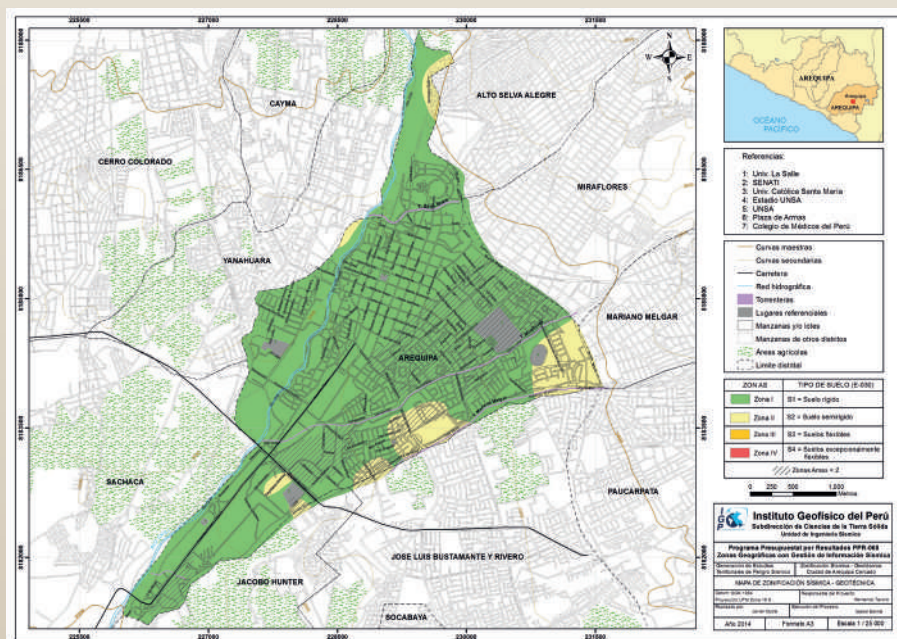


Programa Presupuestal N° 068: "Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres"
 Producto: "Estudios para la estimación de Riesgos de Desastres"

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

Boletín técnico

Peligro por sismos en Arequipa Cercado



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 (e) IGP

Edmundo Norabuena

Director científico (e) 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, febrero 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 Arequipa Cercado, 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:
www.igp.gob.pe/sysppr.



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 en el citado año: 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.

“El fin de nuestros estudios es sembrar una cultura sísmica en la sociedad”



Registro de parámetros sísmicos en el Centro Nacional de Monitoreo Sísmico (CENSIS) del IGP.

Tras el sismo de 7.9 Mw suscitado en agosto del 2007 en la ciudad de Pisco, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) – con el apoyo del gobierno central – inició un paulatino proceso de mejora en infraestructura e instrumentación sísmica, el cual ha permitido el afianzamiento de sus investigaciones y monitoreo sísmológico, soporte con el que se están desarrollando dos objetivos vinculados: generar nuevo conocimiento científico y su aplicación en beneficio de la ciudadanía.

De esta forma, a casi una década del citado último gran sismo ocurrido en el país, se cuenta con un mejor conocimiento de las zonas que presentan las denominadas lagunas sísmicas, así como con mayor rapidez en el registro y difusión de la información tras la ocurrencia de un sismo, entre otros puntos. Los mismos que son detallados a continuación por el Dr. Hernando Tavera, presidente ejecutivo (e) de la institución.

Lagunas sísmicas

Uno de los principales objetivos de las ciencias de la Tierra es llegar a predecir (ubicación, magnitud y fecha) la ocurrencia de los sismos. Sin embargo, en la actualidad solo es posible el pronóstico (ubicación y magnitud) a través de estudios en sismología que sumados a nuevas técnicas de interferometría y monitoreo geodésico espacial permiten conocer las zonas del país donde se está acumulando energía por un periodo largo de tiempo desde su última ruptura, las cuales reciben el calificativo de lagunas sísmicas.

“En la zona central del país hay un área donde, por el tamaño de la posible ruptura, el sismo podría ser mayor a 8.5 Mw, similar al que se produjo en Lima en 1746. En Ica la energía ya fue liberada, por lo que está en proceso de nueva acumulación. Mientras que en Yauca y Bella Union (Arequipa) se ha identificado una aspereza que podría generar un sismo de 7.5 asociado al de 1913. Asimismo, desde Ilo hasta la frontera con Chile hay otra aspereza que al romperse repetiría el gran sismo de 1868”, señala el especialista.

CENSIS

En los últimos años el IGP ha realizado una importante implementación de la “Red Satelital para la Alerta Temprana de Tsunamis” y de la “Red Acelerométrica Nacional”, para las cuales se tiene proyectado alcanzar el presente año las cifras de 50 y 200 estaciones, respectivamente. La información registrada por ambos sistemas es enviada al Centro Nacional de Monitoreo Sísmico (CENSIS), inaugurado en el 2016 y considerado como uno de los más modernos de Sudamérica junto con su similar de Chile.

“La información de monitoreo sísmico sirve para, luego de ocurrido un sismo, dar parte en un periodo de tres minutos al Indeci y DHN en primera instancia y a la ciudadanía para que se tomen las medidas correspondientes. Mientras que el registro acelerométrico es para saber cómo se comportó el suelo durante el sismo. La data tanto sísmica como acelerométrica sirve además para realizar investigaciones y es puesta a disposición de entidades del sector, tales como el CISMID, Cenepred, PCM y universidades, entre otros”, indica el Dr. Tavera.

Programa Presupuestal N° 068

Desde el 2012 la institución forma parte del Programa Presupuestal N° 068 “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, mediante el cual se realizan estudios en ingeniería sísmica y geodinámica superficial. Los mismos, por recomendación del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Cenepred), tienen como localidades priorizadas aquellas cuyas áreas urbanas se encuentran cerca o en el entorno de las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de un gran sismo.

