



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú - IGP

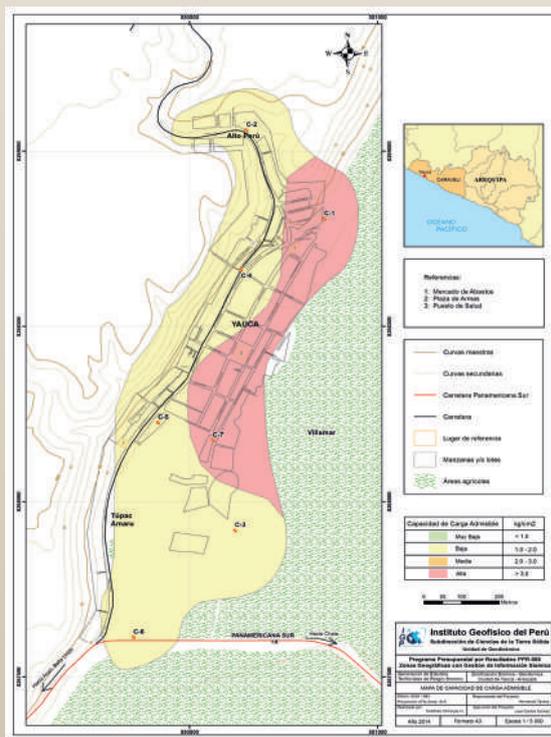


Programa Presupuestal 068: "Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres"  
Producto: "Estudios para la estimación de riesgos de desastres"

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

## Boletín técnico

### Peligro por sismos en la localidad de Yauca



# Contenido

**2 - 3** Introducción

**4 - 19** Boletín Especial

Programa Presupuestal 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

**Daniel Flores**

Responsable de la subdirección de Geofísica y Sociedad

Edición: Luis Santos Ch.

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, agosto 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 Yauca, 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.

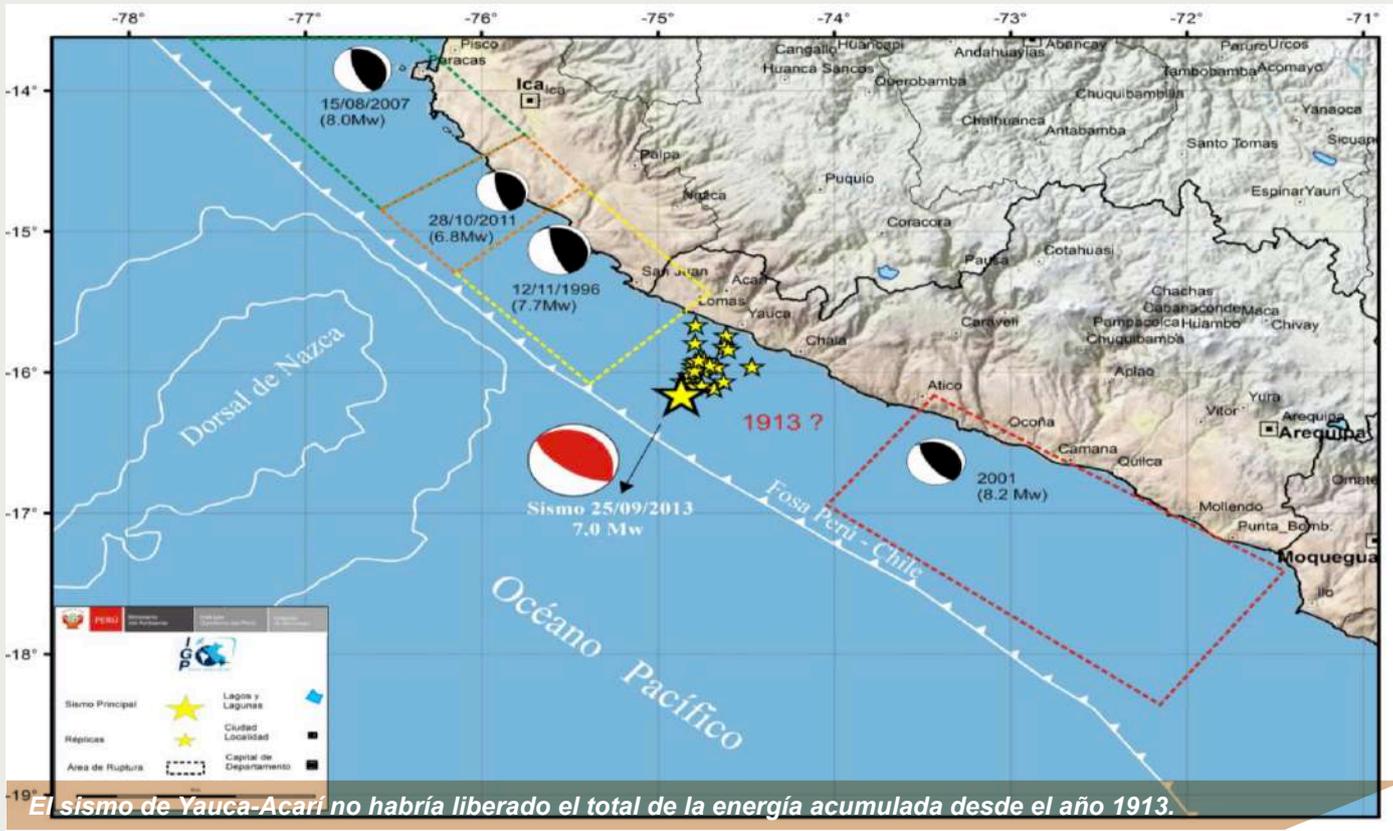
## LEY N° 29664

### 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.

## Sismo de Yauca del 2013 dejó pendiente una laguna sísmica en la región sur



El 25 de setiembre del 2013 se produjo al norte de la región Arequipa un sismo de moderada magnitud que provocó la rajadura e incluso caída de paredes en algunas edificaciones, así como importantes deslizamientos en las carreteras.

