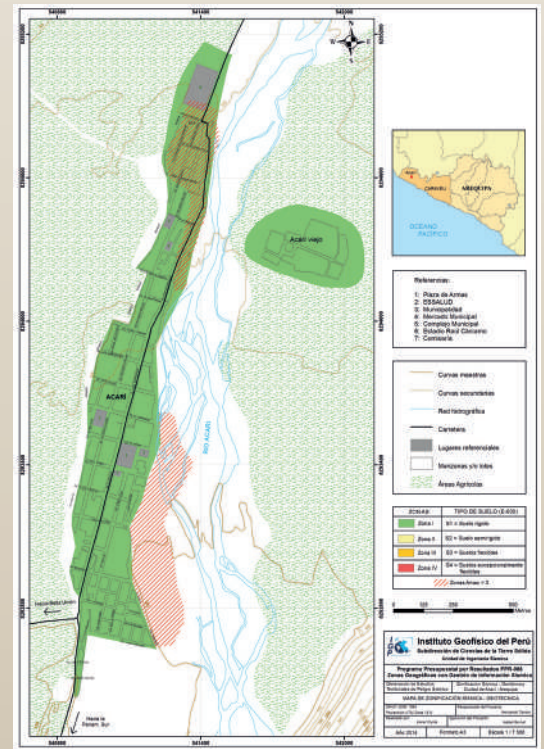


Programa Presupuestal N° 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres"  
Producto: "Estudios para la estimación de riesgos de desastres"

# Generación de información y monitoreo de peligro por sismos, fallas activas y tsunamis

## Boletín técnico

### Peligro por sismos en la localidad de Acarí



# Contenido

**2 - 3** Introducción

**4 - 19** Boletín Especial

Programa Presupuestal N° 068 “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”.

Producto: Estudios para la estimación de riesgos de desastres

Actividad: Peligro por sismos, fallas activas y tsunamis

**Elsa Galarza**

Ministra del Ambiente

**Hernando Tavera**

Presidente ejecutivo IGP

**Edmundo Norabuena**

Director científico IGP

**Hernando Tavera**

Responsable de la subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida

**Edmundo Norabuena**

Responsable de la subdirección de Redes Geofísicas

**Alejandra Martínez**

Responsable de la subdirección de Geofísica y Sociedad

Edición: Luis Santos

Diseño y diagramación: Dante Guerra E.

Instituto Geofísico del Perú  
Calle Badajoz 169 Mayorazgo  
IV Etapa - Ate  
Teléfono (511) 3172300

Impreso por:  
Lettera Gráfica SAC.  
Av. La Arboleda 431 - Ate  
Teléfono (511) 7150315

Lima, mayo del 2017

Hecho el Depósito Legal en la  
Biblioteca Nacional del Perú N° 2016 - 05047

# Introducción

El Programa Presupuestal por Resultados (PPR) es una estrategia de gestión pública que vincula la asignación de recursos a productos y resultados medibles a favor de la población. Dichos resultados se vienen implementando progresivamente a través de los programas presupuestales, las acciones de seguimiento del desempeño sobre la base de indicadores, las evaluaciones y los incentivos a la gestión, entre otros instrumentos que determina el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) a través de la Dirección General de Presupuesto Público, en colaboración con las demás entidades del Estado.

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) viene participando en el Programa Presupuestal 068: “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, específicamente con el producto “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”.

Con este propósito, tres de las cuatro subdirecciones del IGP vienen participando activamente en una actividad que incluye el monitoreo, generación de información, y difusión de resultados de esa actividad: Ciencias de la Tierra Sólida, Redes Geofísicas y Geofísica & Sociedad. Todas ellas contribuyen – desde su específico campo de trabajo – a que la ciudadanía pueda contar con información confiable y oportuna sobre el ambiente geofísico que la rodea, y a que las autoridades puedan tomar decisiones informadas sobre eventos potencialmente desastrosos en su localidad, municipio o región, específicamente sobre sismos, fallas activas y tsunamis.

Así, el presente Boletín tiene como objetivo difundir información de primera mano sobre el ambiente geofísico, conocimientos y avances científicos y tecnológicos, y noticias relacionadas. Este número se centra en Acarí, sin embargo la información que contiene es válida para recordarnos que nuestro país está expuesto y es vulnerable ante fenómenos geofísicos que pueden afectar a sus ciudadanos y sus principales medios de vida.

Los resultados de esta actividad están disponibles en:  
<http://intranet.igp.gob.pe/productosismo/>.



# IGP

# PO-SNAT

El Instituto Geofísico del Perú es una institución pública al servicio del país, adscrita al Ministerio del Ambiente, que genera, utiliza y transfiere conocimientos e información científica y tecnológica en el campo de la geofísica y ciencias afines, forma parte de la comunidad científica internacional y contribuye a la gestión del ambiente geofísico con énfasis en la prevención y mitigación de peligros naturales y de origen antrópico.

Es importante recalcar que se cumple un rol social, pues se contribuye a prevenir y mitigar fenómenos con gran potencial destructivo. Las actividades principales son: la investigación científica, la educación y la prestación de servicios en geofísica aplicada. Con más de 60 años de aportes de conocimiento y tecnología, contamos con connotados especialistas para hacer investigación, todos ellos peruanos, que contribuyen con talento y experiencia para servir a la población peruana.

El Protocolo Operativo del Sistema Nacional de Alerta de Tsunami (PO-SNAT) es el resultado de un trabajo conjunto entre el Instituto Geofísico del Perú (IGP), la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) y el Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci).

Las bases del mismo establecen las responsabilidades y funciones de cada institución en caso ocurra un evento sísmico que origine un tsunami en las costas de Perú.

De esta forma, se determinó que ante la ocurrencia de un sismo de origen cercano el IGP proporcionará los parámetros sísmicos de localización (latitud, longitud, profundidad y magnitud) a la DHN, institución que previo análisis y evaluación de estos datos determinará la posibilidad que ocurra un tsunami, información que será transmitida al Indeci para que sea difundida a las autoridades locales correspondientes.

El citado protocolo fue aprobado oficialmente en junio de 2012 por las máximas autoridades de cada institución: el Dr. Ronald Woodman del IGP, el General Alfredo Murgueytio del Indeci, y el Almirante Javier Gaviola de la DHN.

## LEY N° 29664

### Resumen

La Norma regula los objetivos, composición y funcionamiento del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres - SINAGERD, cuya finalidad es identificar y reducir los riesgos asociados a peligros, minimizar sus efectos y atender situaciones de peligro mediante lineamientos de gestión.