“Se empezó la participación en este programa con un estudio en la cuenca del Rímac, cuyas localidades (Chosica, Chaclacayo, Huaycán y Carapongo) se asentaron sobre deslizamientos que se produjeron en el pasado. Posteriormente, se procedió a cubrir las ciudades costeras, tales como Tacna, Ilo, Arequipa, Pisco, Ventanilla, Huacho, Barranca, Huarmey, Chimbote, Piura y Tumbes, entre otras. Por otro lado, también se están estudiando las principales fallas activas, tales como Moyobamba, Huaytapallana, Colca, Cabanaconde, Tambomachay, entre otros. Siempre considerando los lugares donde hay mayor población e infraestructura”, refiere.

Perfil del entrevistado



Dr. Hernando Tavera

*Presidente ejecutivo (e)
Instituto Geofísico del Perú*

Doctor en Ciencias Físicas - Mención en Sismología de la Universidad Complutense de Madrid (España) y Geofísico de la Universidad San Agustín de Arequipa (UNSA). Actualmente es presidente ejecutivo (e) del Instituto Geofísico del Perú (IGP) y director ejecutivo del Centro Regional de Sismología para América del Sur.

Además, es investigador principal del proyecto “Escenarios de sismos y tsunamis en el borde occidental del Perú”. Recientemente su investigación propone escenarios del comportamiento dinámico de los suelos a la ocurrencia de sismos de gran magnitud e intensidad.

Participa activamente en los comités técnicos de la PCM, Indeci, Cenepred y el ENFEN.

Cultura sísmica

Precisamente, con el citado programa presupuestal el IGP fortaleció su premisa de realizar investigaciones que beneficien directamente a la comunidad, ya que los resultados incluyen informes técnicos, mapas de zonificación sísmica geotécnica, así como talleres de difusión y sensibilización.

“Se ha llegado a conocer la génesis de los grandes sismos, pero aún falta mucho por investigar, pasar de lo macro a lo micro para entender los sismos pequeños a partir de los grandes. También está pendiente la relación entre el movimiento de la placa y la acumulación de esfuerzos, siempre con la respectiva difusión de avances y/o resultados, sobre todo si son en materia de gestión de riesgo de desastres, porque el fin de nuestros estudios es sembrar una cultura sísmica en la sociedad, para estar mejor preparados y garantizar el desarrollo sostenible del país”, finaliza.

Estudios en Ingeniería Sísmica en Arequipa Cercado

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) desarrolló en Arequipa Cercado diversos estudios en ingeniería sísmica, los mismos que comprendieron la técnica de cocientes espectrales, así como los métodos de MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) y de tomografía eléctrica.

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

Para la aplicación de la misma se procedió, sobre el mapa catastral de Arequipa Cercado, 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.
- 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 permitió considerar para su análisis tres rangos de frecuencia:

- Frecuencias predominantes F0; las cuales fluctúan entre 0.8 y 1.8 Hz, y se distribuyen de manera

uniforme hacia los extremos sureste y noreste de la ciudad, así como de manera dispersa en la zona céntrica de la misma.

- Frecuencias predominantes F1; el rango de frecuencias define la presencia de dos áreas con valores similares. La primera considera el área céntrica de la ciudad con el predominio de frecuencias de 4.0 a 10 Hz, y con tendencia a disminuir conforme se avanza hacia el extremo norte, en donde predominan valores de 3.0 Hz.

La segunda área abarca el extremo este con valores entre 1.8 y 3.0 Hz. Asimismo, en el extremo suroeste del área de estudio este rango de frecuencias se distribuye de manera dispersa. En general, estas variaciones en los valores de frecuencias predominantes evidencian cambios próximos en la respuesta dinámica de estos suelos.

- Frecuencias predominantes F2; se presentan principalmente en los puntos ubicados hacia el extremo suroeste de la zona de estudio con valores que fluctúan entre 10 y 20 Hz, y con amplificaciones de hasta cinco veces en algunos puntos. Estos valores evidencian la presencia de suelos poco compactos como rellenos, desmontes y/o áreas de cultivo.

Estudios sísmicos con la técnica de arreglos sísmicos

La técnica MASW 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.

Los perfiles de suelos obtenidos con el método MASW para la ciudad de Arequipa Cercado evidencian la presencia de suelos superficiales conformados por

una capa de poco espesor y baja velocidad, asentada sobre otra con espesores que fluctúan entre 5 a 12 metros y velocidades (V_s) alrededor de los 350 m/s correspondientes a suelos blandos a duros.

El semiespacio hacia el norte del área de estudio alcanza velocidades de hasta 1000 m/s y conforme se tiende hacia el extremo este y sur, las velocidades disminuyen a 500 y 700 m/s respectivamente. Estos resultados evidencian la presencia de una tercera capa antes de llegar a roca.

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 Arequipa Cercado se realizaron siete líneas de tomografía eléctrica con el dispositivo polo – dipolo, la distribución de 23 a 30 electrodos con un espaciamiento de tres a seis metros entre electrodo y sobre un tendido longitudinal de 66 a 144 metros, lo cual permitió tener alcances en profundidad del orden de 23 metros.

Tras las secciones geoelectricas realizadas a fin de conocer el valor real de la resistividad del subsuelo, se determinó que en el extremo este de la ciudad la distribución de los valores de resistividad evidencian la presencia de valores resistivos a medianamente resistivos (secciones realizadas en parques).