Tras el evento, un equipo de profesionales del Instituto Geofísico del Perú (IGP) liderado por el Dr. Hernando Tavera, investigador científico de la institución, elaboró el informe técnico N° 03-2013, en el cual se dio a conocer los parámetros hipocentrales del sismo, intensidades evaluadas, réplicas, orientación de la fuente y su respectiva interpretación sismotectónica.

De esta forma, se informó - entre otros puntos - que el sismo tuvo una magnitud de 7.0 Mw, una profundidad de 31 km (foco superficial) y su epicentro fue localizado a 66 km al suroeste de la localidad de Yauca (provincia de Caraveli), con una radio de percepción ( $I_{max}=II$  MM) de aproximadamente 350 km y una intensidad máxima de VI (MM) evaluada en las localidades de Yauca, Acarí, Atiquipa y Chala.

El equipo informó también que el evento provocó un tsunami con una amplitud máxima de ola del orden de 10 a 30 cm entre las localidades de San Juan y Chala. Mientras que en el registro teórico de la estación de Chala se observó una variación negativa en su señal del orden de 10 cm de amplitud, la cual estaría asociada a un posible retroceso del mar en dicha zona.

Adicionalmente, en el informe se realizó un análisis de la sismotectónica en torno al sismo de Yauca, dentro del cual se presenta la distribución espacial de las áreas de ruptura de los sismos de Nazca-1996 (7.7Mw), Arequipa-2001 (8.2Mw), Pisco-2007 (8.0Mw) e Ica-2011 (6.8Mw); además del epicentro y réplicas del sismo de Yauca-Acarí.

En el mapa se observa que las áreas de ruptura de los terremotos antes indicados prácticamente se encuentran distribuidas sobre toda el área comprendida entre la fosa y la línea de costa de toda la región Ica y parte de la de Arequipa.

Además, es notoria la presencia de un área con longitud de su eje mayor del orden de 150 km ubicada entre las áreas de ruptura de los sismos de Nazca y Arequipa. Esta área se encuentra libre de eventos sísmicos importantes y por lo tanto está acumulando energía probablemente desde el año 1913, fecha en que se produjo uno de los sismos más importantes en esta región (Silgado, 1978).

En el informe se precisa que el epicentro y serie de réplicas del sismo del 25 de setiembre se encuentran en el extremo norte de esta área y por su magnitud, área de réplicas y posible radio de ruptura, no habría liberado el total de la energía acumulada desde el año 1913.

Es decir, en la citada zona hay una laguna sísmica que puede liberar energía en cualquier momento provocando un sismo importante frente a la costa de Yauca y Chala, por lo que tanto autoridades como la población deben tomar las medidas de gestión de riesgo correspondientes.

***“Los sismos son cíclicos, por lo tanto, aquellos eventos que se produjeron en el pasado volverán a ocurrir en el presente o futuro con igual o mayor magnitud según el periodo de acumulación de energía, tal como se está produciendo en la zona de estudio en cuestión”***, señala sobre el citado informe el Dr. Hernando Tavera.

Un escenario similar de laguna sísmica se presenta frente a la costa de Lima, para la cual se espera la ocurrencia de un sismo de 8.5 Mw, tal como se detalla en el informe “Escenario de sismo y tsunami en el borde occidental de la región central del Perú”, elaborado en el 2014 por el Dr. Tavera.

El citado investigador, en el 2005 junto con la Ing. Isabel Bernal también investigadora del IGP, había informado que entre la localidad de Chilca y la ciudad de Pisco podría producirse un terremoto de una magnitud probable de 7.0 Mw por la presencia de un área de 150 Km. de longitud sin ruptura, evento que se produjo el 15 de agosto del 2007.

De esta forma, lo ocurrido en Pisco es el más reciente ejemplo en el país que las lagunas sísmicas terminan inevitablemente en liberación de energía que dan origen a grandes sismos, por lo que los estudios que estiman terremotos tanto frente a Lima como a Yauca y Chala tienen una validez científica comprobada.

***“La ciencia en la actualidad no puede predecir (magnitud, lugar y fecha) terremotos y lograrlo es algo aún muy lejano. Por ello, los científicos apuntamos a fortalecer y consolidar los estudios que nos permitan pronosticar (magnitud y lugar) con mayor precisión la ocurrencia de grandes eventos sísmicos. Por ahora, tanto en el centro como en el sur del país la naturaleza nos está dando el tiempo pertinente para estar preparados, por lo que la labor de las autoridades y ciudadanía es tomar las medidas del caso para cuando llegue el momento”***, agrega el Dr. Tavera.

Para estar preparados el mejor instrumento es la información y el IGP genera conocimiento desde diversos canales, por ejemplo a través del Programa Presupuestal 068, “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, en el marco del cual se realizaron estudios en ingeniería sísmica y geodinámica superficial en Yauca, entre otras localidades de Arequipa, cuyos resultados son presentados en parte en el presente boletín.



### Sismo de Yauca-Acarí del 25 de Septiembre del 2013 (7.0 Mw) - Arequipa

*Autores: Hernando Tavera, Efraín Fernández, Patricia Guardia, Juan Carlos Villegas, Mohamed Chlieh, Sheila Yauri, Luz Arredondo, Cristhian Flores y Julio Martínez.*

# Estudios en ingeniería sísmica en Yauca

Dentro del Programa Presupuestal 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) realizó estudios en Arequipa Cercado, Bella Unión, Acarí, Yauca, Casma y Cañete, con el fin de obtener como resultado final la zonificación sísmica - geotécnica de las citadas localidades.