Entre otros puntos indica que, teniendo como base la investigación científica, se identificará y conocerá los peligros naturales a los que estamos expuestos para tomar las medidas de prevención, reducción y de control de los factores de riesgo, labor que recae en el gobierno pero que involucra a la sociedad, cuya protección es el fin último de la gestión de riesgo de desastres.

## “Arequipa bajo la lupa geofísica del IGP”

Ocho localidades han sido estudiadas en los últimos cinco años



En cada localidad se realizaron trabajos de campo para la adquisición de información geofísica.

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) ha realizado en el periodo 2012 – 2016 estudios geofísicos en la costa peruana que comprendieron ocho localidades de la región Arequipa, labor que fue desarrollada en el marco del Programa Presupuestal N° 068 “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, producto “Estudios para la estimación de riesgos de desastres”, actividad “Peligro por sismos, fallas activas y tsunamis” y es un aporte para la gestión de riesgo de desastres.

En las siguientes líneas el Ing. Wilfredo Sullá, asistente de investigación del IGP que participa en el referido programa presupuestal, da detalle de los trabajos realizados, las localidades estudiadas, así como el beneficio para la población.

*“La labor comprendió diferentes etapas, tales como la organización del proyecto, la selección y planificación de los métodos geofísicos más adecuados para aplicar en las zonas a intervenir. Además se programaron salidas para la adquisición de información geofísica en un periodo de tres a cuatro meses. Tras la adquisición de la totalidad de información, en gabinete se realizó el procesamiento y análisis de los datos para su posterior integración y elaboración del informe técnico correspondiente”,* explica el ingeniero.

principalmente en localidades y/o ciudades ubicadas próximas a la línea de costa por presentar mayor riesgo sísmico. Precisa que desde el año 2012 al presente año se han intervenido 38 localidades, de las cuales ocho se ubican en la región Arequipa: Acarí, Bella Unión, Yauca, Chala, Camaná, Arequipa Cecado, Cocachacra y Punta de Bombón.

*“En el año 2014 se intervinieron las citadas localidades ubicadas en la región sur de Perú. Los resultados evidenciaron, entre otros puntos, que en Camaná y Punta de Bombón sobresalen sectores cuyos suelos son blandos y otros que presentan inestabilidad, por*

Agrega que estos estudios se realizaron

lo que tienen mayor vulnerabilidad ante un evento sísmico, a diferencia de los obtenidos en Acarí, Bella Unión y Cercado de Arequipa, donde predominan suelos moderadamente rígidos a rígidos”, explica.

Asimismo, indica que el objetivo de los trabajos realizados es la zonificación sísmica y geotécnica de los suelos en áreas urbanas y de expansión, a través de la identificación de sus características físicas y su respuesta ante la ocurrencia de un sismo.

La información obtenida es reflejada en mapas que son parte de los informes técnicos elaborados individualmente para cada localidad. Los mismos que son entregados personalmente a las autoridades locales por parte del Dr. Hernando Tavera, presidente ejecutivo del IGP.

En el caso de la región Arequipa, las ocho localidades estudiadas ya cuentan con sus informes respectivos, con los cuales se espera se mejore la planificación urbana; es decir, el desarrollo y ejecución de proyectos orientados a la gestión del riesgo ante sismos, lo cual conllevará a mejorar la calidad de vida de sus pobladores, así como proyectar hacia el futuro una adecuada expansión urbana.

## Perfil del entrevistado



**Ing. Wilfredo Sulla**  
Asistente de investigación  
Instituto Geofísico del Perú

*Ingeniero geofísico de la Universidad Nacional San Agustín (UNSA), con el tema “Metodología para la identificación de sismos generadores de tsunamis a distancias regionales usando la transformada de Wavelet”.*



**El Ing. Sulla durante labor de registro de vibraciones ambientales.**

# Estudios en Ingeniería Sísmica en Acarí

Dentro del Programa Presupuestal N° 068 “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, producto “Zonas geográficas con gestión de información sísmica”, actividad “Generación de estudios territoriales de peligro sísmico”, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) ha desarrollado en Acarí estudios en ingeniería sísmica, labor que comprendió la técnica de cocientes espectrales, así como los métodos de MASW y de tomografía eléctrica.



*Labor de recolección de data sísmica en la periferia de Acarí.*

## Estudio sísmico con la técnica H/V (cocientes espectrales)

Para la aplicación de la misma se procedió, sobre el mapa catastral de la ciudad de Acarí, a definir la distribución y el número de puntos para el registro de vibraciones ambientales teniendo en cuenta la información geológica y geomorfológica de la zona de estudio.

Posteriormente, se determinaron las frecuencias predominantes, para lo cual se consideraron los siguientes aspectos: 1) Las frecuencias predominantes menores a 1 Hz (Hertz) corresponden a vibraciones generadas por el oleaje del mar, y/o cambios meteorológicos (periodos muy largos), 2) Las bajas frecuencias o periodos largos son debidas a la presencia de depósitos profundos y 3) Las frecuencias altas o periodos cortos son debidas a depósitos superficiales blandos y de poco espesor (Bernal, 2006).

La información obtenida de las razones

espectrales H/V permite considerar para su análisis tres rangos de frecuencia:

**Frecuencias predominantes F0;** las cuales se presentan en el 3 % de los puntos donde se recolectó información y se distribuyen de manera aleatoria en las zonas próximas al cauce del río Acarí.

**Frecuencias predominantes F1;** las mismas se presentan en la mayoría de puntos donde se recolectó información, agrupándose en la zona céntrica de la ciudad de Acarí. Mientras que en el extremo noreste y suroeste de la ciudad, las frecuencias se distribuyen de manera dispersa.

**Frecuencias predominantes F2;** presentes en un 30% del total de puntos en donde se recolectó información. Estos valores se agrupan de manera preferencial en el extremo noreste de la ciudad y de forma dispersa en dirección suroeste.

## Estudios con la técnica de arreglos sísmicos

La técnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) permite conocer la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en el subsuelo a partir del análisis de la dispersión de ondas superficiales registradas por arreglos lineales de estaciones sísmicas. Como resultado de la inversión de la curva de dispersión se obtiene el perfil de velocidades para las ondas de corte ( $V_s$ ) en el punto central de cada arreglo.