Mientras que, en el extremo oeste, predominan valores resistivos y medianamente resistivos y en este caso las secciones se realizaron en parques, a excepción de la sección L06-AQ que se realizó cerca al río Chili y sus valores de resistividad son asociados a la presencia de gravas e infiltraciones del río y terrenos de cultivo. La sección L07-AQ se realizó en la proximidad de terrenos de cultivo con la presencia de gravas y desmontes.

Periodos Dominantes

Cabe indicar que para presentar los resultados finales obtenidos con la técnica H/V, los valores de frecuencias fueron transformados a periodos dominantes y para construir el mapa de periodos se asignó a cada punto de medición un radio de confiabilidad de 10 metros, lo cual facilita los procedimientos seguidos para la zonificación de los suelos.

El mapa de periodos dominantes muestra la presencia de tres áreas con suelos dinámicamente similares. En el extremo este, entre las torrenteras de Mariano Melgar y Miraflores, sobre un área de menor dimensión se distribuyen periodos entre 0.4 a 0.5 segundos y de entre 0,3 a 0,4 segundos de manera sectorizada. En el resto del área de la ciudad, se tiene periodos dominantes de 0,1 y 0,2 segundos.



Las tres técnicas fueron aplicadas en el área urbana de Arequipa Cercado.

Estudios en Geodinámica Superficial en Arequipa Cercado

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) desarrolló en Arequipa Cercado diversos estudios en geodinámica superficial, los mismos que comprendieron campos como la geomorfología, geología, geodinámica y geotecnia.



Labor de campo de personal de la unidad de Geodinámica Superficial del IGP.

Geomorfología

Los rasgos geomorfológicos presentes en Arequipa Cercado y sus alrededores son el resultado de la interacción de fuerzas endógenas (actividad tectónica) y exógenas (medio ambiente atmosférico). La ciudad se asienta sobre un abanico aluvial con alturas entre 2200 a 2400 m.s.n.m. Asimismo, se encuentra sobre terrenos cuyas pendientes son menores a 5°; por lo tanto, presenta un terreno casi plano, con excepción del distrito de Selva Alegre, el cual presenta pendientes entre 60° y 80° correspondientes a cortes de taludes generados por la actividad antrópica.

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 deposicional; Arequipa Cercado se asienta sobre el valle del río Chili, conformado por una penillanura ligeramente plana e inclinada hacia el suroeste (4%). Esta geoforma es producto del levantamiento de la cordillera del Barroso y con las rocas ígneas de la caldera fueron la base de deposición de materiales de distinta naturaleza que dieron lugar a la nivelación de la superficie donde se ha desarrollado el casco urbano.
- Origen Aluvial; en las inmediaciones de la ciudad se han identificado una serie de sistemas hidrológicos que se activan en épocas de precipitaciones pluviales extremas (enero – marzo) y están inactivas el resto del año, conocidos comúnmente como torrenceras. El agua que

discurre por estas desde las partes altas muchas veces superan la capacidad de embalse, haciendo que se desborde provocando inundaciones y la generación de flujos de detritos que causan daños a la infraestructura.

- Origen Fluvial; en la ciudad el río Chili es de curso permanente con una dirección noreste –

sureste. Mientras que en el área de estudio recorre 6.5 km, transportando gravas, arenas y limos por arrastre, saltación y rodamiento en el fondo. Cuando las precipitaciones pluviales llegan a más de 150 mm mensuales, el caudal se incrementa e invade las partes bajas inundando terrenos de cultivo y la infraestructura física de la ciudad.

Geología

Para el estudio geológico de Arequipa Cercado 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, se tiene que – en el contexto regional – se observa en la ciudad y sus alrededores la

presencia de depósitos aluviales limitados por tufos volcánicos (oeste) y flujos de lodo (este), y que corresponden a sedimentos detríticos como arenas, arcillas y limos que engloban a guijarros, cantos rodados y bloques con algunos restos de piedra pómez.

Mientras que a nivel local se ha reconocido la existencia de tres unidades geológicas del período Cuaternario, Holoceno y Pleistoceno (12 000 años). Estas unidades son los depósitos de flujo de barro, depósitos aluvio fluviales y depósitos aluviales.

Geodinámica

Esta rama de la geología se subdivide en interna y externa, ambas son responsables de modelar la superficie de la zona de estudio creando geoformas que fueron analizados. Tras lo cual se obtuvo la siguiente información:

Movimientos en Masa (MM); el trabajo de campo realizado en la ciudad de Arequipa Cercado y alrededores ha permitido identificar dos tipos de eventos: los derrumbes (tipo de movimiento), que

tienen como agentes detonantes las precipitaciones entre los meses de enero a marzo, el riego de terrenos y cortes de talud para ampliar caminos (actividad antrópica) y las inundaciones por torrenteras, las cuales transportan agua en periodos de lluvias (diciembre – abril) para luego desembocar en el río Chili pero al ser encausadas por la actividad antrópica con fines urbanísticos sufren una variación en su cauce natural, lo que puede conllevar a desbordes, tal como sucedió en el 2013.

Geotecnia

Para el estudio de los suelos en Arequipa Cercado 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).