En la presente sección se muestra el trabajo desarrollado en Yauca por personal de la institución, actividad que comprendió la técnica de cocientes espectrales, así como los métodos de MASW 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 Yauca, 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 frecuencias fluctúan entre 0.5 a 1.8 Hz y se encuentran presentes hacia el extremo oeste de la ciudad de Yauca, concentrándose los valores más altos en los extremos noroeste y suroeste, sobre las áreas de mayor pendiente.
- **Frecuencias predominantes F1;** las frecuencias se encuentran concentradas en dos áreas con valores similares, la primera ubicada en el sector central de la ciudad de Yauca y hacia el extremo sureste de la zona de estudio (campos de cultivo) con valores de 2.0 a 2.5 Hz y la segunda ubicada en los extremos norte y suroeste del área urbana de la ciudad de Yauca con valores mayores a 4.0 Hz.
- **Frecuencias predominantes F2;** Este rango de frecuencias se presenta principalmente en puntos ubicados hacia el extremo sureste del área de estudio con valores que fluctúan entre 10 y 15 Hz, y amplificaciones de hasta 5 veces. Estos valores evidencian la presencia de suelos poco compactos.

## **Estudios sísmicos 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.

Los seis perfiles de suelos obtenidos con el método MASW para la ciudad de Yauca dan a conocer a presencia de dos capas, la primera se caracteriza por mostrar incrementos de  $V_s$  de 130 m/s a 260 m/s y 490 m/s en dirección de sureste a noroeste, lo cual indica que los suelos en dicha dirección son más compactos. Situación similar se observa para la segunda capa, con valores de  $V_s$  que se incrementan de 200 m/s (espesor de cuatro metros) a 380 m/s (espesor de 18 metros) y 520 m/s (espesor de 43 metros) en dirección noroeste del área de estudio. De manera similar indican la mayor consistencia de los suelos en dicha dirección.

## **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 Yauca se han realizado 4 líneas de tomografía eléctrica con el dispositivo polo-dipolo y la distribución de 28-30 electrodos con un espaciamiento de 3 metros entre electrodo y sobre un tendido longitudinal de 87 metros, lo cual permitió tener alcances en profundidad del orden de 20 metros.

En la citada la distribución de los valores de resistividad, evidencian la presencia de valores bajos resistivos a muy bajos resistivos en el extremo este del área urbana de Yauca, asociados a la presencia de zonas de cultivo con alto nivel freático. Mientras que hacia su extremo oeste, predominan valores resistivos y bajos resistivos, a pesar de encontrarse ubicados en una zona de mayor pendiente, lo cual se debería a la presencia de halita (mineral sedimentario que se forma por la evaporación de agua salada, en depósitos sedimentarios y domos salinos) que al estar expuesta al Sol forma costras duras de sales en el suelo.

## **Periodos dominantes**

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.

Tras los estudios realizados se determinó que los periodos dominantes que caracterizan a los suelos de la ciudad de Yauca 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). De esta forma, conocidos los periodos y la velocidad de las ondas de corte ( $V_s$ ), se pudo proceder a calcular los espesores de las capas del suelo. Por lo que, asumiendo velocidades de 200 m/s para las ondas de corte ( $V_s$ ) y periodos de 0.2 y 0.5 segundos, se estimó para la capa superficial espesores de 10 a 25 metros.

Asimismo, al considerar velocidades  $V_s$  de 380 m/s y periodos de 0.2 segundos, se tuvo como resultado espesores de 19 metros. Estos valores fueron confirmados con los modelos de velocidad y espesores de capas obtenidos con los métodos geofísicos.



**Labor de recolección de data sísmica en el área urbana de Yauca.**

# Estudios en geodinámica superficial en Yauca

Dentro del Programa Presupuestal 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) realizó estudios en Arequipa Cercado, Bella Unión, Acarí, Yauca, Casma y Cañete, con el fin de obtener como resultado final la zonificación sísmica - geotécnica de las citadas localidades.

En la presente sección se muestra los trabajos desarrollados en Yauca por personal de la institución, actividad que comprendió estudios en geomorfología, geología, geodinámica y geotecnia.

## **Geomorfología**

Los rasgos geomorfológicos presentes en la ciudad de Yauca y alrededores son el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. Las primeras actúan como fuerzas creadoras de las grandes elevaciones y depresiones formadas principalmente por movimientos de componente vertical y las segundas, como desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado, estos últimos llamados procesos de geodinámica externa que se agrupan en la cadena de meteorización-erosión, transporte y sedimentación (Gutiérrez, 2008). En el área sobre la cual se emplaza la citada ciudad se ha identificado, por su origen, la existencia de las siguientes unidades geomorfológicas:

- **Modelado marino;** el cual da origen a las terrazas marinas, las cuales son geoformas que han sido identificadas hasta en tres niveles y delimitadas en base a sus características topográficas y cambios de pendiente. Las mismas son de gran extensión y se encuentran a ambos lados de la zona urbana de la ciudad de Yauca.
- **Origen fluvial;** en la zona de estudio el modelado de origen fluvial 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 del modelado fluvial son la llanura de inundación (ubicada en la parte central del área estudiada) y las terrazas fluviales (sobre la cual se asienta el mayor porcentaje del área urbana).
- **Origen eólico;** este tipo de modelado y sus principales geoformas son originados por la acción del viento y está representado por pavimentos desérticos y por acumulaciones eólicas.
- En el área de estudio existen pavimentos desérticos presentes en zonas elevadas que se encuentran a ambos lados del valle fluvial. Mientras que las dunas (depósitos de arena que resultan de la sedimentación de partículas transportadas por el viento) están presentes en el margen este del valle.
- **Origen tectónico;** los principales agentes que intervienen en este tipo de modelado son las corrientes de aguas superficiales (escorrentía). En la zona de estudio observaron áreas en las que los materiales han sido erosionados y desprendidos de las laderas.

## **Geología**

Para el estudio geológico de la ciudad de Yauca se hizo uso de la información contenida en el compendio de geología regional de Ingemmet (1:100000), complementado con la geología local obtenida en base al cartografiado realizado en campo (escala 1:5000). Así como la descripción de las principales unidades litológicas aflorantes y sus características más resaltantes; información importante para estudios de Zonificación Sísmica – Geotécnica.

