



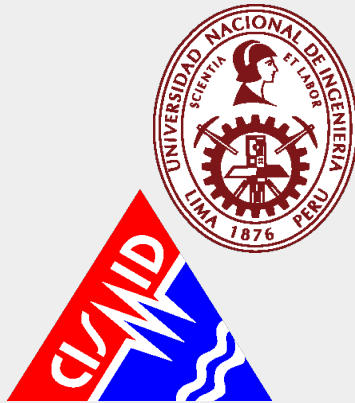
XXXVIII Simposio Nacional de Prevención de Desastres Ciencia e Ingeniería para proteger vidas ante terremotos y tsunamis

AVANCES EN LA INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN SÍSMICA EN GEMELOS DIGITALES PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA SALUD ESTRUCTURAL DE INFRAESTRUCTURA Y LÍNEAS VITALES

PROYECTO PE501095921-2025-PROCIENCIA

Por el Dr. Ing. Miguel Augusto Diaz Figueroa

Instituciones colaboradoras



ENTIDAD EJECUTORA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA-UNI
a través del **CENTRO PERUANO JAPONÉS**
DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y
MITIGACIÓN DE DESASTRES-CISMID



ENTIDAD ASOCIADA EXTRANJERA
THE TOKYO UNIVERSITY-UTOKYO
a través del **EARTHQUAKE RESEARCH**
INSTITUTE-ERI



ENTIDAD ASOCIADA PERUANA
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA-UPT

Equipo del proyecto



Dr. Carlos Zavala
Co-Investigador 1



Dr. Kohei Fujita
Co-Investigador 2
ERI-UTokyo



Dr. Miguel Diaz
Responsable
Técnico



Mag. Julian
Palacios
Co-Investigador 5
ERI-UTokyo



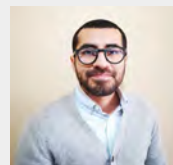
Ing. Dina Cotrado
Co-Investigador 6
UPT



Ing. Elvis Guizado
Asistente de
Investigación 1



Ing. Fernando García
Asistente de
Investigación 2



Dr. Carlos
Gonzales
Co-Investigador 3



Dr. Edison
Moscoso
Co-Investigador 4



Ing. Luis López
Estudiante de
maestría 1



Ing. Clinton Ramon
Estudiante de
maestría 2



Ing. Michel Amancio
Personal Técnico de
laboratorio 1



Bach. Jerson Vicuña
Personal Técnico de
laboratorio 2



Mag. Joseph
Jaramillo
Gestor Tecnológico



Bach. Darwin
Carrasco
Gestor Financiero



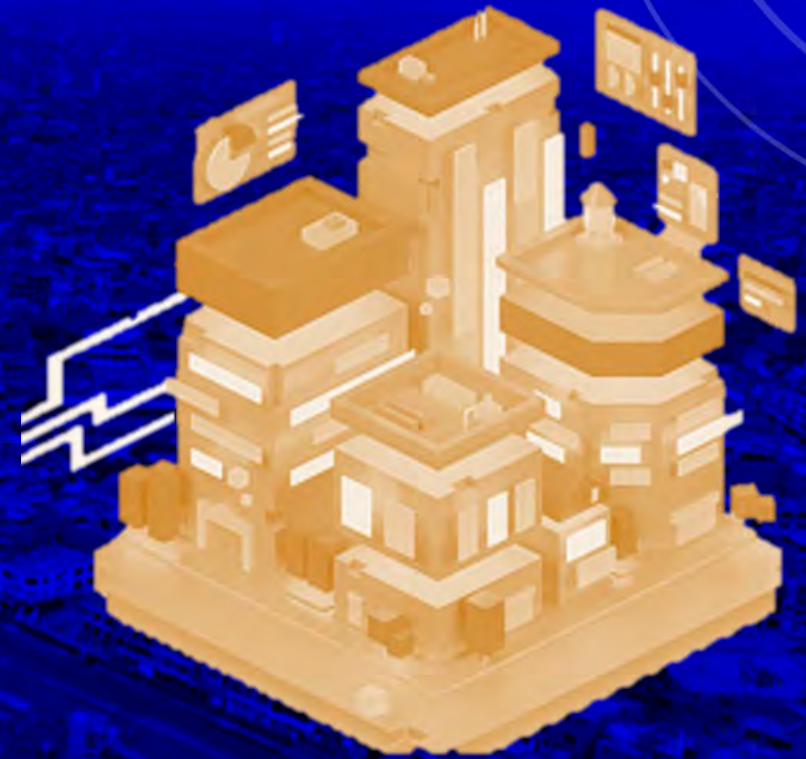
Bach. Chrysler
Camacho
Personal Técnico de
laboratorio 3

Estructura de la presentación

- 1 Introducción
- 2 Avances técnicos
- 3 Investigaciones en desarrollo

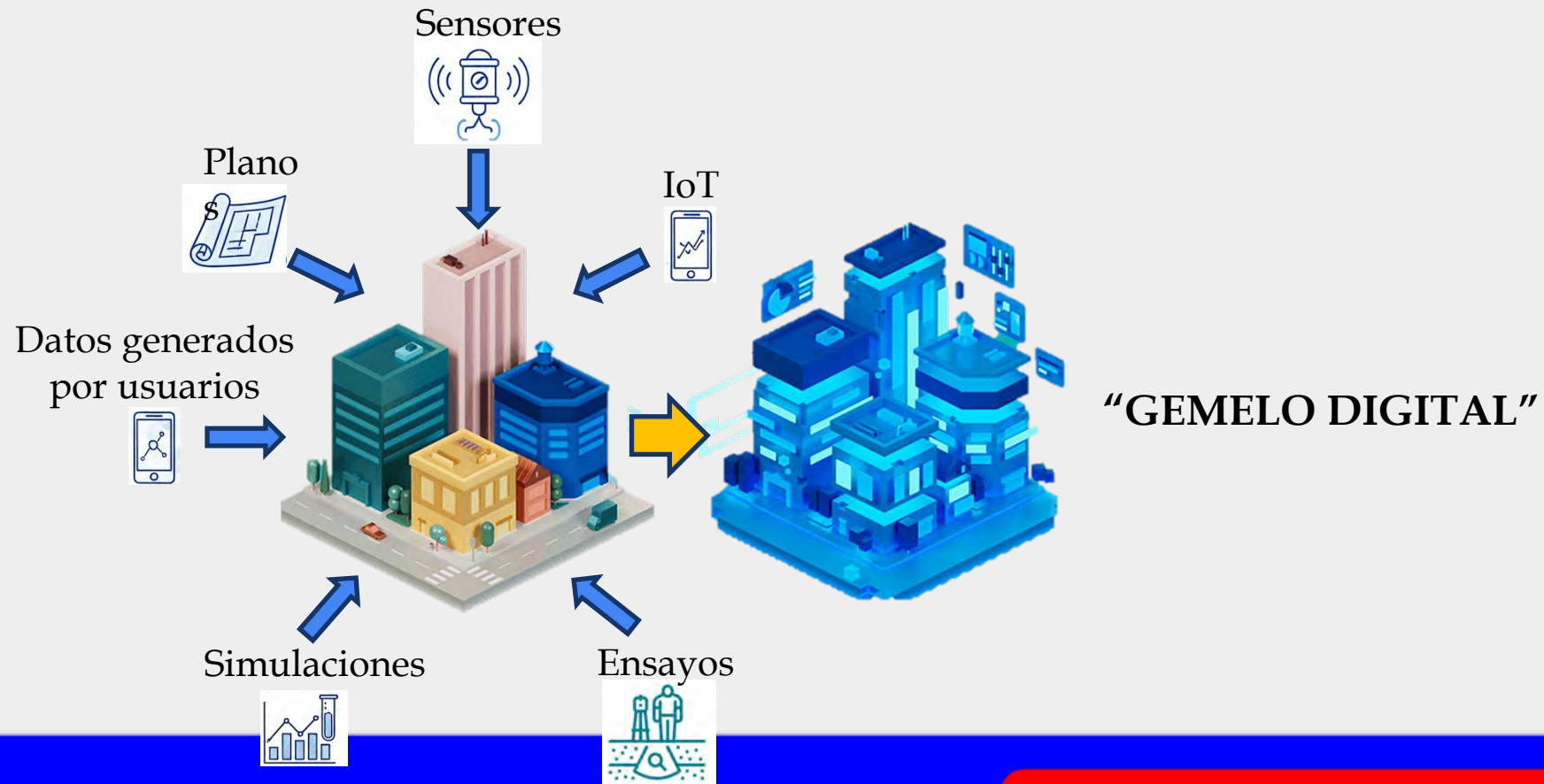
1. Introducción

¿Qué es un gemelo digital?



CONCEPTO GEMELO DIGITAL

Un gemelo digital es un modelo dinámico virtual de un objeto físico que se actualiza en tiempo real o cuasirreal mediante el intercambio de datos medidos a partir de la observación de la respuesta de la contraparte física que sirve de entrada para la constante actualización del modelo digital.