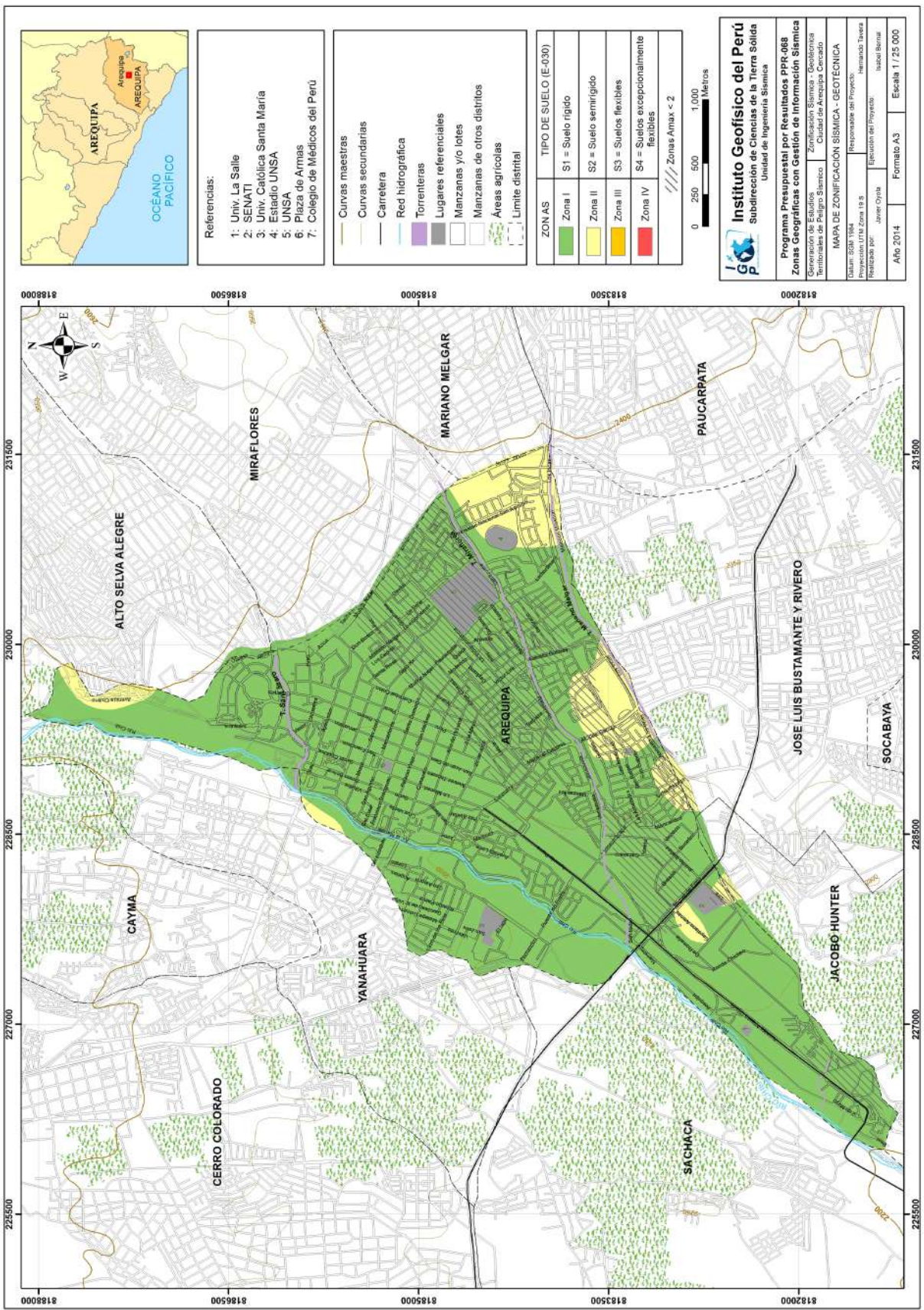
De los ensayos de corte directo se hizo uso de los datos del ángulo de fricción y cohesión a fin de calcular la capacidad de carga última de los suelos, considerando el factor de seguridad de 1/3 definida en la norma técnica peruana para el diseño de cimentaciones. En el caso de la citada ciudad, se

obtuvo que se asienta sobre suelos con capacidad portante alta (>3 km/cm²), registrándose el máximo en la calle San Javier (extremo noreste de la plaza de Armas, calicata 8) con valores de 5.02 km/cm (ver mapa 2).

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 tres tipos de suelos: tipo GW (gravas bien graduadas con presencia de arenas y limos), GP (conformados por gravas arenosas mal gradadas) y SW (arenas bien graduadas con presencia de limos y gravas).