De esta forma, a nivel de regional, se determinó que las unidades litológicas presentes en la ciudad de Yauca son principalmente de origen sedimentario y correspondiente a la edad Terciaria y Cuaternaria. El Terciario es representado por materiales Miocenos de la Formación Pisco, caracterizada por sedimentación de ambiente marino. Mientras que a nivel estructural, la citada formación se sitúa debajo de las terrazas



*Las terrazas son geoformas que han sido identificadas en ambos lados de la zona urbana de Yauca.*

marinas que afloran en los cortes de la carretera Panamericana Sur, cerca de la ciudad de Yauca y en las vertientes generadas por la erosión fluvial del río. La formación se dispone en capas horizontales que son afectadas por una traza de falla normal que se orienta en dirección noroeste - sureste, con desplazamientos de 1.5 metros, fácilmente visible en la margen izquierda del río, hacia el extremo norte de la ciudad de Yauca.

### **Geodinámica**

La geodinámica abarca el estudio 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. En el caso de Yauca se tiene los denominados movimientos en masa, tales como la caída de rocas y bloques. Entre las zonas de mayor peligro está presente, en el extremo sur de la ciudad, el AA.HH Alto Túpac, que está próximo a taludes inestables que presentan desprendimientos de rocas.

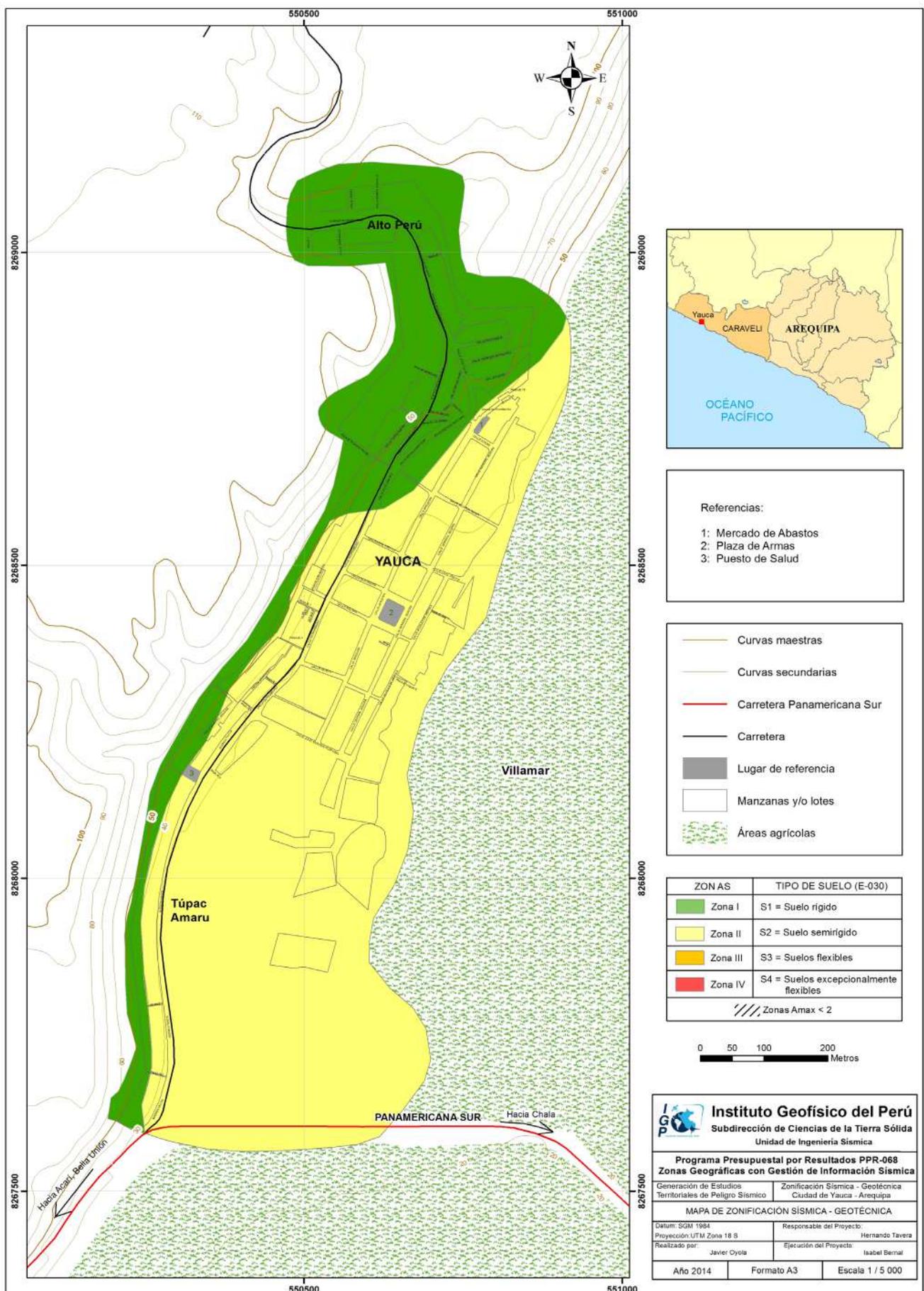
Mientras que, en lo que respecta a procesos eólicos (migración de arenas y Vientos Paracas), en la zona de estudio se registró la presencia de vientos que circulan en dos direcciones, sureste y noroeste, ambas relacionadas a los denominados "Vientos Paracas". Esta fenomenología es un factor determinante en la dinámica eólica presente en la ciudad de Yauca. El estudio realizado por Escobar (1993), refiere que estos vientos corresponden a tormentas de arena y polvo que se inician en Tanaka (Arequipa) hasta Pisco en Ica.