Tras los estudios realizados se han identificado suelos compuestos por dos capas cuyas características varían de noreste a suroeste, la primera (con espesor de cuatro metros) presenta velocidades que hacia el extremo noreste fluctúan alrededor de 350 m/s, en el centro de 150 m/s y al suroeste de

230 m/s. Mientras que la segunda capa presenta, hacia el noreste, espesores entre 16 y 20 metros con velocidades del orden de 600 m/s y hacia el suroeste espesores de siete a nueve metros con velocidades de 350 a 480 m/s. Estos resultados evidencian la presencia de depósitos superficiales heterogéneos poco consolidados y espesor variable, depositados sobre materiales clásticos que, por su profundidad, presentan mayor cohesión y/o consistencia.

Además, según el perfil LR03-AC, se identificó la presencia de estratos lenticulares de arena que generan la menor consistencia del suelo y en otras zonas estratos lenticulares formados por cantos rodados de guijarro y gravas que le dan mayor consistencia al suelo.

## Estudios de tomografía eléctrica

La tomografía eléctrica permite obtener información sobre las propiedades físicas del subsuelo mediante la evaluación del parámetro de resistividad al paso de la corriente eléctrica. Esta propiedad permite conocer la resistividad del subsuelo asociado a la presencia de capas y superficies con mayor o menor contenido de agua.

En Acarí se realizaron cuatro líneas de tomografía eléctrica con el dispositivo polo-dipolo, la distribución de 25 electrodos con un espaciamiento de 10 metros entre electrodo y sobre un tendido longitudinal de 240 metros, lo cual permitió tener alcances en profundidad del orden de 39 metros.

Tras los trabajos realizados se determinó que la distribución de los valores de resistividad evidencian la existencia de dos capas con valores bajos a muy bajos resistivos. El espesor para la primera capa fluctúa en cinco metros y la segunda se encuentra

a profundidades próximas a 15 metros. Hacia los extremos noreste y suroeste de la ciudad de Acarí, los valores son más altos en la primera capa a diferencia de lo observado en las secciones ubicadas en los extremos este y oeste, donde los valores son más bajos.

Estos resultados se asocian a la consistencia de los suelos y a los materiales que conforman la capa superficial de la zona de estudio. En los extremos noreste y suroeste, los suelos son de tipo arenoso y arcilloso con presencia de gravas que permiten obtener los valores resistivos más altos, respecto a lo observado a mayor profundidad que presentan rasgos de humedecimiento.

Contrariamente, en los extremos este y oeste de las secciones, se evidencia la presencia de suelos de cultivo con alto nivel freático.

## Periodos dominantes

Los periodos dominantes que caracterizan a los suelos de la ciudad de Acarí están relacionados por sus condiciones físico - dinámicas a través de la relación  $T_0=4H/V_s$  ( $T_0$ , periodo dominante;  $H$ , espesor del estrato y  $V_s$ , velocidad de onda de corte). Tras conocer los periodos y la velocidad de las ondas de corte ( $V_s$ ), se procedió a calcular los espesores de las capas del suelo.

De esta forma, asumiendo una velocidad de 180 m/s para las ondas de corte ( $V_s$ ) y periodos de 0.1 y 0.2 segundos, se estima para la capa superficial espesores entre 4.5 y 9 metros. De igual forma, considerando velocidades de 320 m/s para estos mismos periodos, se estima espesores de 8 y 16 metros, resultados que son coherentes con los modelos de velocidad y espesores de capas obtenidos con los métodos geofísicos.

# Estudios en Geodinámica Superficial en Acarí

Dentro del Programa Presupuestal N° 068 “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, producto “Zonas geográficas con gestión de información sísmica”, actividad “Generación de estudios territoriales de peligro sísmico”, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) ha desarrollado en Acarí estudios en geodinámica superficial, los mismos que comprenden los campos de geomorfología, geología, geodinámica y geotecnia.



## Geomorfología

Los rasgos geomorfológicos presentes en Acarí y sus alrededores son el resultado de la interacción de fuerzas endógenas (actividad tectónica) y exógenas (medio ambiente atmosférico). La ciudad se asienta sobre una terraza fluvio-aluvial antigua con alturas que no superan los 450 m.s.n.m. Asimismo, se encuentra sobre terrenos cuyas pendientes son menores a  $5^\circ$ , siendo sus máximos del orden de  $10^\circ$  a lo largo de una franja de 4 km de largo.

En el área sobre la cual se emplaza la citada ciudad se ha identificado además la existencia de unidades geomorfológicas, las mismas que se dividen por su origen en:

**Origen tectónico estructural;** con la presencia de estribaciones andinas (cadenas de montañas de baja altitud). Al noreste de la ciudad, en el cerro Portachuelo y al este en el cerro Rodadero, las cotas máximas alcanzan alturas de hasta 600 m.s.n.m. Estas unidades presentan gran actividad geodinámica como aluviones y caída de rocas.

**Origen Fluvial;** en la zona de estudio este tipo de modelado está conformado por agentes externos tales como los cursos de aguas permanentes o

regulares, la escorrentía superficial y las redes de drenaje originadas por periodos de lluvias intensas. Las formas resultantes de estos agentes son: llanura fluvio – aluvial, terraza fluvio – aluvial antigua y lecho aluvial.

**Origen eólico;** el modelado eólico en Acarí resulta de la acción continua del viento que ocasiona la erosión, transporte y depositación de material sedimentario fino característico de la granulometría de las arenas. El principal mecanismo de transporte de estas arenas son los denominados vientos Paracas. Este fenómeno se inicia en la localidad de Tanaca, ubicado a 34 km al sureste del área de estudio y se extiende hasta Pisco (Ica).

**Origen depositacional;** los abanicos se originan por la pérdida de compactación de los sedimentos, siendo el agua el principal mecanismo de transporte. El agua proviene de las precipitaciones intensas que originan flujos superficiales (escorrentía), siendo la pendiente el factor que incrementa la ocurrencia de estos eventos. Post evento, se desarrolla el proceso depositacional al alcance de los flujos. En la ciudad de Acarí predominan los flujos granulares compuestos por gravas, clastos y bloques.



## Geología

Para el estudio geológico de Acarí se hizo uso de la información contenida en el compendio de geología regional del Ingemmet (a escala regional 1:100000), complementado con la geología local obtenida en base al cartografiado realizado en campo (escala 1:5000) con el fin de describir las principales unidades litológicas aflorantes y sus características, para así concretizar el estudio de zonificación sísmica - geotécnica.