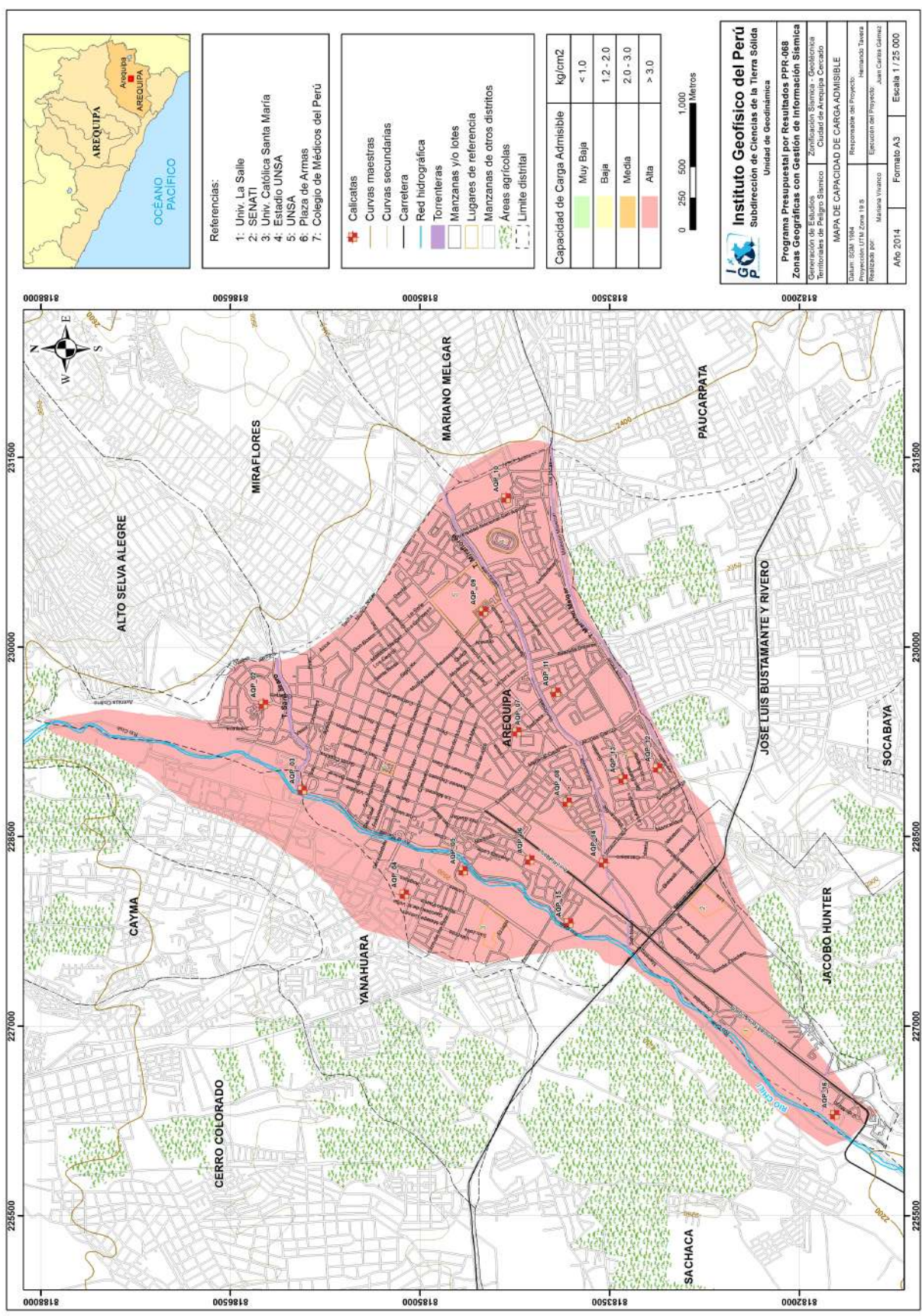
Ingeniería Sísmica

Mapa 1: Zonificación sísmica-geotécnica

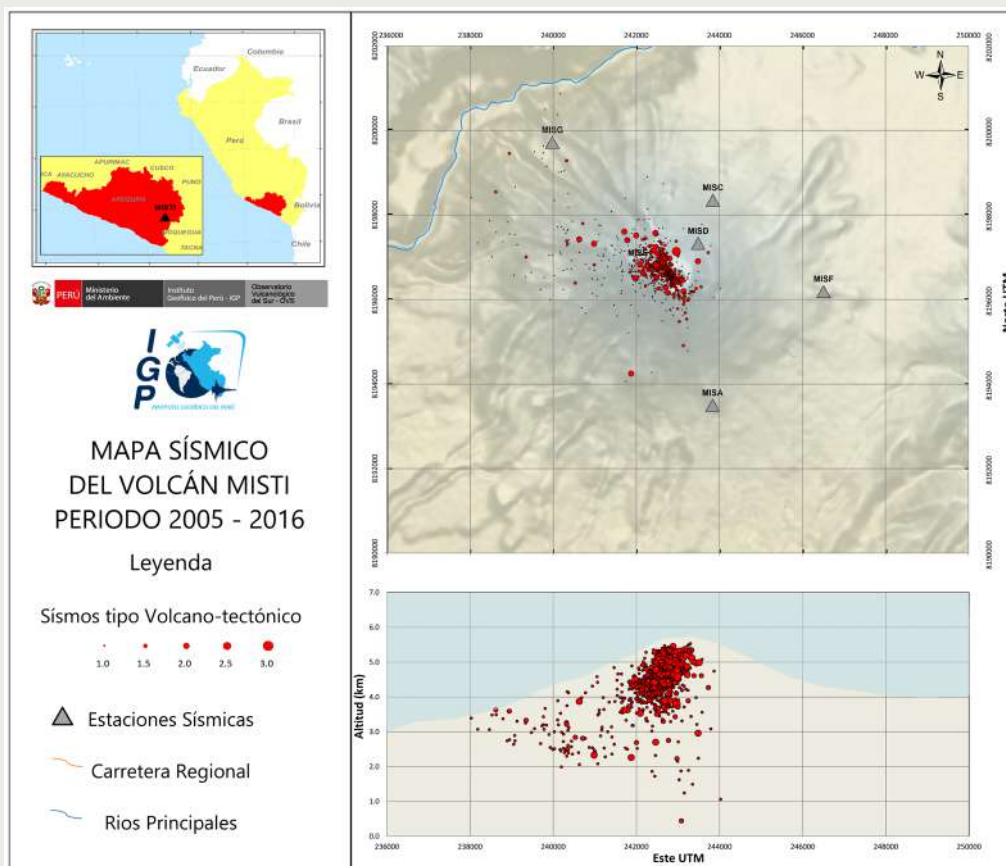


Geodinámica Superficial

Mapa 2: Capacidad de carga admisible



Volcán Misti: once años de monitoreo ininterrumpido



El Misti es un volcán activo y es considerado el más célebre de los volcanes del Perú, no solo por su simetría y belleza sino por su peligrosa proximidad a la segunda ciudad más importante del país, Arequipa, cuyo centro está a solo 17 km del cráter.

Pese a que numerosos estudios geológicos lo señalaban en los últimos dos mil años como protagonista de erupciones plinianas y vulcanianas, ningún sistema de observación y vigilancia había sido establecido hasta el año 2005 sobre este volcán. Es entonces que, gracias a un convenio de cooperación, el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD-Francia) y el Observatorio Vulcanológico del Sur (OVS-IGP, antes denominado IGP-Arequipa) trabajaron arduamente y lograron instalar una red de cinco estaciones sísmicas telemétricas permanentes sobre el edificio volcánico, la misma que entró en operación en octubre de 2005.