CONCEPTO GEMELO DIGITAL

TECNOLOGÍAS DE OBSERVACIÓN SÍSMICA



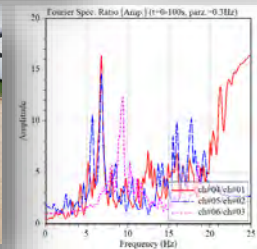
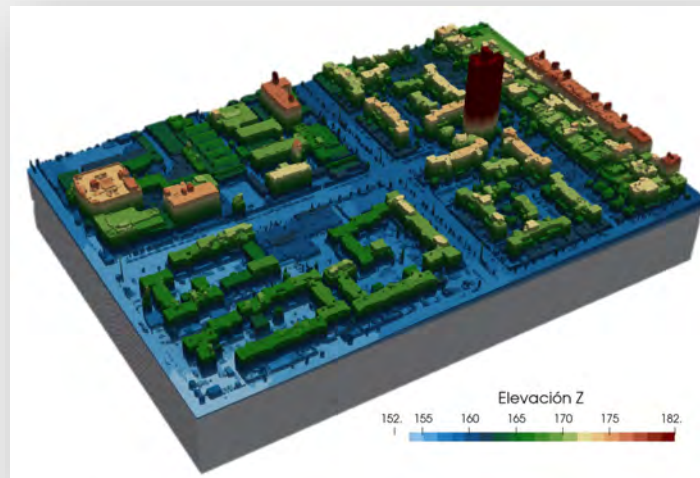
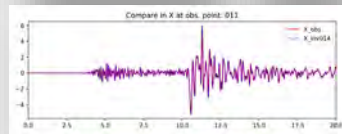
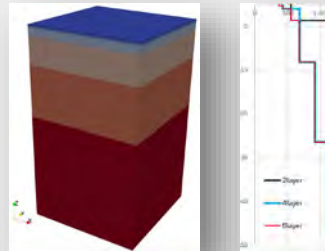
GEMELOS DIGITALES



DIAGNÓSTICO DE LA SALUD ESTRUCTURAL DE INFRAESTRUCTURA Y LÍNEAS VITALES

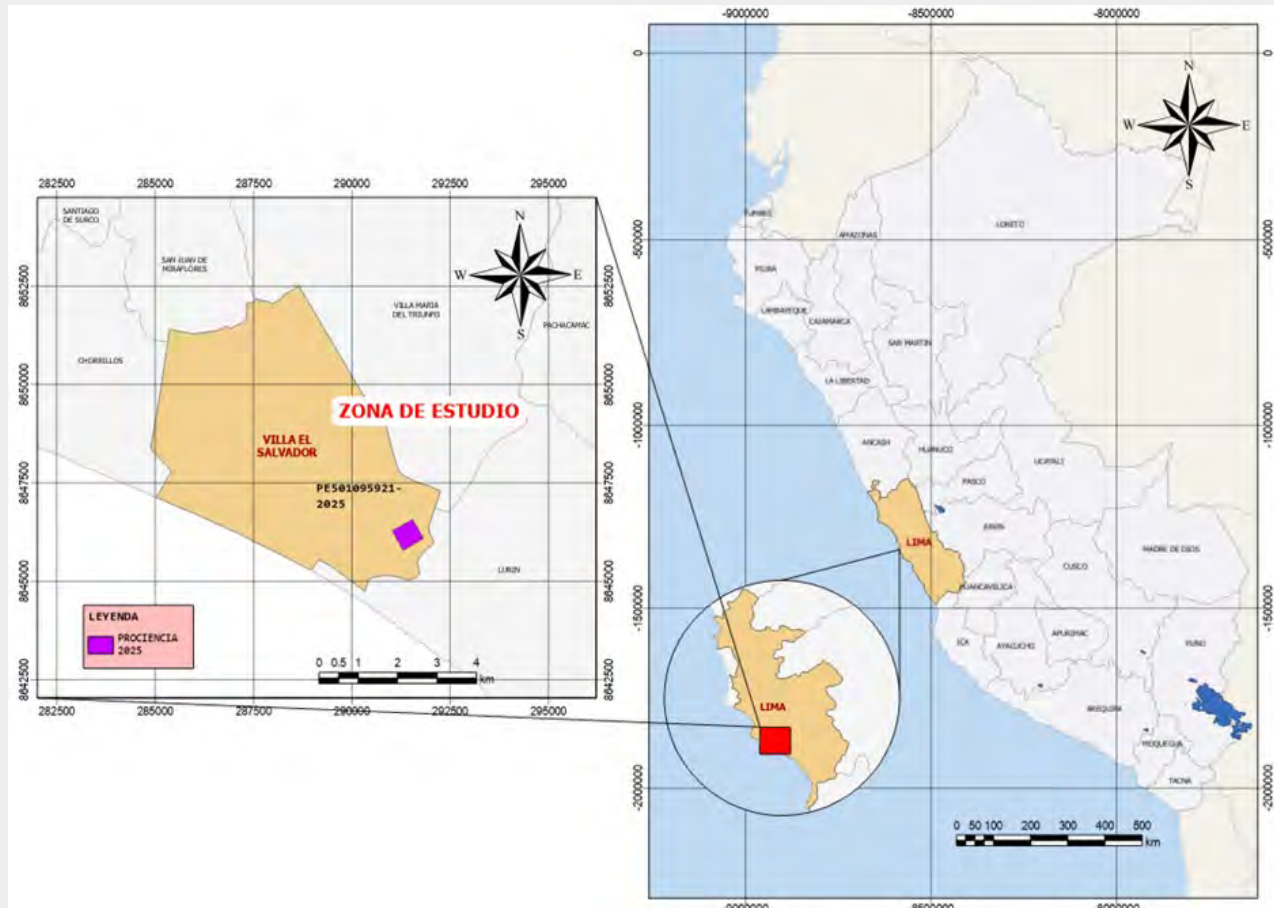
TECNOLOGÍA

APLICACIÓN



ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO

ÁREA DE ESTUDIO 1

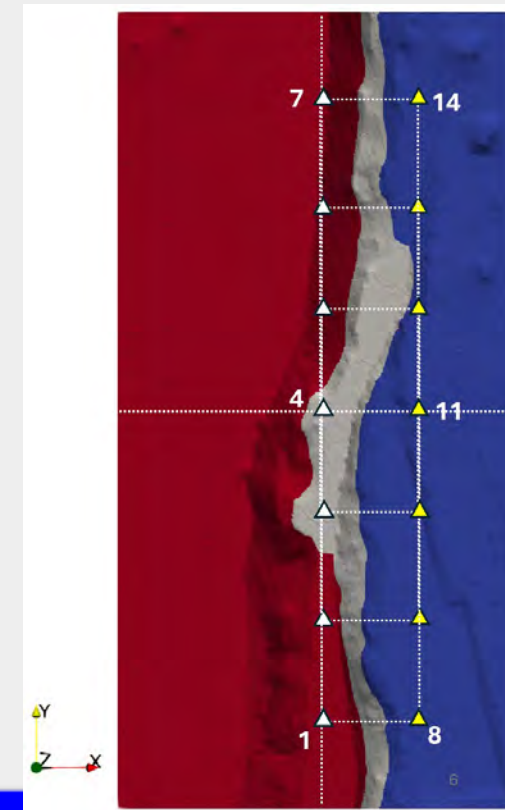
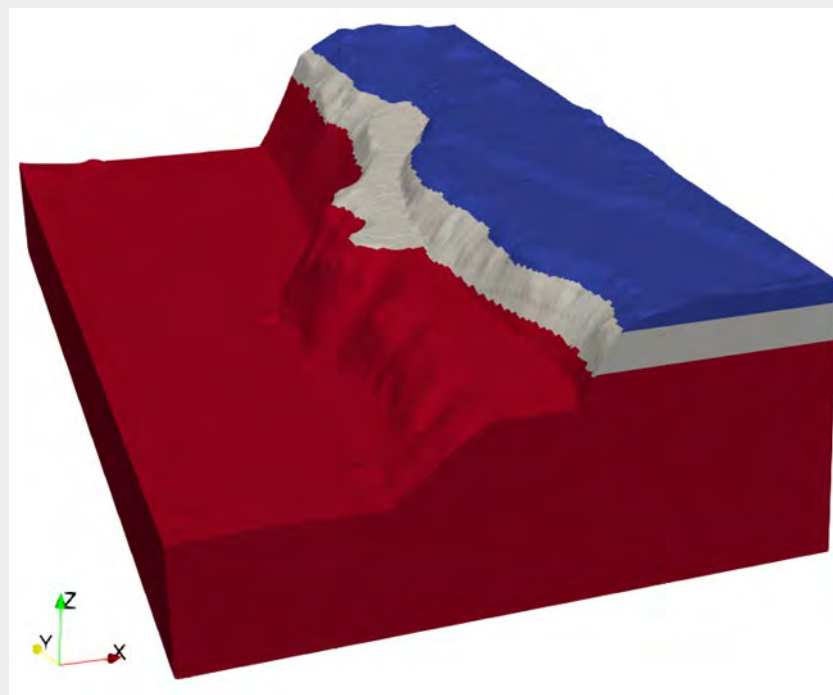


Pachacamac IV Etapa
Sector 2 del distrito de
Villa El Salvador, Lima,
Lima.

ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO

ÁREA DE ESTUDIO 2 (MAGDALENA DEL MAR)

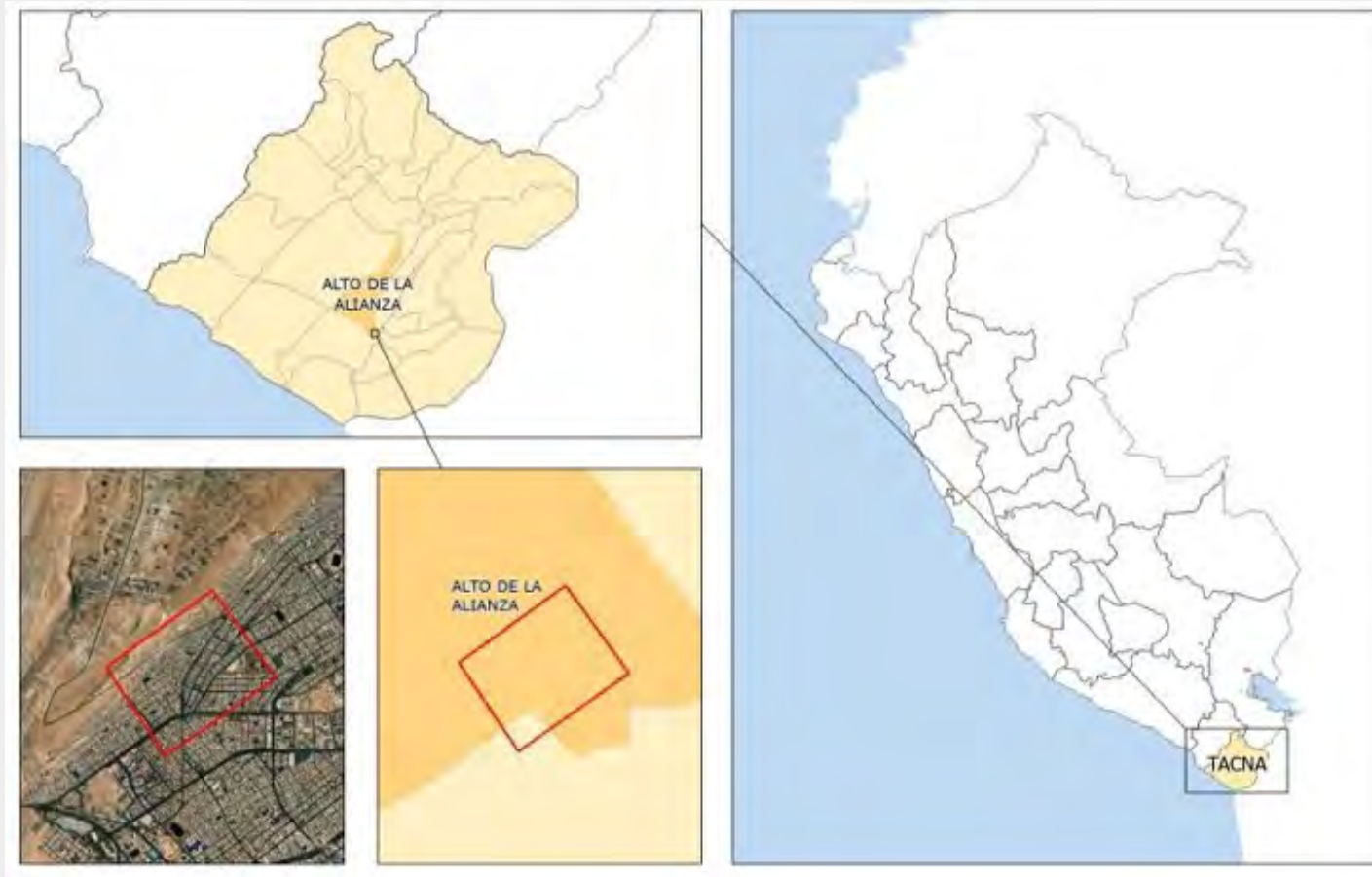
La generación de un gemelo digital en Lima requiere registros sísmicos, información del terreno, ensayos geofísicos y levantamientos de campo, cuya recopilación demanda tiempo. Por ello, se viene avanzando con la información disponible en Magdalena del Mar, zona que se ajusta a la metodología propuesta por la compleja geometría 3D de su acantilado*.



*Mayor información sobre el análisis en esta zona se presentará el 3-4 de Agosto de 2026.

ÁREAS DE ESTUDIO DEL PROYECTO

ÁREA DE APLICACIÓN



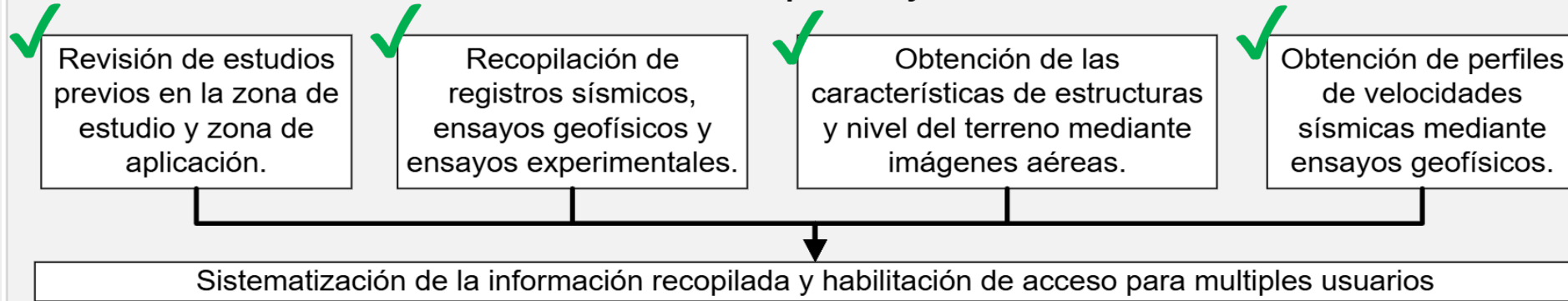
Zona ubicada en el distrito del Alto de la Alianza, Tacna, Tacna.

1. AVANCES

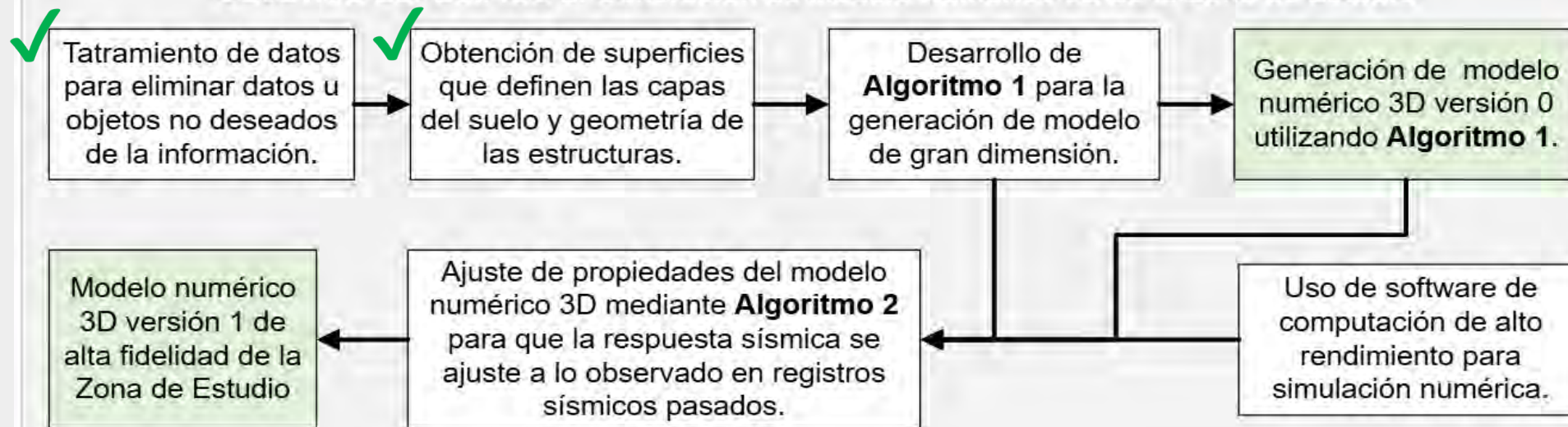
Avances técnicos



OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Fase de Recopilación y Sistematización de la Información.



OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Generación de Modelo Numérico 3D de la Zona de Estudio



**AVANCES
TÉCNICOS**

**CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL, OBTENCIÓN
DEL NIVEL DE TERRENO MEDIANTE TÉCNICAS
AÉREAS Y OBTENCIÓN DE PERFILES DE
VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE MEDIANTE
ENSAYOS MASW**

**ALGORITMOS DE MODELAMIENTO PARA LA
GENERACIÓN DE LAS CAPAS DEL SUELO Y
SUPERFICIE EN 3D**

**CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL,
OBTENCIÓN DEL NIVEL DE TERRENO
MEDIANTE TÉCNICAS AÉREAS Y OBTENCIÓN
DE PERFILES DE VELOCIDADES DE ONDAS DE
CORTE MEDIANTE ENSAYOS MASW**



CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL



OBTENCIÓN DEL NIVEL DE TERRENO MEDIANTE IMÁGENES AÉREAS

FLUJO DE TRABAJO

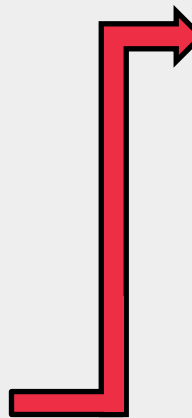
CAPTURA CON DRON



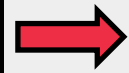
Plan de vuelo



Captura de fotografías



Calibración de las imágenes



Generación del DEM



Generación del ortomosaico

PROCESAMIENTO EN DJI TERRA

OBTENCIÓN DEL NIVEL DE TERRENO MEDIANTE IMÁGENES AÉREAS



Ortomosaico que permite construir la geometría en planta de los edificios de las áreas de estudio



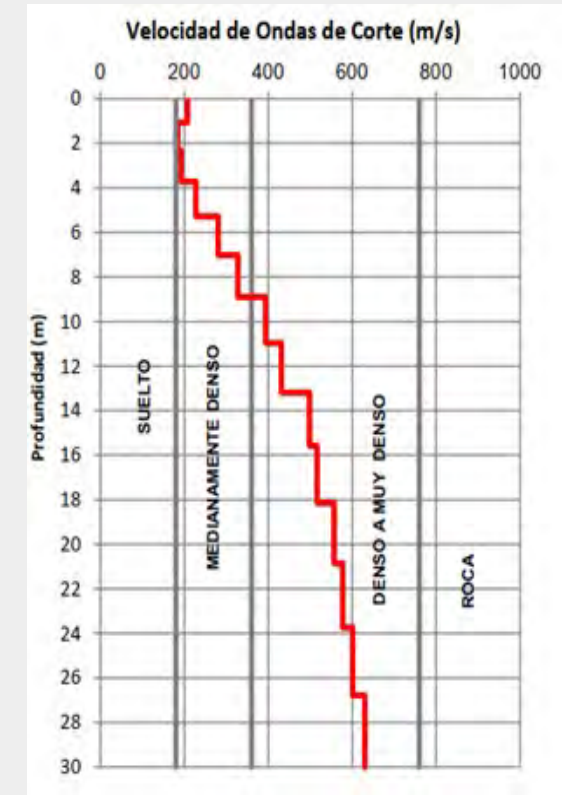
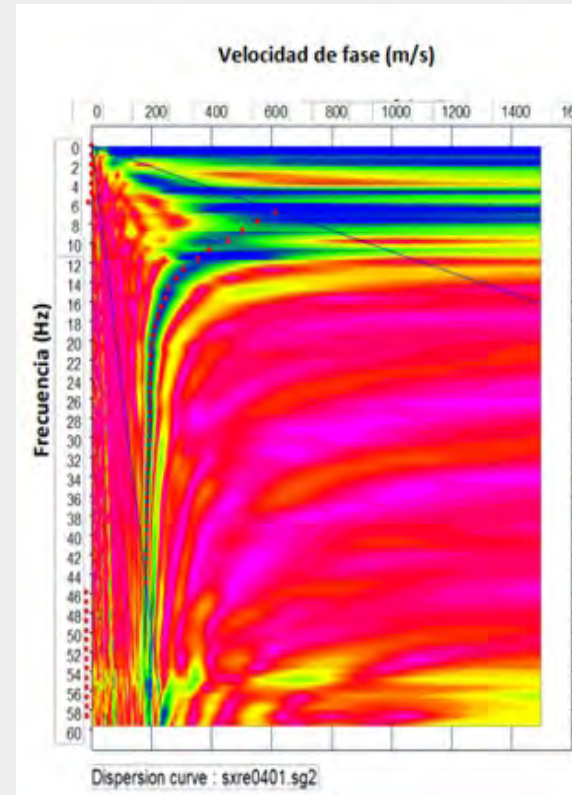
Modelo tridimensional de la zona de estudio generado a partir de imágenes aéreas capturadas con dron

Productos que ayudan a construir la geometría del Gemelo Digital

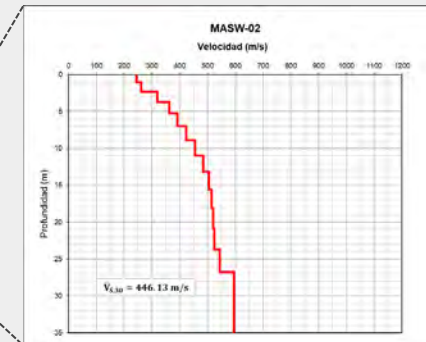
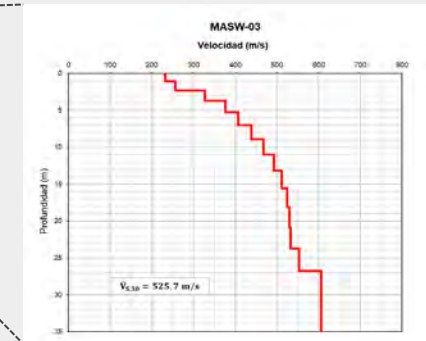
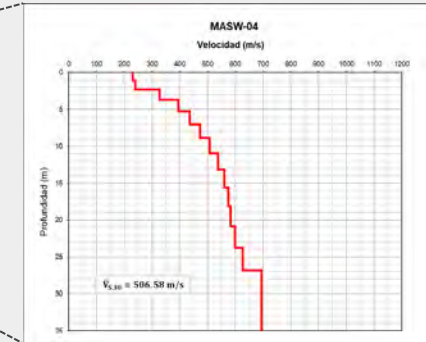
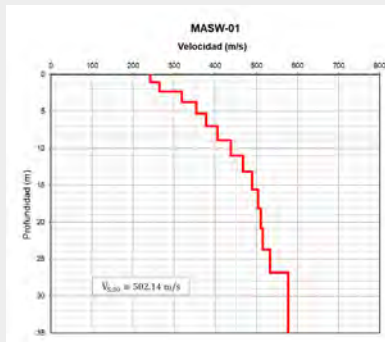
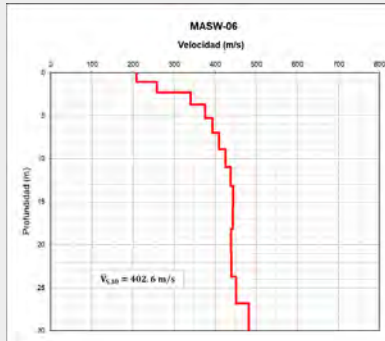
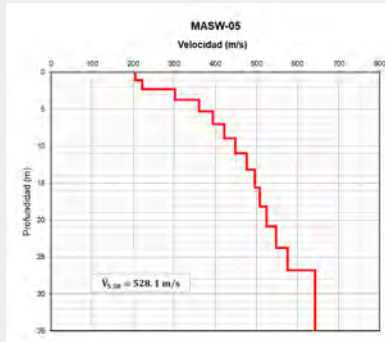
OBTENCIÓN DE PERFILES DE VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE MEDIANTE ENSAYOS MASW

FLUJO DE TRABAJO

Ensayo de ondas superficiales (MASW)