De esta forma – en el contexto regional – se observa que las rocas más antiguas corresponden al intrusivo Tiabaya y a la formación Hualhuani de la edad Cretácica conformadas por rocas de naturaleza sedimentaria. Los materiales del Cuaternario son de edad Pleistocena Inferior, época

## Geodinámica

Este campo de estudio abarca el análisis de los procesos y cambios físicos que ocurren constantemente sobre la superficie de la Tierra. Estas transformaciones son posibles debido a la intervención de agentes internos y externos que crean, forman, degradan y modelan la superficie terrestre. La geodinámica interna y externa presente en la zona de estudio es la responsable de modelar la superficie.

**Movimientos en masa (MM);** el trabajo de campo realizado en la ciudad de Acarí y alrededores permitió identificar movimientos de masa del tipo caída de rocas (desprendimiento de clastos y bloques de rocas que caen por efectos de la gravedad y movimientos sísmicos, entre otros) y flujos de detríticos (los sedimentos controlan el flujo y predominio sobre la

## Geotecnia

Para el estudio de los suelos en Acarí se recolectó información según las siguientes técnicas: exploraciones a cielo abierto (calicatas, Norma ASTM D420), densidad de suelo in situ (Norma ASTM D1556), exploración con posteadora manual (Norma ASTM D1452), ensayo de penetración dinámica ligera (DPL, Norma DIN4094) y ensayo de corte directo (Norma ASTM D3080).

De los ensayos de corte directo se hizo uso de los datos del ángulo de fricción y cohesión a fin de calcular la capacidad de carga última de los suelos, considerando el factor de seguridad de 1/3 definida

en la que comenzaron a depositarse y dar geoformas correspondientes a terrazas marinas debido al desarrollo de deposiciones de materiales eólicos y aluviales. Estos materiales cuaternarios cubren hasta un 65% de la superficie de la zona de estudio.

Mientras que a nivel local se ha reconocido la existencia de unidades del Cuaternario que no han sido consideradas en la cartográfica del Ingemmet. Estas unidades cronoestratigráficas corresponden al Holoceno (11500 años) y entre ellas se puede citar a los depósitos fluvio-aluviales antiguos (gravas angulosas con arenas de grano medio a grueso), fluviales (gravas redondeadas bien compactadas), eólicos (arenas y limos) y coluvio-aluviales (materiales angulosos).

fase granular, son rápidos y turbulentos, discurren a lo largo de canales o cauces de quebradas).

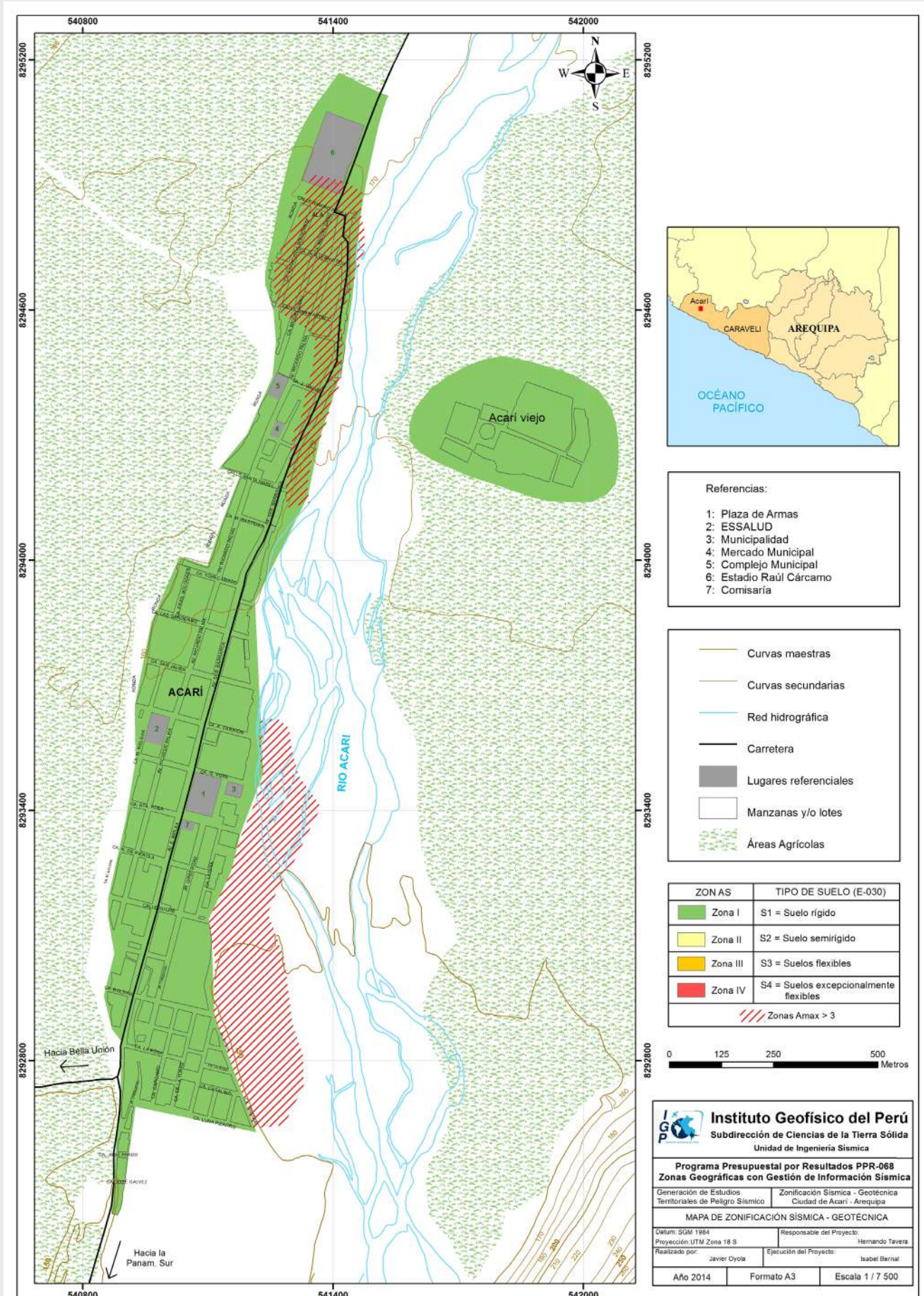
**Procesos eólicos y fluviales;** tales como la migración de arenas (los vientos Paracas son determinantes en la dinámica eólica de Acarí) y la erosión fluvial (desgaste continuo de la ribera de los ríos debido al flujo de agua y cuya intensidad está ligada a la presencia de lluvias).