Desde entonces, la red Misti ha proporcionado importantes datos que corroboran su permanente actividad sísmica y ha permitido disponer y mantener actualizados: (a) una "línea-base" correspondiente a su estado de reposo, (b) un catálogo sísmico que compila las características de su actividad, (c) un mapa de la actividad sísmica (ver mapa).

Gracias a este monitoreo permanente, el OVS-IGP emite reportes mensuales e informa con detalle la evolución de la actividad a las autoridades locales, regionales y nacionales del SINAGERD.

Descripción del volcán

El Misti es uno de los volcanes de más alto riesgo en el Perú (Macedo et al, 2016). Por el sector suroeste tiene a sus pies a la ciudad de Arequipa, que aparece con un impresionante desnivel de 3500 metros con relación a la cima del volcán.

Al pie del flanco norte y noroeste discurre el río Chili, seccionando un profundo cañón en donde se han construido las centrales hidroeléctricas de Charcani; asimismo, algunos kilómetros aguas arriba se encuentran los reservorios de Aguada Blanca y El Frayle, los cuales constituyen la principal fuente de agua para la ciudad y el valle de Arequipa.

Igualmente, a una veintena de kilómetros hacia el sureste del volcán, se encuentra la laguna de Salinas que forma parte de la Reserva Nacional Aguada Blanca-Salinas. En resumen, el peligroso volcán Misti debe ser vigilado minuciosa y permanentemente y ese trabajo lo hace con eficiencia el OVS-IGP.

Escrito por: Dr. Orlando Macedo

APP “Sismos Perú” brinda información sísmica en dispositivos móviles

Desde febrero los peruanos cuentan con el nuevo aplicativo móvil “Sismos Perú” (para dispositivos con sistema operativo Android e iOS), el cual fue presentado por el Dr. Hernando Tavera, presidente ejecutivo (e) del Instituto Geofísico del Perú (IGP), quien detalló que el aplicativo nació debido al compromiso de difusión sísmica que tiene la institución con los peruanos.

Dentro de esta aplicación, los sismos ocurridos en el territorio nacional y reportados por el IGP estarán clasificados según su magnitud por colores.

El verde indicará un sismo menor a 4.5 grados, el naranja un evento con magnitud entre 4.5 a 6.0 grados y finalmente, el color rojo a los sismos de magnitud mayor a 6.0 grados. Además, el APP contará con un glosario del reporte para una mejor comprensión.



La APP Sismos Perú está disponible para dispositivos con sistema operativo Android e iOS.

IGP y Sencico firmaron convenio para realizar estudios sismológicos y de ingeniería

Los doctores Hernando Tavera y Daniel Ortega, presidentes ejecutivos del Instituto Geofísico del Perú (IGP) y del Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (Sencico), respectivamente, firmaron en enero un convenio marco para realizar estudios en sismología e ingeniería.

“Este primer convenio general dará paso a otros específicos que fortalecerán la labor conjunta de ambas instituciones. El primero de ellos servirá para que la información de los acelerómetros de Sencico se integre a la Red Acelerométrica Nacional del IGP”, señaló el Dr. Tavera. Por su parte, el Dr. Ortega destacó que la unión de los esfuerzos de ambas instituciones servirá para velar por la seguridad y la precaución ante los fenómenos geofísicos que pueden suscitarse en el país.



La firma del convenio se realizó en la sede central del IGP.

Estudio busca identificar suelos de Pampamarca con mayor dinámica

Tras los deslizamientos de tierra que ocurrieron en el distrito de Pampamarca, la municipalidad de Huánuco solicitó en enero a la subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida del Instituto Geofísico del Perú (IGP) realizar estudios geofísicos en dicha localidad con el fin de identificar las áreas de mayor dinámica, así como las de mayor peligro para la población.

El Ing. Wilfredo Sulla, encargado de la misión de campo, indicó que se realizó la recolección de datos aplicando métodos de refracción sísmica; sondaje eléctrico vertical (SEV), análisis multicanal de onda superficie (MASW), análisis multicanal de microtemores (MAN) y tomografía eléctrica (ERT). Precisó que, entre otros puntos, el análisis de esta información permitirá estimar el espesor y la geometría de los suelos inestables existentes en la ladera del cerro San Cristóbal.



Los datos se recolectaron mediante métodos de refracción sísmica, sondaje eléctrico, entre otros.

Presidente ejecutivo (e) informó sobre la labor del CENSIS

En conferencia de prensa realizada en enero en el Ministerio del Ambiente, el Dr. Hernando Tavera, presidente ejecutivo (e) del Instituto Geofísico del Perú (IGP) informó sobre las principales actividades que desarrolla la institución, entre ellas la labor del Centro de Monitoreo Sísmico (CENSIS).

De esta forma, el Dr. Tavera informó que se realiza el envío de reportes sísmicos a la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) de la Marina de Guerra del Perú y al Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci) para la alerta temprana de tsunamis; información que es replicada a las entidades involucradas en la gestión de riesgo de desastres (tales como ministerios, municipalidades, gobiernos regionales, Policía Nacional, Fuerzas Armadas) y a la ciudadanía en general.



La conferencia fue presidida por la ministra del Ambiente, Elsa Galarza.

Estudio sísmico en el norte de Perú fue presentado en el ECI2017v

Dentro de las presentaciones orales del Encuentro Científico Internacional – ECI2017v, desarrollado en enero en Lima, el M.Sc. Cristóbal Condori, de la subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida del Instituto Geofísico del Perú (IGP), presentó en el auditorio de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) el tema “Anisotropía sísmica del manto superior en el norte del Perú a partir de la división de ondas de corte SKS”.

