	Centro de Operación de Emergencia Nacional – Edificio de Monitoreo	Chorrillos
12	COENS	Centro de Operación de Emergencia Nacional – Edificio de Sensibilización	Chorrillos
13	CMHOME	Vivienda unifamiliar	Chorrillos
14	PATU	Puente Peatonal – Estación Matellini del Metropolitano	Chorrillos
15	INREHA	Instituto Nacional de Rehabilitación “Dra. Adriana Rebaza Flores”	Chorrillos
16	TCON	Torre de Control – Base Aérea Las Palmas	Chorrillos

Monitoreo de la Salud Estructural

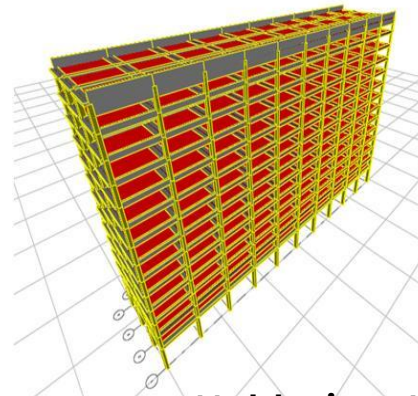
- Es necesario considerar la instrumentación y monitoreo de estructuras esenciales, ubicadas en zonas de alta susceptibilidad sísmica e identificadas por los sectores correspondientes (MINSA, MINEDU, MINCUL, etc.)
- Transmisión de datos en tiempo real lo que permitirá analizar el nivel de desempeño y emitir reportes semi-automáticos informando a los tomadores de decisión sobre la capacidad sísmica residual de la estructura monitoreada luego de la ocurrencia de eventos sísmicos intermedios a fuertes.



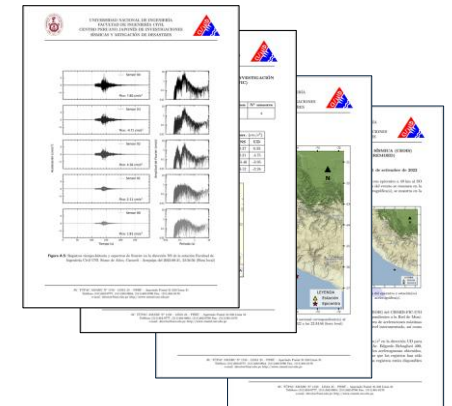
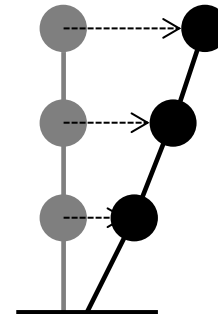
Instrumentación