**Hidrografía;** el río Acarí cubre un área alargada de drenaje de 4,299 km<sup>2</sup>, siendo su patrón de tipo dendrítico. En su inicio, la cuenca presenta un relieve favorecido por fuertes pendientes y valles angostos. Su régimen es torrencioso e irregular y alcanza una longitud de 180 km con una pendiente promedio de 2%.

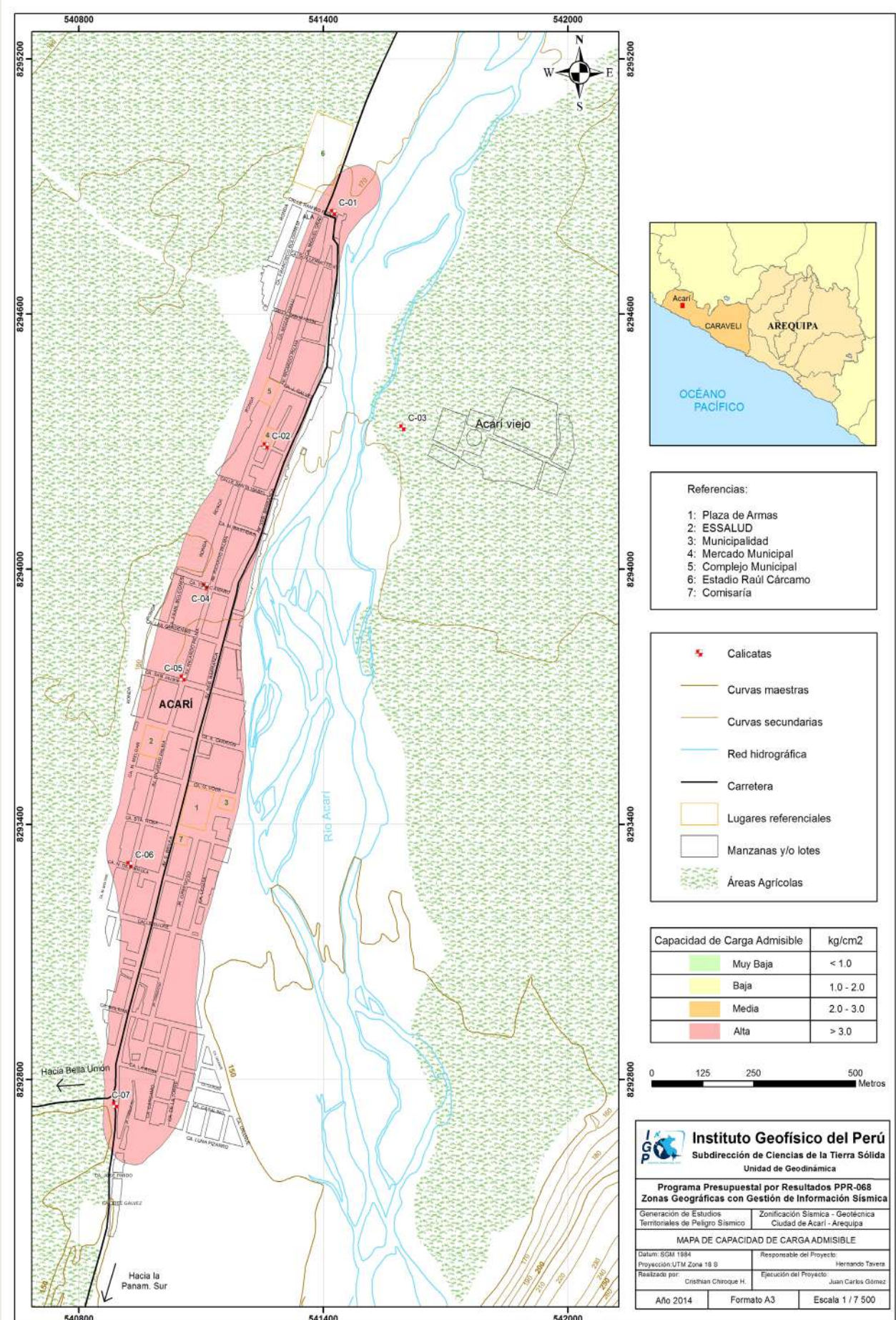
en la Norma Técnica Peruana para el diseño de cimentaciones. En el caso de la citada ciudad, se obtuvo que se asienta sobre suelos con capacidad portante alta (>3 km/cm<sup>2</sup>) con valores de 4.99 km/cm<sup>2</sup>.

Mientras que, en base a la información geotécnica recopilada de las calicatas, posteos y de los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina, se ha identificado la existencia de dos tipos de suelos: tipo GP (gravas arenosas mal gradadas) y SP (arenas mal gradadas con presencia de gravas).