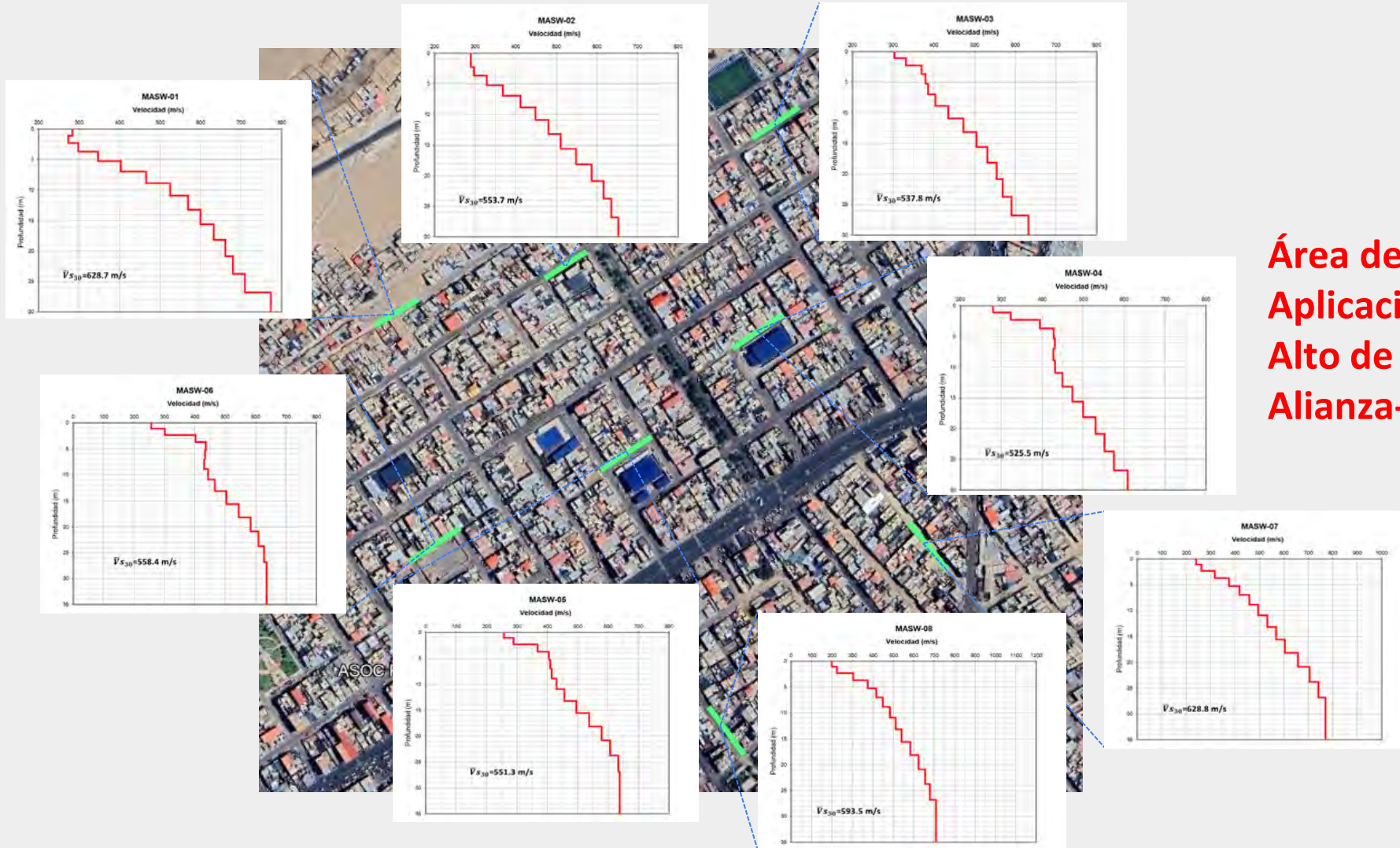


OBTENCIÓN DE PERFILES DE VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE MEDIANTE ENSAYOS MASW



Área de Estudio 1, Lima VES

OBTENCIÓN DE PERFILES DE VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE MEDIANTE ENSAYOS MASW



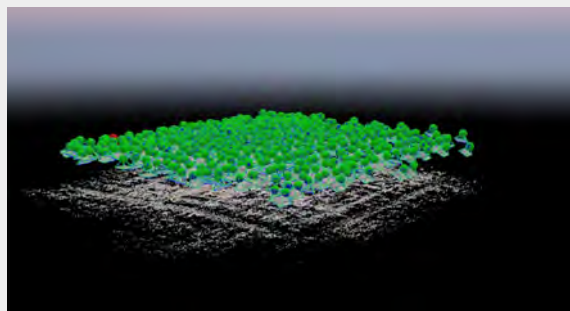
Área de
Aplicación,
Alto de la
Alianza-Tacna

OBTENCIÓN DE MODELOS DIGITALES DE TERRENO DMT

Para el proceso de conversión de un Modelo Digital de Superficie (DSM) a un Modelo Digital del Terreno (DTM), se aplican filtros que permiten eliminar los elementos construidos y objetos sobre la superficie (como edificaciones y vegetación), conservando únicamente la representación del terreno natural.



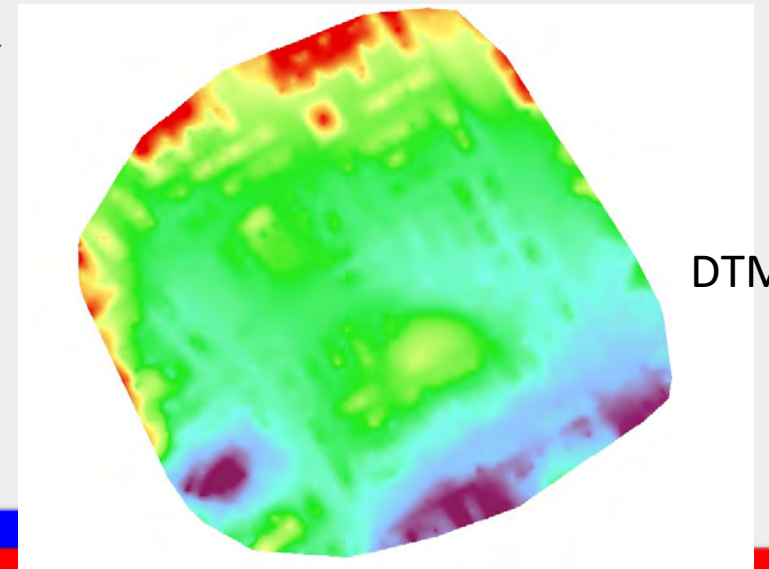
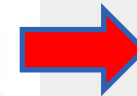
Toma de las fotos