Cabe indicar que la participación de la institución en este evento también se dio en la sede de la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (Conida), con presentaciones de representantes del Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ) y de la subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera (CAH).



El M.Sc. Condori realizó su presentación en el auditorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Dos tesis fueron sustentadas en la UNSA para optar título en ingeniería geofísica

La subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida del Instituto Geofísico del Perú (IGP) inició el año con la sustentación de dos tesis en la Universidad Nacional San Agustín (UNSA), en la región Arequipa, por parte de Vilma Figueroa y Luz Arredondo, asistentes de investigación que se titularon como ingenieras geofísicas.

Vilma Figueroa sustentó la tesis “Clasificación geofísica y geotécnica de suelos en la ciudad de Huacho (Lima) aplicando la Norma de Construcción Sismorresistente E-030”, mientras que Luz Arredondo hizo lo propio con el tema “Aplicación de la norma técnica E-030 (Diseño sismorresistente) en la clasificación de los suelos en el área urbana del distrito de Santa Rosa – Lima”. Ambos estudios contaron con la asesoría del Dr. Hernando Tavera, presidente ejecutivo (e) de la institución.



Sustentación de Vilma Figueroa en la UNSA.

Arequipa fue sede de primer taller del año sobre la ocurrencia de sismos



La capacitación se realizó en el auditorio de la Municipalidad Provincial de Arequipa.

Con la participación de funcionarios, profesionales y público en general, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) realizó en enero - en el auditorio de la Municipalidad Provincial de Arequipa - el primer taller del año sobre la ocurrencia de sismos. El cual tuvo como objetivo capacitar y sensibilizar a los asistentes en materia de gestión de riesgo de desastres (GRD).

La capacitación fue inaugurada por el Ing. José Vásquez, subgerente de Defensa Civil de la citada comuna, quien agradeció al IGP por incluir a Arequipa Cercado entre las localidades beneficiadas 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 "Generación de información y monitoreo de peligro por sismos, fallas activas y tsunamis".

El funcionario recibió por parte de representantes del IGP un ejemplar actualizado del Mapa Sísmico del Perú, el cual comprende todos los sismos percibidos en el país (profundos, intermedios y superficiales) desde 1960 hasta la fecha.

Las presentaciones estuvieron a cargo de especialistas del IGP y de representantes invitados del Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci) y del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Cenepred).

De esta forma, por parte del IGP se tuvieron los temas "Antecedentes del Programa Presupuestal N° 068, "Sismicidad en la costa peruana", "Los *mass media* y redes sociales en la gestión de riesgo de desastres", "Volcanes activos del sur del país".

Mientras que los expositores invitados presentaron "Gestión prospectiva y reactiva en la gestión de riesgo de desastres" (Cenepred) y "Acciones a tomar antes, durante y después de un evento sísmico" (Indeci).

En los próximos meses este taller será replicado en los distritos de Bella Unión, Acarí, Yauca (región Arequipa), Casma (región Ancash) y Cañete (región Lima).

Diagnóstico socioeconómico

Introducción

La provincia de Arequipa se divide en veintinueve distritos: Arequipa, Alto Selva Alegre, Cayma, Cerro Colorado, Characato, Chiguata, Jacobo Hunter, La Joya, Mariano Melgar, Miraflores, Mollebaya, Paucarpata, Pocsi, Polobaya, Quequeña, Sabandia, Sachaca, San Juan de Sigüas, San Juan de Tarucani, Santa Isabel de Sigüas, Santa Rita de Sigüas, Socabaya, Tiabaya, Uchumayo, Vitor, Yanahuara, Yarabamba, Yura y José Luis Bustamante y Rivero.

El distrito de Arequipa se encuentra ubicado a una altitud de 2 335 m s. n. m. en la sierra de la provincia de Arequipa, tiene una extensión de 650 km² (INEI, 2017), siendo sus coordenadas geográficas 16°23'56"S 71°32'13"O. Arequipa es una zona vulnerable ante sismos, generando una mayor exposición y riesgo de desastre de las zonas con un alto nivel de desigualdad social (UNESCO, 2011).

El análisis socioeconómico realizado busca conocer el grado de desigualdad social de la población y las secciones a trabajar serán: vivienda, educación y salud.

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 1 indica el porcentaje de viviendas según su forma de acceso al agua en el distrito de Arequipa y para la provincia de Arequipa.

En el distrito de Arequipa, cerca del 99% de viviendas tienen acceso a la red pública de agua, dentro y fuera de la vivienda. La población restante (1%), accede al agua de otra forma (pozo, camión cisterna, río o acequia, vecino, etc.). Por otra parte, la proporción de viviendas que tienen acceso al agua por pozos, ríos o acequias en la provincia de Arequipa es de aproximadamente el 6%, cantidad superior a lo correspondiente al distrito de Arequipa (1%).

Tabla 1: 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
Distrito de Arequipa	91,6	6,5	0,7	0,1	0,1	0,4	0,4	0,3
Provincia de Arequipa	75,2	5,3	6,3	5,6	2,8	2,9	1,3	0,6

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

Tabla 2: 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
Distrito de Arequipa	91,3	7,4	0,2	0,2	0,2	0,6
Provincia de Arequipa	70,9	4,5	3,0	14,3	0,5	6,9

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

La Tabla 2 muestra el porcentaje de viviendas según su forma de acceso a algún servicio de desagüe. En la provincia de Arequipa cerca del 75% de las viviendas tienen acceso a la red pública de desagüe, proporción menor a comparación del distrito de Arequipa (con cerca del 99%).

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. La población de la provincia de Arequipa presenta estos sistemas de desagüe (18%) en mayor cantidad a comparación de Arequipa (0.6%).