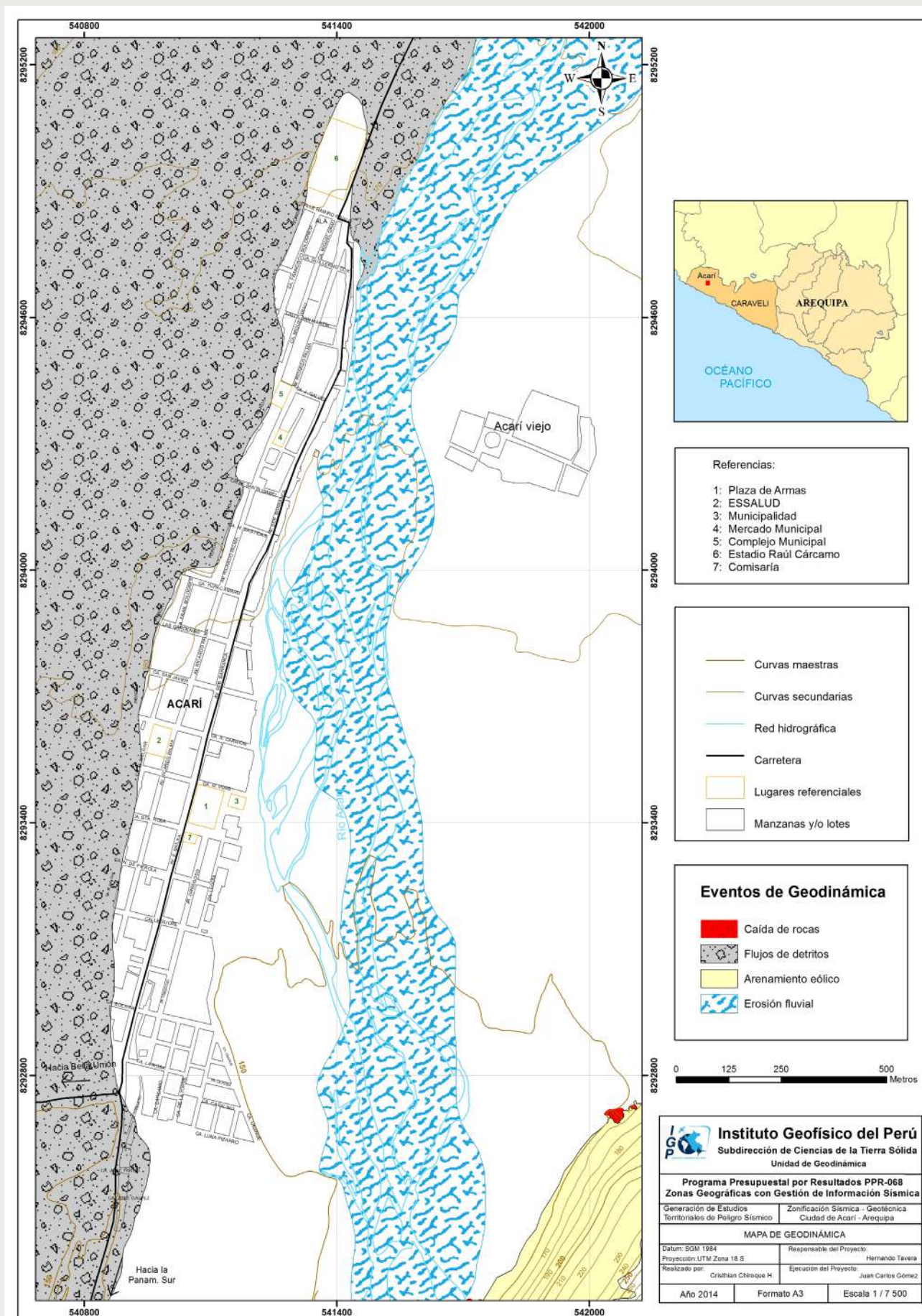
# Mapa 1: Zonificación sísmica-geotécnica



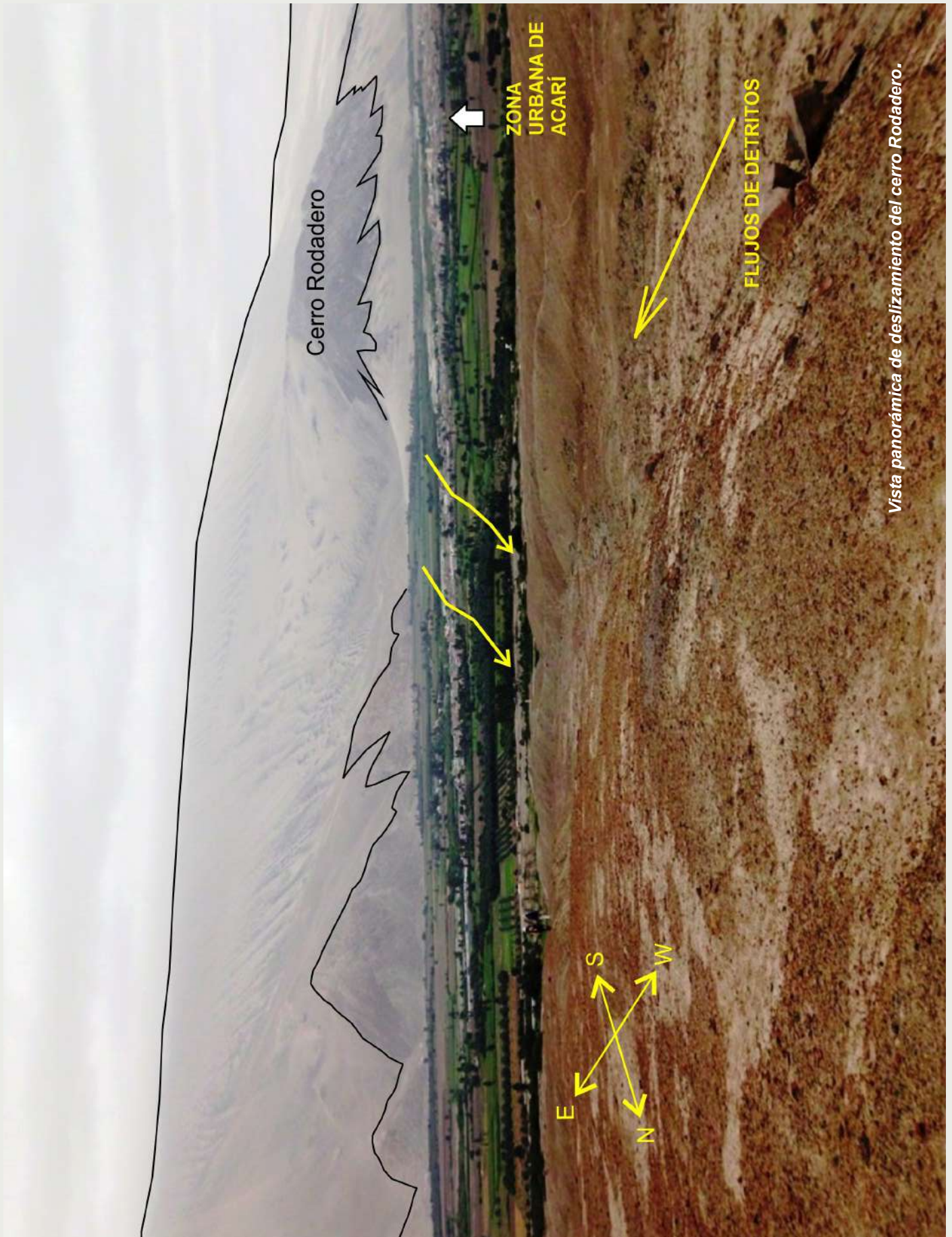
# Mapa 2: Capacidad de carga admisible



# Mapa 3: Geodinámica



# Vulnerabilidad física



## PP 068 del presente año incluye estudios en Moquegua y Tacna

En el marco del Programa Presupuestal N° 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) desarrolla el presente año estudios en los distritos de Ciudad Nueva, Boca del Río e Ite (Tacna), así como en Ilo, Mariscal Nieto y Torata (Moquegua).