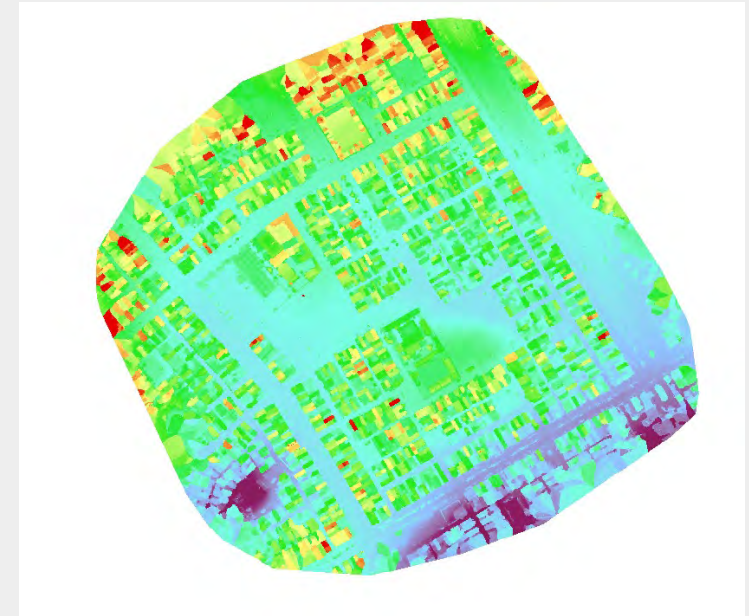
Procesamiento



Ortomosaico



DTM



DSM

OBTENCIÓN DE SUPERFICIES QUE DEFINEN LA GEOMETRÍA DE LAS ESTRUCTURAS

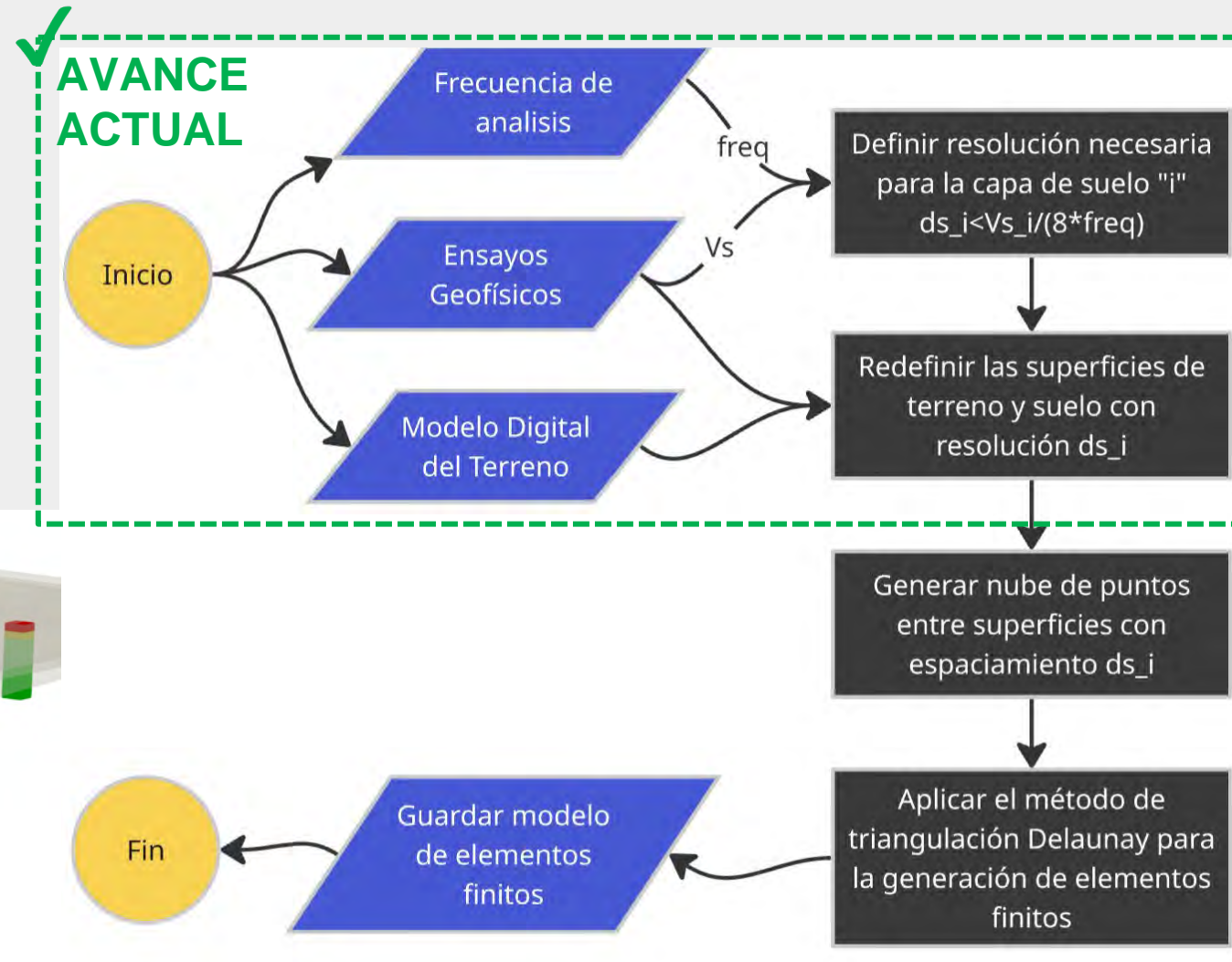
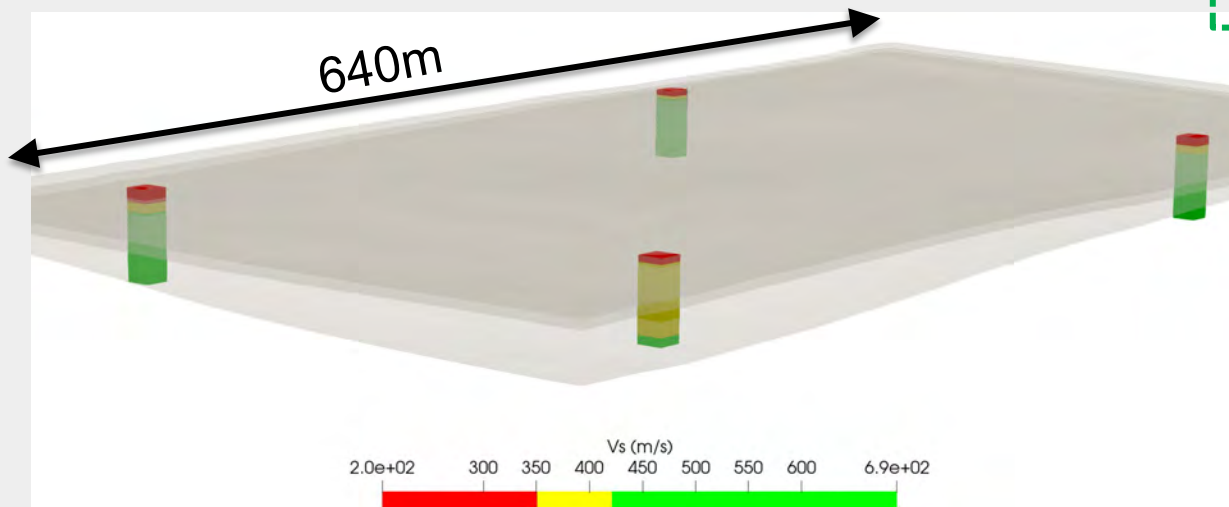
Geometría en planta de estructuras en el área de estudio en Lima en formato Shape



SUPERFICIES 3D DE CAPAS DEL SUELO

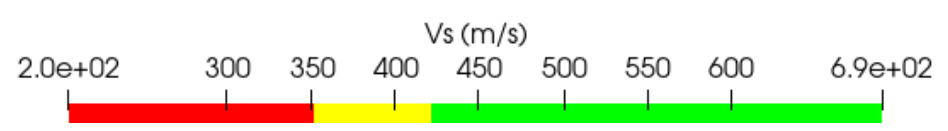
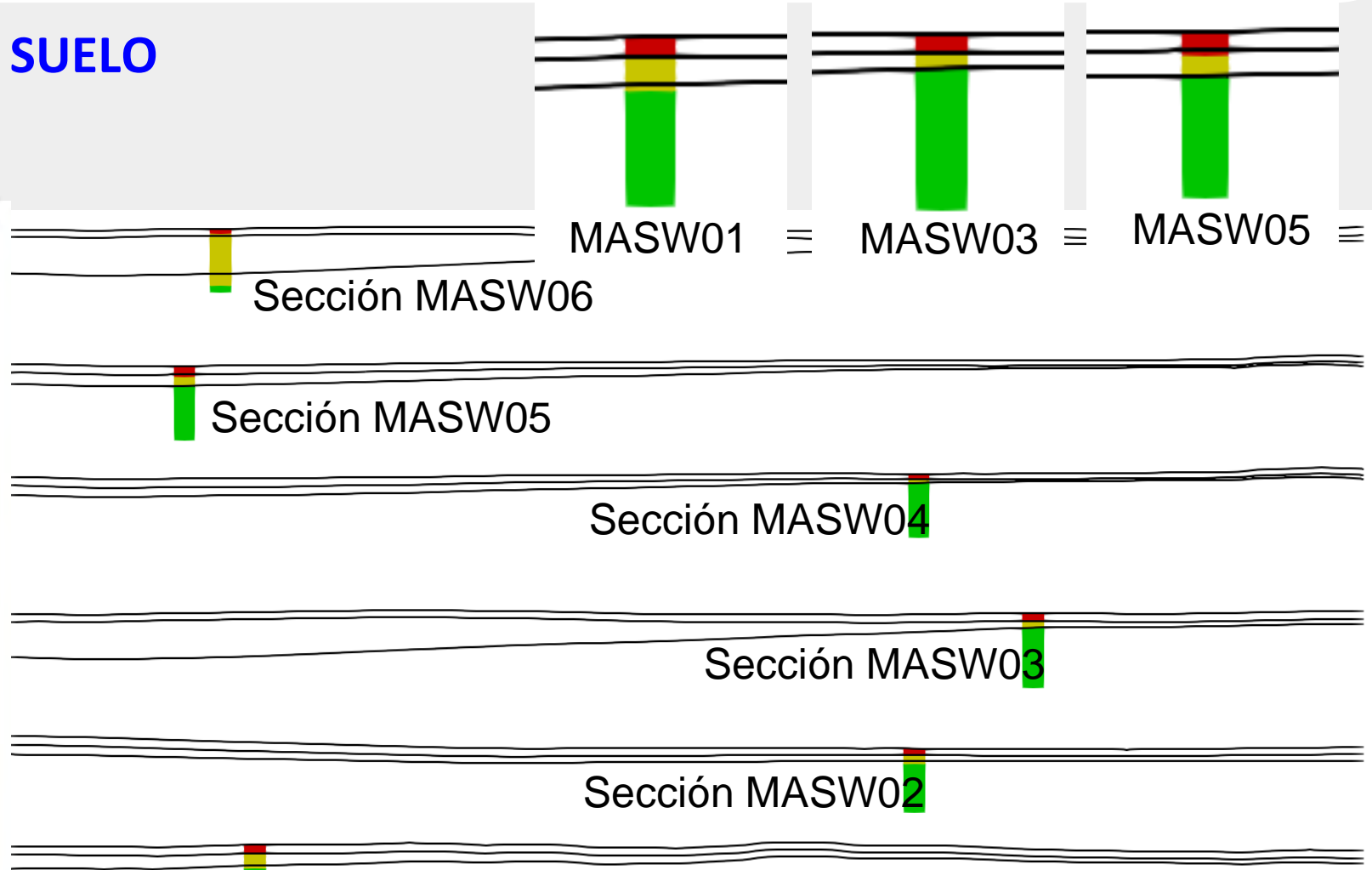
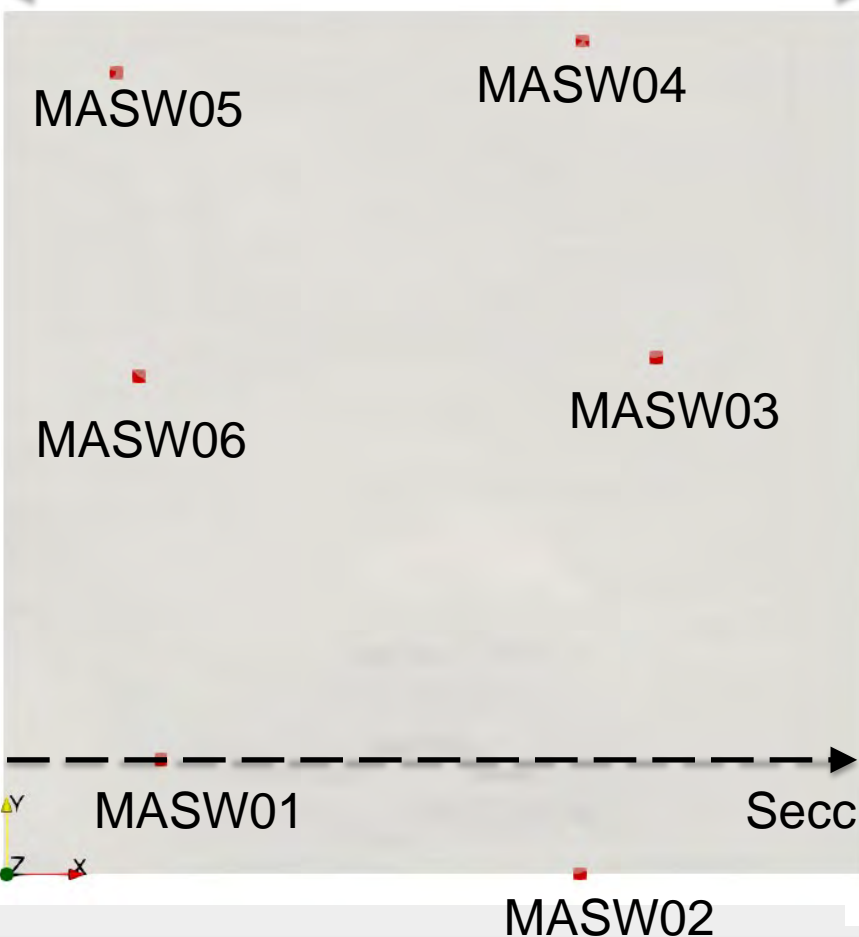
Se desarrolló un algoritmo que genera superficies de capa 3D a partir de la información obtenida en campo: Modelo Digital del Terreno y Perfiles Sísmicos.