### **Geotecnia**

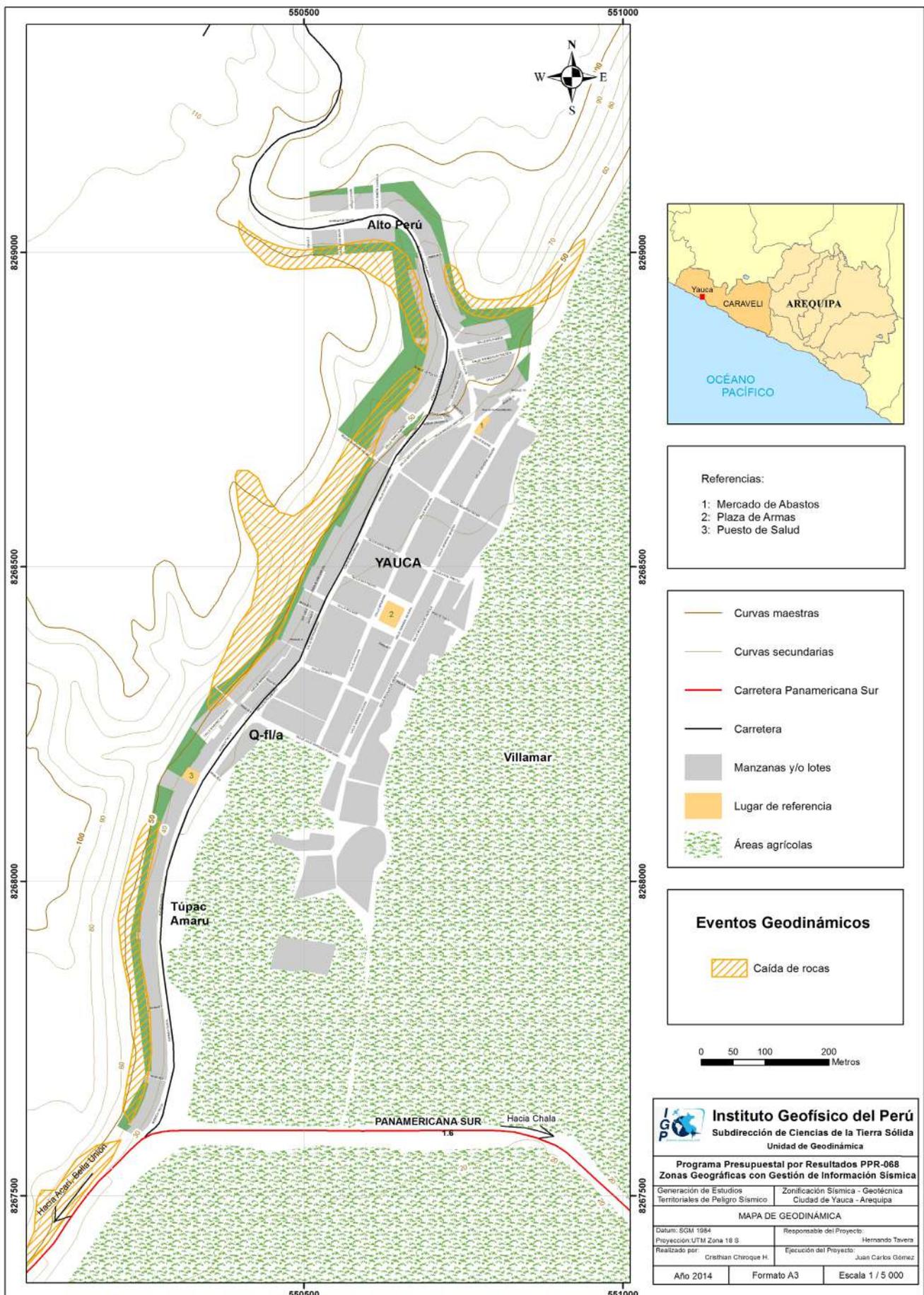
Para el estudio de los suelos en Yauca se recolectó información según las siguientes técnicas: exploraciones a cielo abierto (calicatas, Norma ASTM D420), densidad de suelo in situ (Norma ASTM D1556), exploración con posteadora manual (Norma ASTM D1452), ensayo de penetración dinámica ligera (DPL, Norma DIN4094) y ensayo de corte directo (Norma ASTM D3080). De la información geotécnica recopilada y de los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina, se identificó la existencia de cuatro tipos de suelos: tipo GW (gravas bien graduadas con presencia de arenas y limos), GP (conformados por gravas arenosas mal gradadas), SW (arenas bien graduadas con presencia de limos y gravas) y SM (arenas limosas, con bajos porcentajes de gravas).

Mientras que de los ensayos de corte directo se hizo uso de los datos del ángulo de fricción y la 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 ciudad de Yauca, los valores de capacidad de carga fueron calculados para una profundidad de cimentación de 1.2 metros y ancho mínimo de cimentación de 1 metro.