Por ello, el Dr. Hernando Tavera y los magísteres Isabel Bernal y Juan Carlos Gómez se reunieron la primera semana de febrero con representantes de los citados distritos con el fin de explicarles los estudios a desarrollar, los mismos que comprenden la aplicación de métodos sísmicos, geofísicos, geológicos, geotécnicos y de simulación numérica con el fin de generar los respectivos mapas de Zonificación Sísmica – Geotécnica.



*Representantes del IGP se reunieron con autoridades locales de Moquegua y Tacna.*

## Especialistas realizaron inspección en quebrada Huaycoloro

Como parte de las actividades del proyecto “Implementación del Sistema de Alerta Temprana de Huaicos” financiado por Cienciactiva, personal del Instituto Geofísico del Perú (IGP) inspeccionó en febrero las áreas afectadas por huaicos en la subcuenca de la quebrada Huaycoloro, las mismas que comprendieron zonas aledañas a la sede de Jicamarca del IGP.

De esta forma, los especialistas Jhon Chahua y Héctor Lavado identificaron los puntos de inicio de los desbordes y el tiempo de llegada del flujo desde la ubicación del punto de monitoreo del Sistema de Alerta Temprana de Huaicos hasta el asentamiento humano Saracoto. El tiempo transcurrido fue de 4 minutos, con un caudal de 72.5 m<sup>3</sup>/s.



*Labor de inspección en la quebrada Huaycoloro.*

## Bomberos voluntarios del Perú fueron capacitados sobre sismos y tsunamis

El Dr. Hernando Tavera, presidente ejecutivo del Instituto Geofísico del Perú (IGP) capacitó en febrero a personal del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú sobre los estudios que se están realizando en el país en materia de actividad sísmica y eventuales tsunamis.

Durante su presentación, el científico peruano remarcó que en la zona costera de la región central de Perú existe un área de acoplamiento sísmico que podría originar un sismo mayor a 8 Mw, evento parecido al ocurrido en 1746 que produjo la muerte del 10% de la población existente en aquel año, cifra que debe tenerse presente en labores de prevención considerando que Lima actualmente tiene en promedio 10 millones de habitantes.



*La presentación se realizó en el auditorio del Cuerpo General de Bomberos del Perú.*

## Revista *Journal of Seismology* publicó artículo con autoría del IGP

La revista *Journal of Seismology* publicó este año el artículo científico “*Calibration of the local magnitude scale (ML) for Peru*”, el cual cuenta con la autoría del M.Sc. Cristóbal Condori, del Instituto Geofísico del Perú (IGP), entidad de la que también participa como coautor el Dr. Hernando Tavera, junto con importantes investigadores de la Universidad de Brasilia (UnB) y el Observatorio Sismológico (Obsis), ambos de Brasil.

El estudio realizado consiste en calibrar una ecuación de magnitud con el fin de cuantificar la estimación de la magnitud de los sismos ocurridos en Perú. De esta forma, se propone una relación de magnitud local (ML) para el Perú determinada mediante la calibración de una curva de atenuación y teniendo en cuenta las características sismotectónicas del país.



El artículo científico tuvo como autor al M.Sc. Cristóbal Condori, del IGP.

## Ingenieros del IGP recibieron capacitación en manejo de software WAVEDEC

Con el objetivo de obtener un mejor conocimiento sobre el análisis de suelos, ingenieros del Instituto Geofísico del Perú (IGP) recibieron en marzo la charla “Análisis espectral de registros de vibración ambiental”, a cargo del Dr. Stefano Marano, del *Swiss Federal Institute of Technology de Zurich (ETHZ)*.

Durante la capacitación el Dr. Marano explicó la nueva metodología para el análisis espectral de registros de vibración ambiental, considerando la elipticidad de las ondas superficiales *Rayleigh* y *Love*; la misma que se está aplicando con éxito en otras instituciones internacionales dedicadas a los estudios de suelos. Cabe indicar que la charla forma parte de futuros proyectos que se desarrollarán con el ETHZ.



Las clases fueron impartidas por parte del Dr. Stefano Marano, del ETHZ.

## Estudio evalúa grietas que emanan vapor en Huancavelica

El Ing. Robert Carrillo, del Instituto Geofísico del Perú (IGP), realizó en febrero una inspección geológica y geodinámica en el afloramiento de gases provenientes del subsuelo que se produjo el citado mes en el distrito de Aurahuá, provincia de Castrovirreyna, región Huancavelica.

Tras el estudio realizado se infirió que la génesis de los gases se debió a la combustión generada por el material orgánico con presencia de carbón residual depositado en el margen izquierdo de la quebrada Casacancha, esto debido a la presencia de fluidos hidrotermales con incrementos graduales de temperatura (agente desencadenante del calentamiento y combustión del material orgánico).



Zona donde se presentaron las emanaciones de vapor.

## Introducción

La provincia de Caravelí se divide en trece distritos: Chala, Bella Unión, Chaparra, Atico, Caravelí, Huanuahuano, Acarí, Quicacha, Yauca, Lomas, Jaqui, Atiquipa y Cahuacho. El distrito de Acari tiene una altitud de 162 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son 15°26'18"S 74°37'02"O, se encuentra ubicada en la zona de costa y tiene una extensión de 799.21km<sup>2</sup> (INEI, 2017). Acari es vulnerable ante un

sismo y tsunami, al estar expuesta a dichos peligros y además tener un alto nivel de desigualdad social (UNESCO, 2011).

El análisis socioeconómico que se realizará tendrá como finalidad conocer el grado de desigualdad social de la población. Las secciones a trabajar serán: demografía, vivienda y educación.

## Demografía

La población de la provincia de Caravelí asciende a 40 904 habitantes, representando un poco más del 3% del total de habitantes de la región Arequipa.

Esta participación genera una tasa de crecimiento anual de 1,31% desde el año 2007.

**Tabla 1:** Distribución de la población por grupos de edad.

Grupos de edad	Distrito de Acari		Perú	
	1993	2007	1993	2007
0 – 14	39,0%	27,7%	37,0%	30,5%
15 – 29	25,2%	23,8%	28,6%	27,6%
30 – 64	30,6%	40,4%	29,8%	35,5%
65 y más	5,2%	8,1%	4,7%	6,4%
Total	5 127	4 019	22 048 356	27 412 157

Fuente: Censos Nacionales (INEI, 1993 y 2007)

La Tabla 1 presenta los grupos de edades para el distrito de Acari y para el Perú. La población agrupada de acuerdo a las edades proporciona información valiosa sobre la dinámica poblacional, así el 49% de la población está conformada por adultos jóvenes,

adultos y adultos mayores (INEI, 2008); mientras que la población menor a 30 años en el año 2007 (52%) presentó una caída a comparación del año 1993 (64%).