Estas superficies serán utilizadas en la generación de un modelo 3D de alta fidelidad.



SUPERFICIES 3D DE CAPAS DEL SUELO

640m

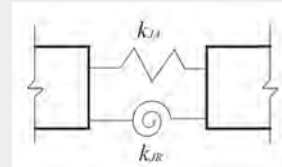
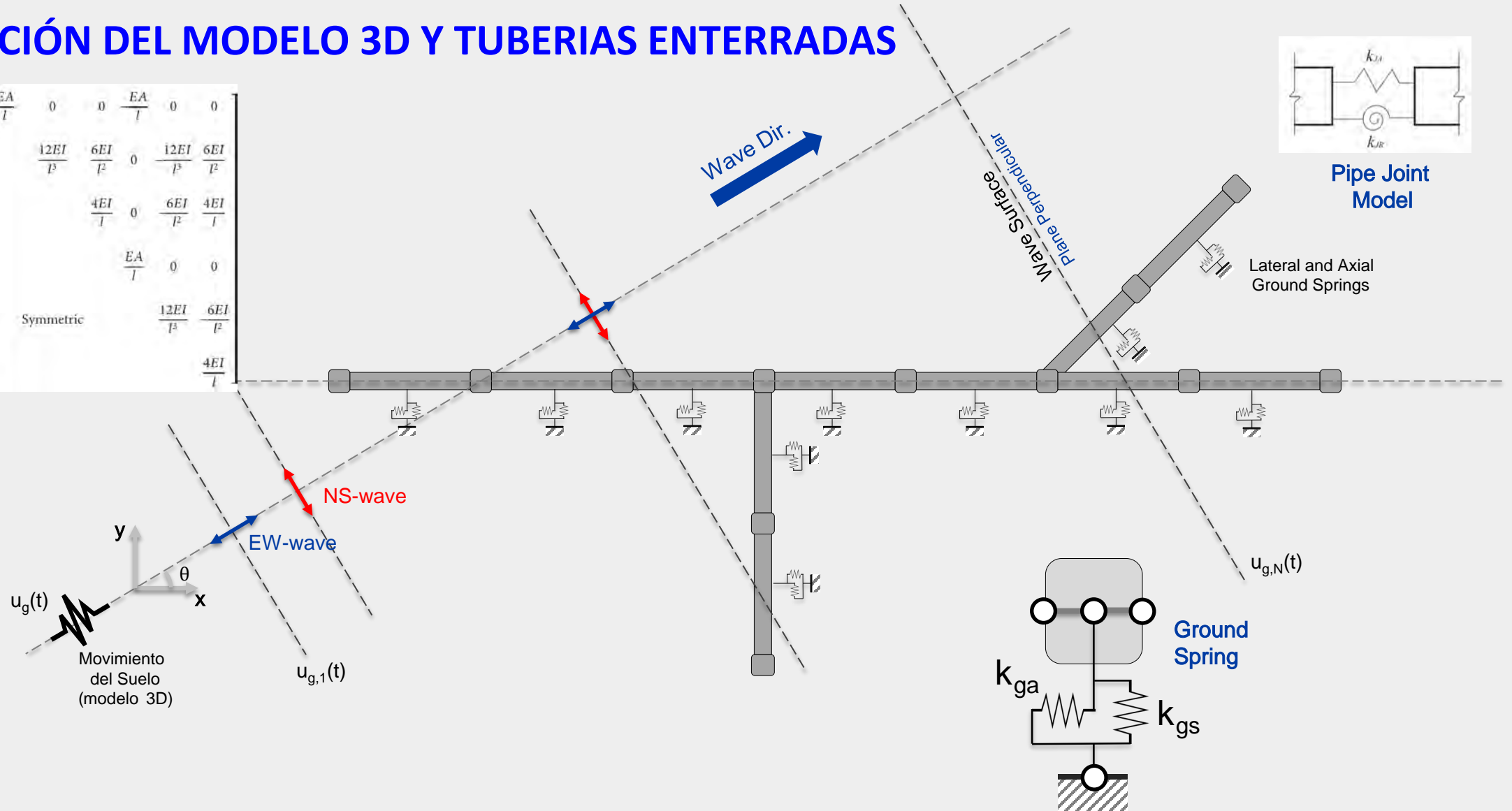


INTERACCIÓN DEL MODELO 3D Y TUBERIAS ENTERRADAS

Elastic Pipe Model

$[K_p] =$

$$\begin{bmatrix} \frac{EA}{l} & 0 & 0 & \frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} & 0 & \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} & 0 \\ 0 & \frac{4EI}{l} & 0 & 0 & \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} \\ 0 & 0 & \frac{EA}{l} & 0 & 0 & 0 \\ \text{Symmetric} & & & \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} & 0 \\ & & & 0 & 0 & \frac{4EI}{l} \end{bmatrix}$$



Pipe Joint Model

Lateral and Axial Ground Springs

Ground Spring

k_{ga}

k_{gs}

3. INVESTIGACIONES EN DESARROLLO

TESIS DE MAESTRÍA

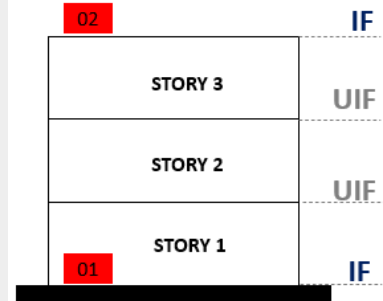


Esquema metodológico: “Estimación de la respuesta sísmica en edificios de baja altura con entrepisos no instrumentados mediante análisis en ventanas de tiempo”

1

Adquisición de datos

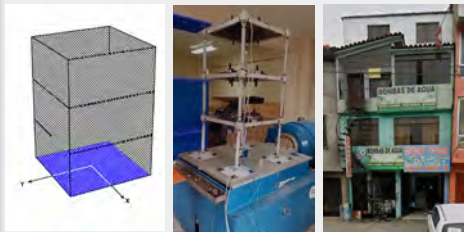
Esquema de instrumentación



UF : Piso Instrumentado
 UIF : Piso no instrumentado
 ■ : Sensor

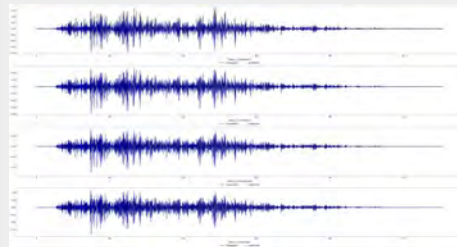
Fuente de datos

Simulaciones | Experimentos | Viviendas reales

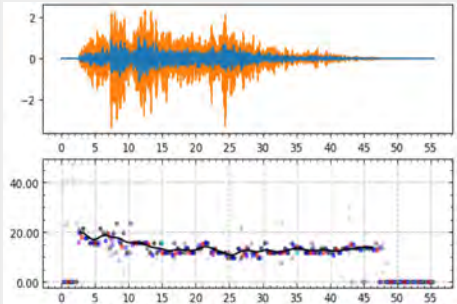
**2**

Procesamiento en ventanas de tiempo

Señal en el tiempo

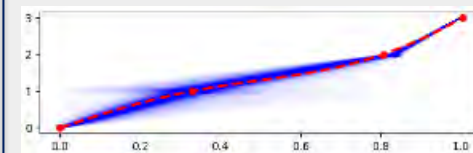
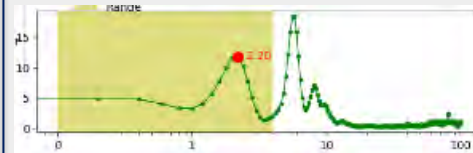