Determinación del Desempeño

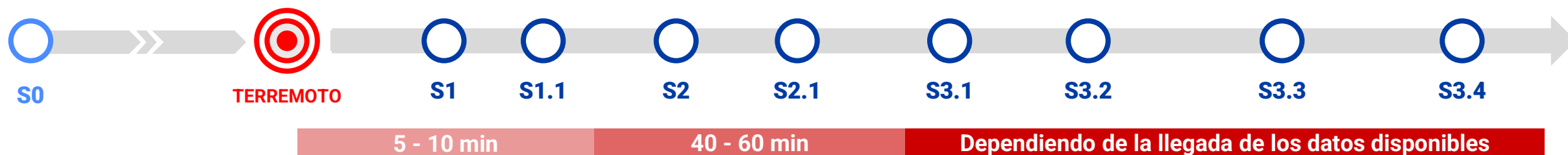


Modelamiento Numérico

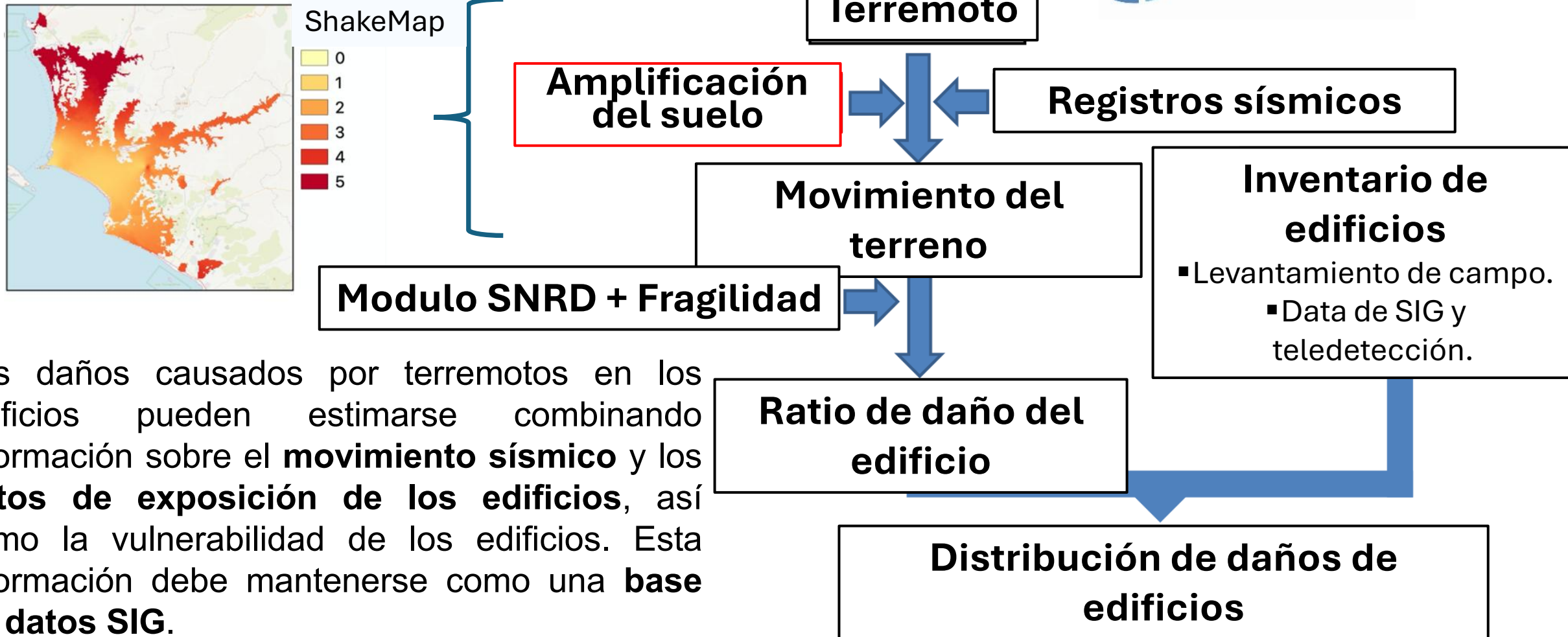


Reportes

S0	Evento simulado	Daños estimados para todos los escenarios propuestos de terremotos y tsunamis (G1A y G1B) utilizando la funciones propuestas por los grupos G2A, G2B y G4.	
TERREMOTO			
S1 S1.1	Escenario más cercano	Selección rápida de los escenarios de terremotos y tsunamis más cercanos de la base de datos del sistema basada en el shakemap calculado (PGA y/o PGV) y los parámetros de origen.	Datos de sensores CISMID y parametros de fuente publicados por IGP para tsunami. Datos de movimiento del suelo de otras redes para terremotos.
S2 S2.1	Daño observado en mapas de intensidad	Estimación de daños para cada conjunto de datos de infraestructura utilizando shakemap y mapa de inundación calculados en S1 y función utilizada en la etapa S0.	Shakemap de registros de red CISMID. Shakemap de otros registros de red (IGP, etc).
S3	Observación de daños	Actualización de datos de daños en capas de infraestructura específicas o conjuntos de datos de personas utilizando datos observados como monitoreo de salud estructural, teledetección, etc.	