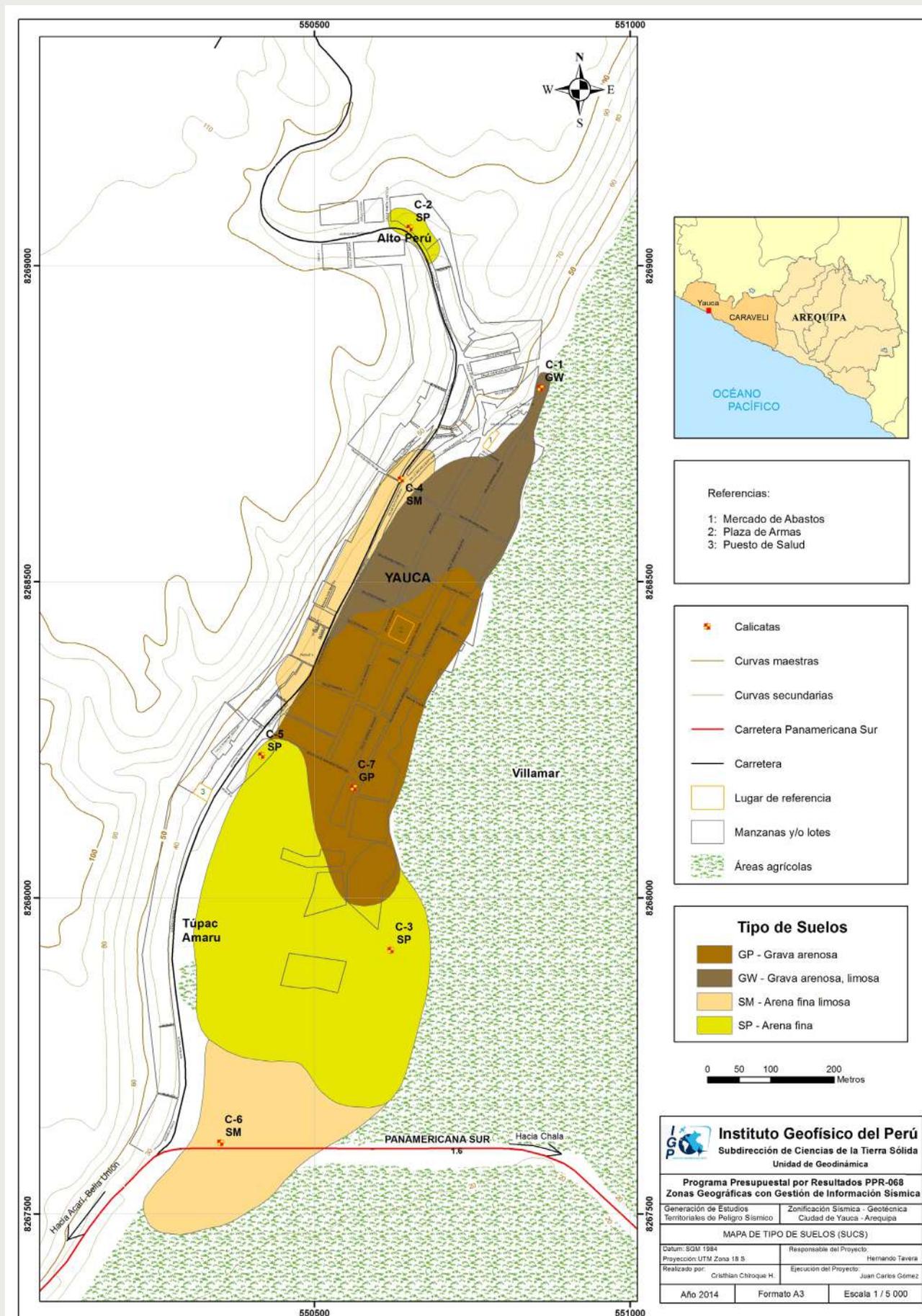
# Mapa 1: Zonificación sísmica-geotécnica



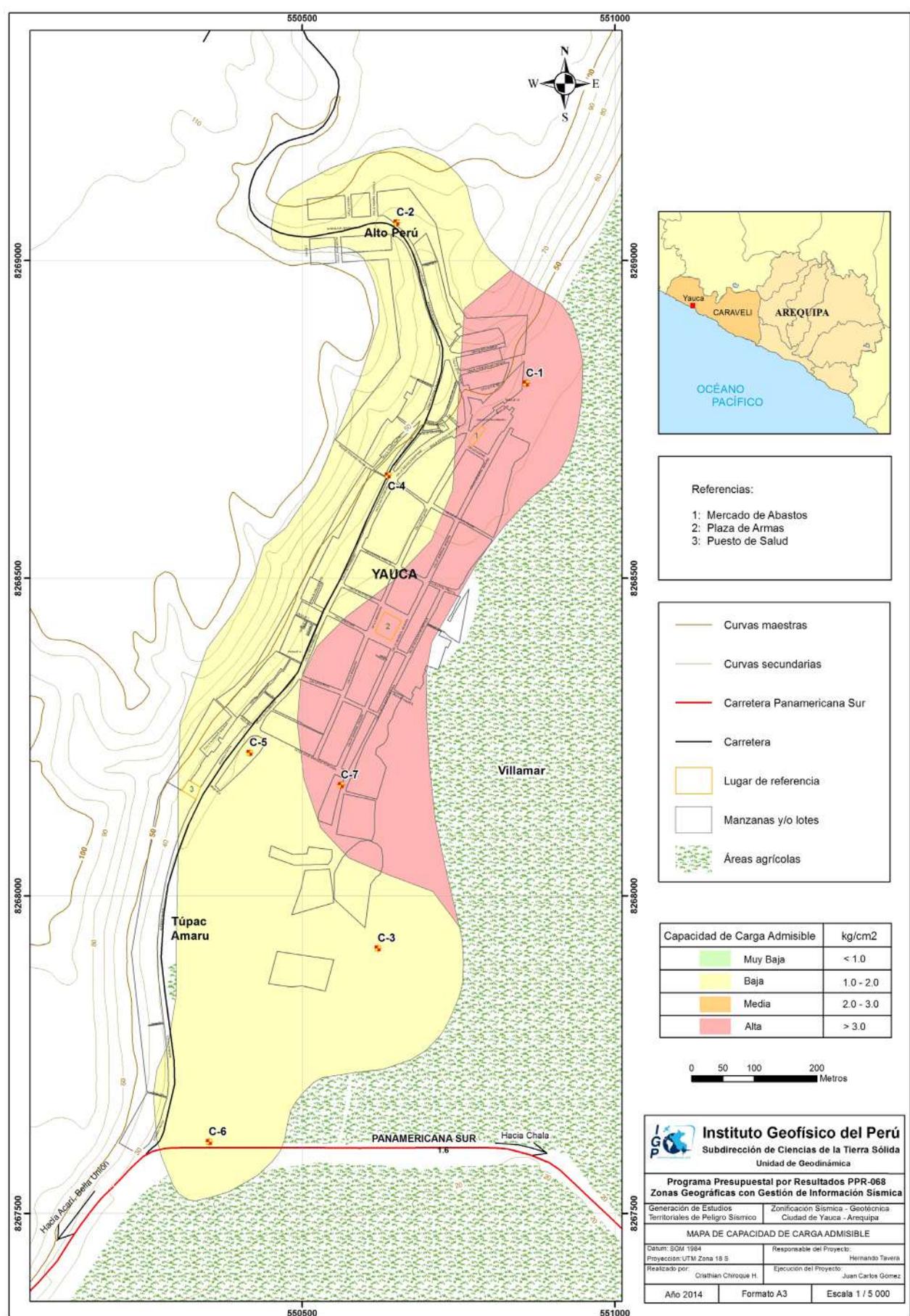
# Mapa 2: Geodinámica



# Mapa 3: Tipo de suelos



# Mapa 4: Capacidad de carga admisible



## IGP y USGS coordinan actividades en gestión de riesgo volcánico



Representantes del IGP y USGS en el Servicio Sismológico Nacional.