El material de construcción de las viviendas es uno de los elementos más importantes que se utiliza para evaluar los escenarios de riesgos ante la ocurrencia de sismos. Las Tablas 4 y 5 presentan los principales materiales de construcción utilizados en las paredes y pisos de las viviendas del distrito y la provincia de Arequipa.

En la Tabla 3, se observa que cerca del 45% de las viviendas de la provincia de Arequipa presentan las

paredes construidas de ladrillo o bloque de cemento, mientras que cerca del 26% de las viviendas están construidas con adobe o tapia.

En comparación, las viviendas en el distrito de Arequipa tienen como principal material de construcción en las paredes al ladrillo o bloque de cemento (con más del 51% del total de las viviendas), y el 33% de las paredes de las viviendas del distrito están construidas con adobe o tapia. Además la provincia de Arequipa presenta un porcentaje superior de viviendas construidas con esteras (18%) a comparación del distrito (9%).

Según la información mostrada en la Tabla 4, cerca del 26% de las viviendas en Arequipa emplean en los pisos la tierra, porcentaje inferior al de la provincia, con cerca del 43%. El cemento en los pisos de la localidad es el material más utilizado, con cerca del 71% para el distrito y 54% para la provincia de Arequipa. Tanto en el distrito como en la provincia de Arequipa se observa el casi nulo uso de parquet, madera o láminas asfálticas.

Tabla 3: 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
Distrito de Arequipa	51,4	32,8	1,3	5,1	9,1	0,0	0,0	0,3
Provincia de Arequipa	44,9	26,4	4,0	3,8	18,0	0,7	0,4	1,9

Fuente: Censo Nacional (INEI, 2007).

Tabla 4: 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
Distrito de Arequipa	25,7	70,9	2,7	0,3	0,3	0,2	0,1
Provincia de Arequipa	42,7	53,7	2,3	0,2	0,7	0,2	0,2

Fuente: Censo Nacional (INEI, 2007).

Diagnóstico socioeconómico

Educación

El distrito de Arequipa tiene 320 instituciones educativas, las cuales comprenden a las instituciones de educación inicial, primaria, secundaria y centros de educación técnica productiva (CETPRO). De las instituciones educativas, 280 son de gestión privada y 40 escuelas son de gestión pública. (Tabla 5)

El número de estudiantes del distrito se encuentra concentrado en el sector privado que recoge un 81% del alumnado, mientras que el sector público solo maneja el 19%.

A nivel distrital, Arequipa tiene la más alta concentración escolar, a comparación de los otros distritos de la provincia (25% de alumnos de la provincia de Arequipa).

El analfabetismo consiste en la falta o insuficiencia de la habilidad para leer y escribir y además de limitar el pleno desarrollo de las personas, afecta el entorno familiar, con repercusiones durante todo el ciclo vital de la persona. A continuación, en la Tabla 6 se muestran las estadísticas para el distrito y la provincia de Arequipa.

Tabla 5: Centros educativos y alumnos en la provincia y el distrito de Arequipa

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 Arequipa	1 108	663	1 771	143 712	132 946	276 658	969 284
Distrito de Arequipa	280	40	320	56 253	12 855	69 108	54 095

Fuente: Estadística de la Calidad Educativa (MINEDU, 2004).

Tabla 6: Tasa de alfabetización de la población de 15 años a más (en porcentajes).

Ámbito geográfico	1993	2007
Distrito de Arequipa	98	99
Provincia de Arequipa	94	97
Perú	87	93

Fuente: Censo Nacional (INEI, 1993 y 2007).

Las tasas de alfabetización del distrito y la provincia de Arequipa son superiores a la nacional. El distrito de Arequipa (99%) y la provincia de Arequipa (97%)

tuvieron un incremento en la tasa de alfabetización para el periodo de años 1993 y 2007.

Salud

La salud tiene un rol muy importante en el capital humano, debido a que es necesario para el desarrollo de las capacidades productivas de la población. La infraestructura del sector salud peruano está compuesto por hospitales, centros y puestos de salud.

La Tabla 7 muestra la infraestructura en salud para el distrito y la provincia de Arequipa, y para el país en el año 2014.

El distrito de Arequipa tiene 62 puestos de salud, 35 centros de salud y 10 hospitales. Existen cinco mil quinientos veintiséis habitantes por hospitales, mil quinientos setenta y nueve por centros de salud y ochocientos noventa y un habitantes por puestos de salud.

Tabla 7: Infraestructura en salud del distrito, la provincia de Arequipa y para el país en el año 2014.

Ámbito geográfico	Número de:			Habitantes por cada:		
	Hospitales	Centros de salud	Puestos de salud	Hospital	Centro de salud	Puesto de salud
Distrito de Arequipa	10	35	62	5 526	1 579	891
Provincia de Arequipa	16	129	196	59 897	7 429	4 890
Perú	526	2 096	7 124	57 938	14 540	4 278

Fuente: Registro Nacional de Establecimientos de Salud (MINSa, 2014).

Referencias bibliográficas

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

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/>

INEI, 2017. *Perú en cifras* [En línea] Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/>

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

MINSa, 2014. *Registro Nacional de Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo*. [En línea] Disponible en: <http://app12.susalud.gob.pe:8080/views/ConsultaPorCodigoUnico.aspx>

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.

Macedo O., (et al), "Evaluación del Riesgo Volcánico en el sur del Perú, situación actual de la vigilancia y requerimientos de monitoreo futuro", Informe Técnico OVS, OVI e IG-UNSA, Mayo-2016.

Créditos

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



- <http://www.facebook.com/igp.peru>
- http://twitter.com/igp_peru
- https://www.youtube.com/c/igp_videos