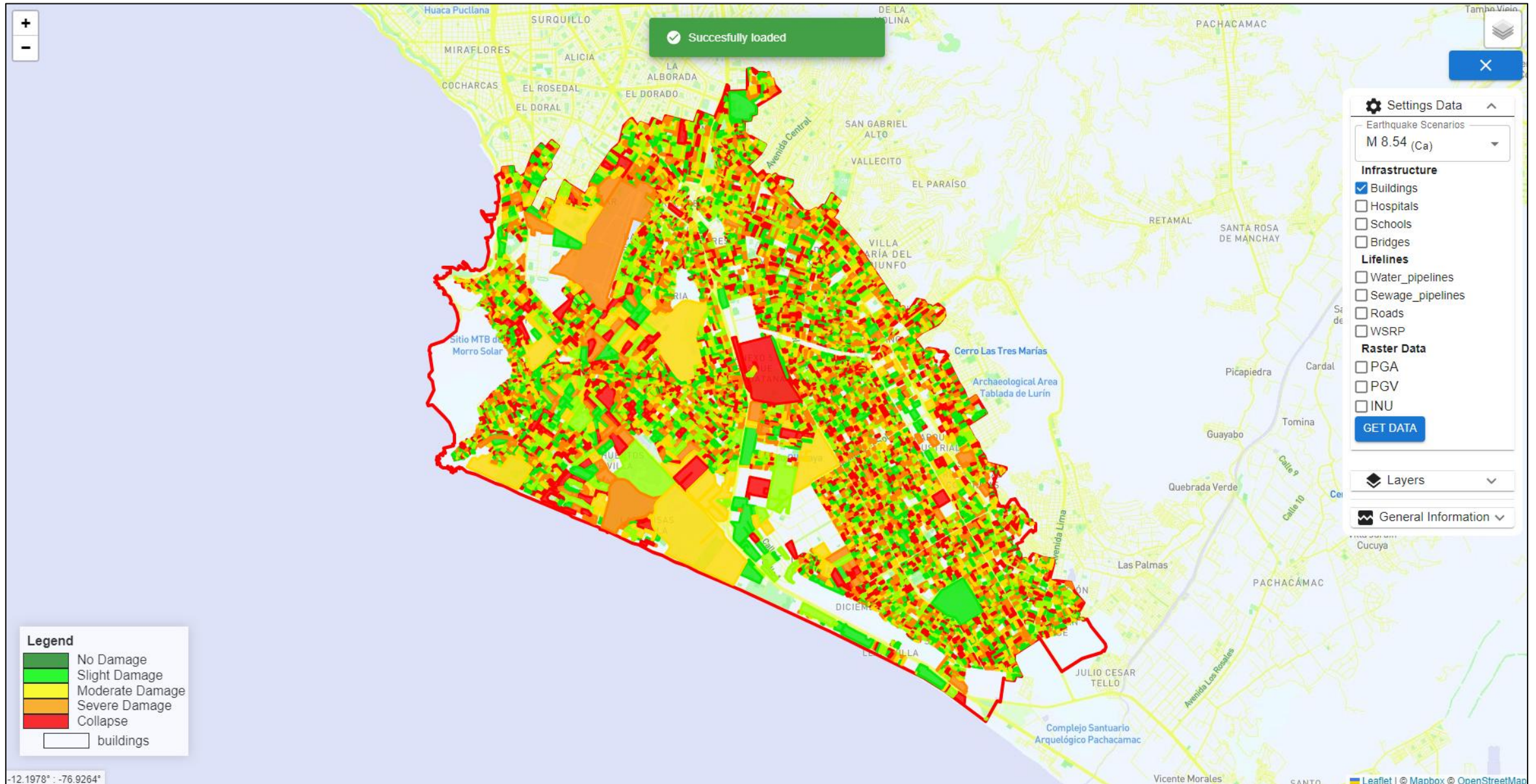


Flujo de estimación del mapa de daños



Los daños causados por terremotos en los edificios pueden estimarse combinando información sobre el **movimiento sísmico** y los **datos de exposición de los edificios**, así como la vulnerabilidad de los edificios. Esta información debe mantenerse como una **base de datos SIG**.

La distribución de los movimientos sísmicos a lo largo de Lima puede ser estimada por el **ShakeMap** del CISMID, pero para el área de estudio, requerimos no solo estaciones acelerométricas locales, sino también información espacial detallada sobre las **características de amplificación del sitio**.





Shishō-sha yosō-chi Peru © 2023

—

□

✕



Estimador de personas afectadas directamente por terremotos catastróficos

Zavala, Díaz & Ríos



Escenarioc

Terremoto Escenario M8.8

Magnitud

8.8

Hora:

12:00

☐ Max. efecto Hora

☐ Max. efecto Mes

☐ Max. efecto día

Població

10000000

Criterio

☒ Criterio 1: Estadístico por Magnitud

☐ Criterio 2: Estimación de riesgo

Nivel

Socioeconómico

☒ NS-I (Alto)

☐ NS-II (Medio)

☐ NS-III (Bajo)

Correlación

PER

☐ Min

☐ Mediana

☐ Max

☒ Individual

☐ Para Lima

Reporte...