Los doctores Hernando Tavera y Edmundo Norabuena, presidente ejecutivo y director científico del IGP, respectivamente, junto con el Ing. David Portugal, responsable del Proyecto Volcanes de la institución, se reunieron en mayo con los doctores Jacob Lowenster y Jeffrey Marso, investigadores del “*The Volcano Disaster Assistance Program*” - VDAP (USGS), para coordinar actividades conjuntas en gestión de riesgo por peligro volcánico en la región sur del Perú.

La reunión técnica científica, realizada en la sede de Camacho del IGP, permitió mostrar a los expertos en temas volcánicos el trabajo de investigación geofísica que realiza la institución.

“Existe un interés importante en tema de gestión de riesgo por parte de nuestra institución y esperamos que esta visita sea el inicio de colaboraciones y trabajos en conjunto para mejorar la gestión de riesgo de volcanes en la región sur de nuestro país”, señaló el presidente ejecutivo. Para el estudio de los volcanes el IGP cuenta con personal especializado en su sede en Arequipa.

## Dos tesis sustentaron tesis en la UNSA para optar título en Ingeniería geofísica

Personal del Instituto Geofísico del Perú (IGP) sustentó en mayo dos trabajos de investigación en la Universidad Nacional San Agustín (UNSA), en la región Arequipa, para optar el título de Ingeniería geofísica. Las tesis contaron con la asesoría del Dr. Hernando Tavera, presidente ejecutivo de la institución.

De esta forma, Estela Centeno sustentó el tema “Geometría y distribución de esfuerzos en el borde oriental de la región central del Perú – Nido de Pucallpa”. Trabajo en el cual analizó la distribución espacial de la actividad sísmica presente en el borde oriental de la región central del Perú a fin de caracterizar la asociada al nido de Pucallpa, información que fue obtenida del catálogo sísmico del IGP en el periodo 1960-2015 ( $M_w \geq 4.0$ ).

Por su parte, Sonia Ramos hizo lo propio con la tesis “Análisis y evaluación de la distribución espacial de la sismicidad y lagunas sísmicas presentes en el borde occidental de Sudamérica”, en la cual hizo uso de la información de los catálogos sísmicos de países como Colombia, Chile, Ecuador y Perú de los años 1500 al 2016, a fin de analizar y evaluar la distribución Espacio - Tiempo de las áreas de ruptura asociadas a grandes sismos ocurridos en el borde Occidental de Sudamérica, lo cual permitió identificar la presencia de las denominadas “lagunas sísmicas”.

## Investigador participó en la VIII Jornada de Ciencias de la Tierra en Ecuador

El Dr. Juan Carlos Villegas, investigador científico del Instituto Geofísico del Perú (IGP), participó en mayo en la VIII Jornada en Ciencias de la Tierra, desarrollado en Quito – Ecuador, con el tema “Campo de Velocidad GPS y Acoplamiento Intersísmico en la Zona de Subducción del Perú”.

La presentación del Dr. Villegas, quien también formó parte del comité científico, consistió en el estudio de los procesos de deformación de la corteza terrestre y la caracterización del estado actual del acoplamiento sísmico en la zona de subducción, es decir en la contacto de las placas de Nazca y Sudamérica en Perú.

El evento fue organizado por el Departamento de Geología de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador.



*El Dr. Villegas también formó parte del comité científico.*

## Primer Encuentro Macro Regional Sur de municipalidades en Arequipa contó con participación del IGP

El Primer Encuentro Macro Regional Sur de Municipalidades, organizado el 19 de junio en Arequipa, contó con una ponencia del Dr. Hernando Tavera, presidente ejecutivo del IGP, quien explicó que teniendo como base los estudios e investigaciones científicas se debe reducir el riesgo que representan los diferentes fenómenos naturales en el país.

La actividad fue organizada por la Asociación de Municipalidades del Perú (AMPE), la Asamblea Regional de Gobiernos Regionales (ANGR) y la Comisión de Descentralización, Regionalización, Gobiernos Locales y Modernización de la Gestión del Estado del Congreso de la República. Asimismo, contó con la presencia de funcionarios de Arequipa, Lima, Piura y Tacna.



*El Dr. Tavera fue parte del panel de este importante encuentro macro regional.*

## IGP realizó feria geofísica por su LXX aniversario

En el marco de la conmemoración de su 70 aniversario, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) realizó el martes 11 de Julio una feria geofísica donde presentó sus principales investigaciones, sobre todo las que aportan a la gestión de riesgo de desastres (GRD).

La feria fue inaugurada por la ministra del Ambiente, Eco. Elsa Galarza, y el Dr. Hernando Tavera, presidente ejecutivo de la institución. Asimismo, estuvo dirigida al público en general con el fin de acercar la ciencia y conocimiento que realiza la institución a la sociedad.

De esta forma, se contó con la presencia de funcionarios de entidades dedicadas a la gestión de riesgo de desastres, así como de estudiantes del nivel secundario y universitario.