## Vivienda

El acceso a servicios básicos de la vivienda posibilita un incremento del bienestar de las personas y la menor exposición a enfermedades que son consecuencia de no poseer acceso a una red básica

de saneamiento. La Tabla 2 indica el porcentaje de viviendas según su forma de acceso al agua en el distrito de Acari y en la provincia de Caravelí.

**Tabla 2:** Viviendas según forma de acceso al agua (en porcentajes).

Ámbito geográfico	RP en vivienda	RP fuera de vivienda	Pilón de uso público	Camión-cisterna	Pozo	Río o acequia	Vecino	Otro
<b>Distrito de Acari</b>	73,6	9,4	2,8	0,2	0,7	11,4	1,3	0,6
<b>Provincia de Caravelí</b>	41,8	5,1	1,7	26,4	5,8	16,3	1,9	1,0

RP: Red pública. Fuente: Censo Nacional (INEI, 2007).

En el distrito de Acari, cerca del 86% de viviendas tienen acceso a la red pública de agua, dentro y fuera de la vivienda. El 14% restante accede al agua de otra forma (camión, cisterna, pozo, río o acequia, vecino, etc.).

La Tabla 3 muestra el porcentaje de viviendas según su forma de acceso a algún servicio de desagüe.

En la provincia de Caravelí cerca del 28% de las viviendas tienen acceso a la red pública de desagüe, proporción que se incrementa a comparación del distrito de Acari con cerca del 6%. Por otro lado, las viviendas que no están conectadas a los sistemas públicos de tratamientos de aguas residuales utilizan el pozo séptico, pozo ciego o negro, letrinas, río, acequia o canal.

**Tabla 3:** Viviendas según servicio de desagüe (en porcentajes).

Ámbito geográfico	RP en vivienda	RP fuera de vivienda	Pozo séptico	Pozo ciego o negro / letrina	Río, acequia o canal	No tiene
<b>Distrito de Acari</b>	3,4	2,3	23,8	49,0	4,0	17,4
<b>Provincia de Caravelí</b>	23,5	4,1	9,6	24,5	2,8	35,5

RP: Red pública. Fuente: Censo Nacional (INEI, 2007).

# Diagnóstico socioeconómico

**Tabla 4:** Viviendas según el material de construcción empleado en las paredes (en porcentajes)

Ámbito geográfico	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o tapia	Madera	Quincha	Estera	Piedra con barro	Piedra con cemento	Otro
<b>Distrito de Acari</b>	51,4	32,8	1,3	5,1	9,1	0,0	0,0	0,3
<b>Provincia de Caravelí</b>	44,9	26,4	4,0	3,8	18,0	0,7	0,4	1,9

Fuente: Censo Nacional (INEI, 2007).

En la Tabla 4, se observa que las paredes de aproximadamente el 45% de las viviendas de la provincia de Caravelí están construidas de ladrillo o bloque de cemento, mientras que más del 26% de las viviendas están construidas con adobe o tapia.

En comparación, las viviendas en Acari tienen como

principal material de construcción en las paredes al ladrillo o bloque de cemento, con cerca del 51% del total de las viviendas.

Además la provincia de Caravelí presenta un porcentaje superior de viviendas construidas con esteras (18%) a comparación de Acari (9%).

**Tabla 5:** Viviendas según el material de construcción empleado en los pisos (en porcentajes)

Ámbito geográfico	Tierra	Cemento	Losetas o terrazos	Parquet/Madera pulida	Madera o entablados	Láminas asfálticas	Otro
<b>Distrito de Acari</b>	25,7	70,9	2,7	0,3	0,3	0,2	0,1
<b>Provincia de Caravelí</b>	42,7	53,7	2,3	0,2	0,7	0,2	0,2

Fuente: Censo Nacional (INEI, 2007).

Según lo mostrado en la Tabla 5, el 26% de las viviendas en Acari emplean en los pisos la tierra, porcentaje inferior al de la provincia de Caravelí con aproximadamente 43%. El piso de cemento ocupa

el segundo lugar con cerca del 71% para el distrito y 54% para la provincia de Caravelí. Tanto en el distrito como en la provincia de Caravelí muestran el casi nulo uso de parquet, madera o láminas asfálticas.

## Educación

El distrito de Acari cuenta con 15 instituciones educativas, las cuales comprenden a las instituciones de educación inicial, primaria, secundaria y centros de educación técnica productiva (CETPRO), donde

13 son de gestión pública y 2 de gestión privada (Tabla 6), el número de estudiantes del distrito es encuentra concentrado en el sector público (1 045 alumnos) a comparación del privado (443 alumnos).

Tabla 6: Centros educativos y alumnos en la provincia de Caravelí y el distrito de Acari.

Ámbito geográfico	C.E. de gestión privada	C.E. de gestión pública	Total de C. E.	Alumnos (gestión privada)	Alumnos (gestión pública)	Total de alumnos	Población 2015
Provincia de Caravelí	16	94	110	1 494	8 766	10 260	40 904
Distrito de Acari	2	13	15	443	1 045	1 488	0

Fuente: Estadísticas de la Calidad Educativa (MINEDU, 2014)

## Referencias bibliográficas

Bernal, I. 2006. Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Tlaxcala - México. Tesis de Maestría, II-UNAM, México.

INEI, 1993. Sistema de consulta de datos del IX Censo Nacional de Población y IV Censo Nacional de Vivienda. [En línea] Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/censos1993/redatam/>

INEI, 2007. Sistema de consulta de datos del XI Censo Nacional de Población y VI Censo Nacional de Vivienda. [En línea] Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/redatam/>

INEI, 2013. Compendio Estadístico del Perú 2013. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

INEI, 2014. Población Perú 2000-2015. [En línea] Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>

MINEDU, 2014. Estadística de la Calidad Educativa - ESCALE. [En línea] Disponible en: <http://escale.minedu.gob.pe/>

UNESCO, 2011. Manual de Gestión del Riesgo de Desastre para Comunicadores Sociales, Lima: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.


## Créditos

- *Entrevista especial - Lic. Luis Santos Chaparro.*
- *Diagnóstico socioeconómico - Eco. Digna Trujillo Saavedra.*



 <http://www.facebook.com/igp.peru>

 [http://twitter.com/igp\\_peru](http://twitter.com/igp_peru)

 [https://www.youtube.com/c/igp\\_videos](https://www.youtube.com/c/igp_videos)