Degradación del periodo

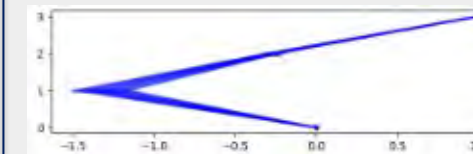
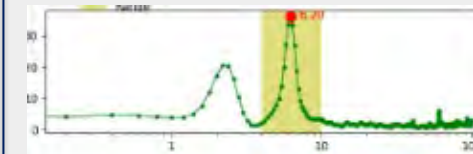
**3**

Identificación dinámica

Modo 1

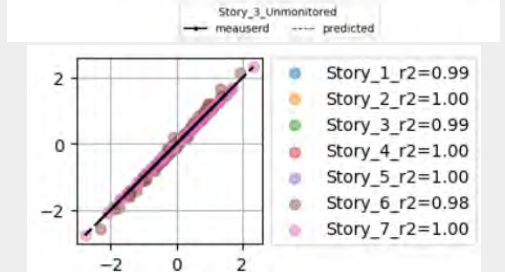
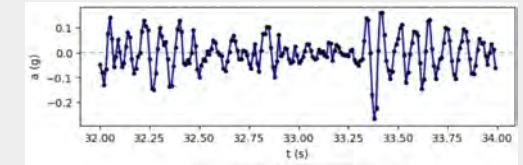


Modo 2

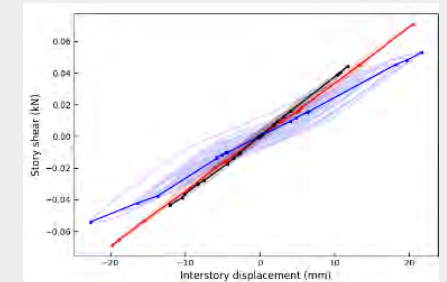
**4**

Estimación de respuestas y daño estructural

Estimación de respuestas

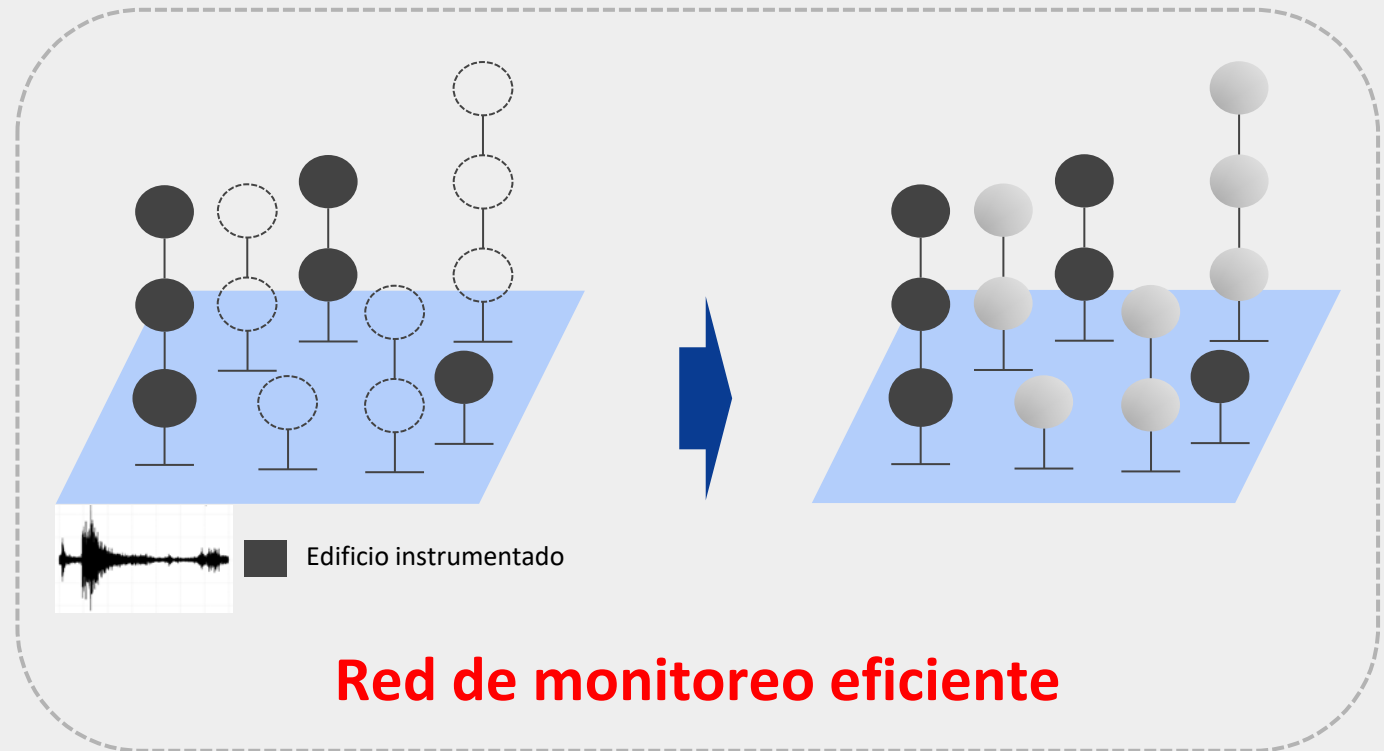
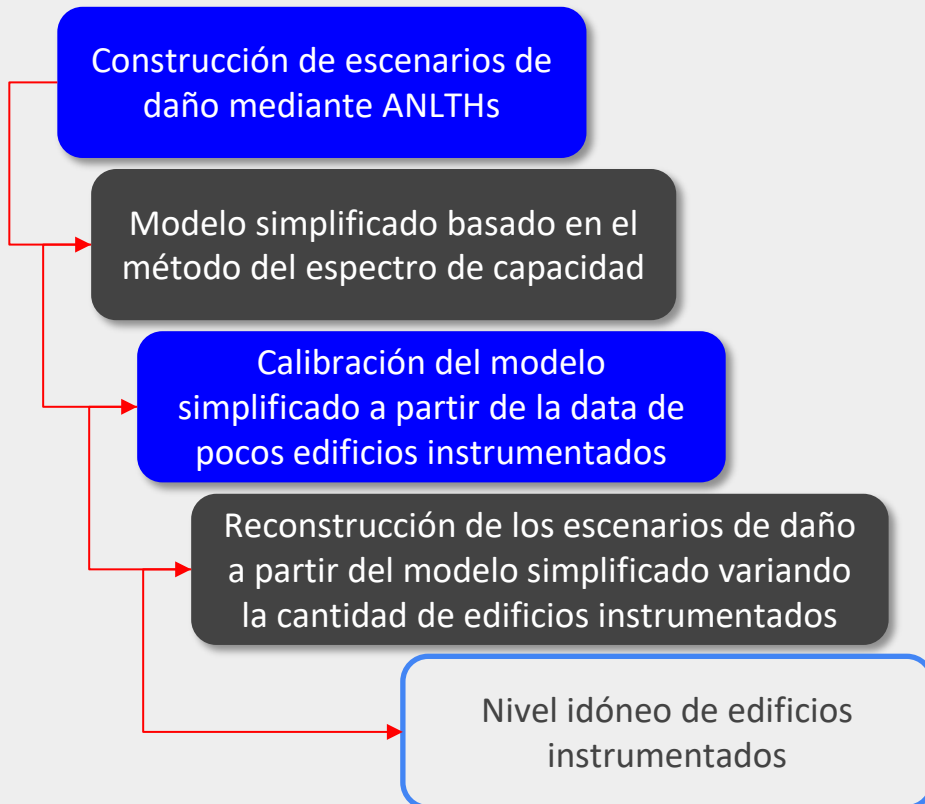


Histéresis



Propuesta de metodología para determinar el nivel idóneo de instrumentación sísmica de edificios en un área del distrito de Villa El Salvador, Lima-Perú

Clinton Ramon
Dr. Miguel Diaz





“Ciencia e Ingeniería para
proteger vidas ante
terremotos y tsunamis”
¡Muchas gracias!