*La investigación en ingeniería sísmica fue uno de los temas que se explicó a la ministra.*

# Diagnóstico socioeconómico

## Introducción

La provincia de Caravelí se divide en trece distritos: Chala, Bella Unión, Chaparra, Atico, Caravelí, Huanuhuanu, Acarí, Quicacha, Yauca, Lomas, Jaqui, Atiquipa y Cahuacho. El distrito de Yauca tiene una altitud de 34 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son 15°39'41"S 74°31'33"O, se encuentra ubicada en la costa de la provincia de Caravelí y tiene una extensión de 556.3 km<sup>2</sup> (INEI, 2017). Yauca 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 saber el grado de desigualdad social de la población. Las secciones a trabajar serán: demografía, educación y vivienda.

## Demografía

La población de la provincia de Caravelí asciende a 40 904 habitantes, representando 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.

La Tabla 1 presenta los grupos de edades para el distrito de Yauca 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); a pesar de que la población menor a 30 años en el año 2007 (51%) presentó una caída a comparación del año 1993 (61%).

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

Grupos de edad	Distrito de Yauca		Perú	
	1993	2007	1993	2007
0 – 14	37,2%	30,2%	37,0%	30,5%
15 – 29	23,7%	20,4%	28,6%	27,6%
30 – 64	32,5%	39,0%	29,8%	35,5%
65 y más	6,6%	10,4%	4,7%	6,4%
Total	1 691	1 708	22 048 356	27 412 157

Fuente: Censos Nacionales (INEI, 1993 y 2007)

Tabla 2: Centros educativos y alumnos en la provincia de Caravelí y el distrito de Yauca.

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 Yauca	0	3	3	0	491	491	1 582

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

## Educación

El distrito de Yauca cuenta con 3 instituciones educativas, las cuales comprenden a las instituciones de educación inicial, primaria, secundaria y centros de educación técnica productiva de gestión pública (Tabla 2), el número de estudiantes del sector público es de 491.

La Tabla 2 muestra el indicador nivel educativo alcanzado por la población de 15 años a más, el cual refleja la estructura del sistema educativo y su impacto acumulado en la formación del capital humano.

En el año 1993 cerca del 45% de las personas de 15 años a más del distrito de Yauca no había alcanzado el nivel de educación secundaria. La situación mejoró para el año 2007, ya que cerca del 33% de personas tenía ese nivel de educación. Asimismo, destaca el incremento de las personas con algún tipo de educación superior (completa o incompleta). En el distrito de Yauca, la proporción de personas con estas características aumentó en más del 11% hasta cerca del 26% para el 2007.

## 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 4 indica el porcentaje de viviendas según su forma de acceso al agua en el distrito de Yauca y en la provincia de Caravelí.

Tabla 3: Nivel educativo alcanzado por las personas con edades de 15 años a más (en porcentajes)

Censo 1993	Sin nivel	Educación inicial	Primaria	Secundaria	Superior no univ. incompleta	Superior no univ. completa	Superior univ. incompleta	Superior univ. completa	Total censado
Distrito de Yauca	1,27	0,32	43,31	43,63	2,87	2,55	2,97	3,08	1 303
Censo 2007	Sin nivel	Educación inicial	Primaria	Secundaria	Superior no univ. incompleta	Superior no univ. completa	Superior univ. incompleta	Superior univ. completa	Total censado
Distrito de Yauca	8,55	0,25	24,06	41,49	7,96	5,95	5,03	6,71	1 610

Fuente: Censos Nacionales (INEI, 1993 y 2007).

Tabla 4: 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 Yauca	66,1	5,5	0,8	11,0	2,2	7,5	5,7	1,2
Provincia de Caravelí	41,8	5,1	1,7	26,4	5,8	16,3	1,9	1,0

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

# Diagnóstico socioeconómico

En el distrito de Yauca, cerca del 72% de viviendas tienen acceso a la red pública de agua, dentro y fuera de la vivienda. El 28% restante accede al agua de otra forma (camión, cisterna, pozo, río o acequia, vecino, etc.).

Por otra parte, la proporción de viviendas que tienen acceso al agua por camión cisterna, pozos, ríos o acequias en la provincia de Caravelí es del 49%, cantidad superior a la correspondiente al distrito de Yauca (21%).

La Tabla 5 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 Yauca 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. La población de la provincia de Caravelí presenta estos sistemas de desagüe (37%) en menor cantidad a comparación de Yauca (5%).

**Tabla 6:** 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 Yauca</b>	53,3	27,0	4,5	4,5	9,8	0,0	0,0	1,0
<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).

**Tabla 6:** 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 Yauca</b>	53,3	27,0	4,5	4,5	9,8	0,0	0,0	1,0
<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 6, se observa que en las paredes de aproximadamente el 45% de las viviendas de la provincia de Caravelí están construidas con ladrillo o bloque de cemento, mientras que más del 26% de las viviendas están construidas con adobe o tapia.

En comparación, las viviendas en Yauca tienen como principal material de construcción en las paredes al ladrillo o bloque de cemento, con más del 53% del total de las viviendas. Además la provincia de Caravelí presenta un porcentaje superior de viviendas construidas con esteras (18%) a comparación de Yauca (10%).

Según lo mostrado en la Tabla 7, el 64% de las viviendas en Yauca emplean en los pisos el cemento, porcentaje superior al de la provincia de Caravelí con cerca del 54%. El piso de tierra ocupa el segundo lugar con cerca del 28% para el distrito y 43% 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.

**Tabla 7:** 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 Yauca</b>	27,6	64,0	6,3	0,4	1,0	0,0	0,6
<b>Provincia de Caravelí</b>	42,7	53,7	2,3	0,2	0,7	0,2	0,2

Fuente: Censo Nacional (INEI, 2007).

## Referencias bibliográficas

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

Escobar, D. 1993. Evolución climática y sinóptica de los vientos Paracas. Tesis Ing. Meteorólogo. Facultad de Ciencias, Dpto. Física y Meteorología. UNALM.

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/>

Gutiérrez-Elorza, M. (2008). Geomorfología. Pearson Education, S.A., Madrid, 898 pp.

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

Silgado, E. (1978): Historia de los sismos más notables ocurridos en el Peru entre 1513 y 1974. Instituto Geológico Minero del Perú, Lima, Perú, 120 pag.

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

- *Informe 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)