Calcular

Guardar reporte

Abrir

←

Setiembre

2023

→

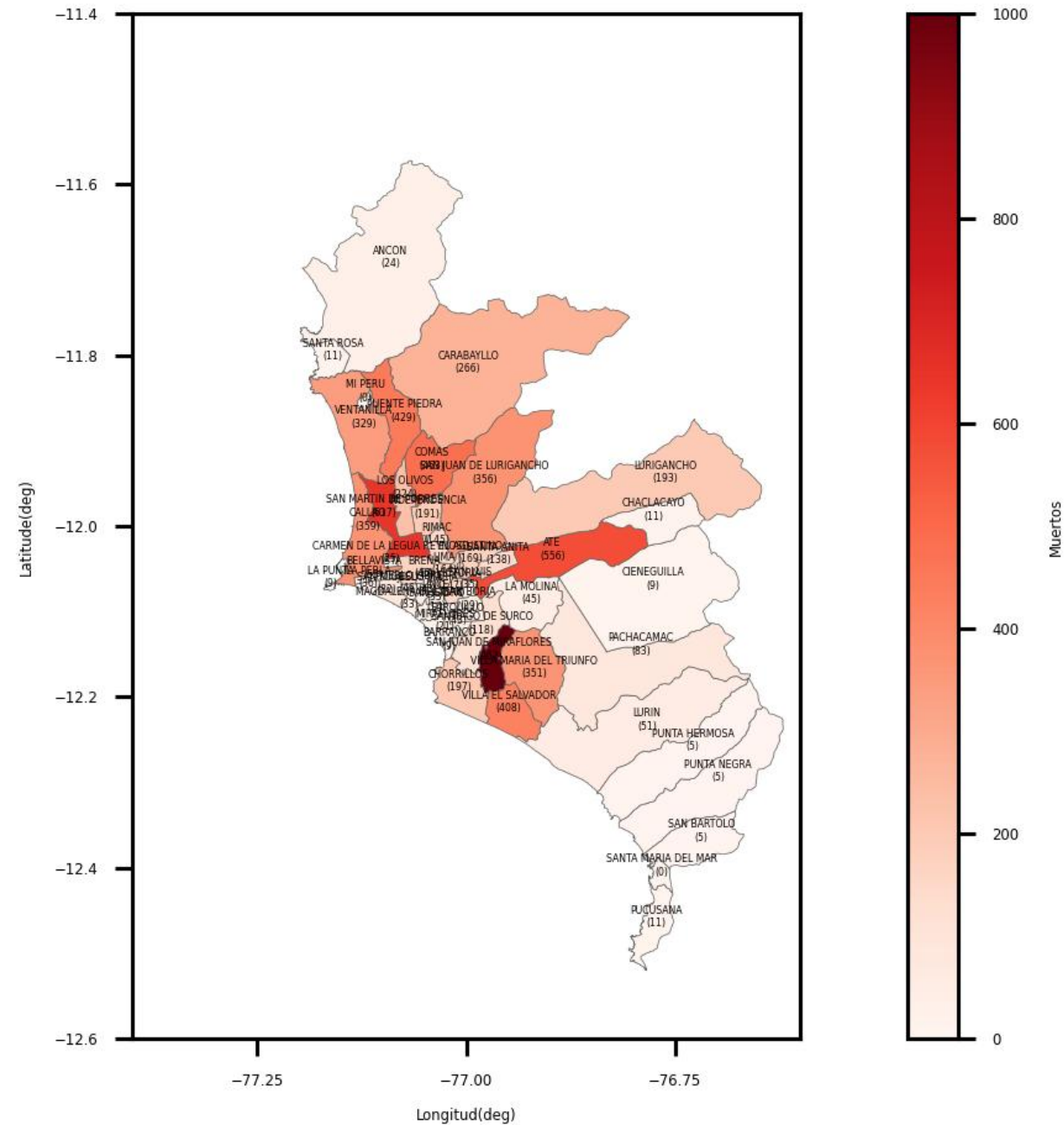
	dom.	lun.	mar.	mié.	jue.	vie.	sáb.
35	27	28	29	30	31	1	2
36	3	4	5	6	7	8	9
37	10	11	12	13	14	15	16
38	17	18	19	20	21	22	23
39	24	25	26	27	28	29	30
40	1	2	3	4	5	6	7

Nota



Análisis por distritos por escenario usando criterio de riesgo.
Necesita cargar archivo.
DISTRITO,POBLACION,NIVEL_SOCIECONÓMICO

OK



Muchas gracias por su atención
(cgonzalest@uni.edu.pe)