



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



IGP

Instituto
Geofísico
del Perú

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO POR EXPOSICIÓN DE LA CIUDAD DE HUARAZ (Región Áncash)

Informe Técnico n.º 032-2025/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima-Perú
Noviembre, 2025

CRÉDITOS

Miguel Ángel Espichán Mariñas
Ministro del Ambiente

Hernando Tavera
Jefe institucional del IGP

Juan Carlos Gómez
Director de la Dirección de Ciencias de la Tierra Sólida del IGP

Evaluación del riesgo sísmico por exposición de la ciudad de Huaraz (Región Áncash)
Informe técnico

Ademir Cuya
Hernando Tavera
Autores

Hernando Tavera
Jorge Concha
Edición de contenido

Jorge Concha
Diseño y diagramación

Este informe ha sido elaborado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP)
Calle Badajoz 169, Mayorazgo, Ate, Lima
Teléfono: +5113172300

Accede libremente al Repositorio Geofísico Nacional (REGEN) para descargar este informe:
<https://repositorio.igp.gob.pe/>



REGEN

Lima, noviembre de 2025

Programa Presupuestal 068
REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
POR DESASTRES

ESTUDIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

Actividad
Desarrollo de estudios para establecer el riesgo a nivel territorial

EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO POR EXPOSICIÓN DE LA CIUDAD DE HUARAZ

(Región Áncash)



Lima, Perú
Noviembre de 2025

RESUMEN

La ciudad de Huaraz, ubicada en una zona altamente sísmica debido a la interacción de placas y a la posible activación de la falla de la Cordillera Blanca, presenta una marcada exposición al riesgo sísmico. El presente estudio evalúa 7693 lotes urbanos mediante la metodología AHP, integrando características físicas de las edificaciones y la zonificación geofísica-geotécnica.

El levantamiento de información *in situ* permitió identificar el estado de conservación de las edificaciones, material predominante, errores estructurales, etc. La mayoría de las edificaciones son de albañilería y de adobe, y se concentra en las zonas periféricas. En la ciudad de Huaraz, cerca del 65 % de las edificaciones presentan errores estructurales visibles, principalmente en barrios como Zona Comercial, Villón y Pedregal. La vulnerabilidad estructural ha sido cuantificada como media (56 %) y alta (27.6 %), mientras que la vulnerabilidad total muestra un 36 % de los lotes con niveles alto o muy alto. A partir de esto, se desarrollaron dos escenarios sísmicos: uno de magnitud M8.0, con epicentro frente a Chimbote; y otro de M6.5, con epicentro en la falla cordillera Blanca. En el primer escenario, el 93.5 % y 5.5 % de los lotes presentan riesgo alto y muy alto, respectivamente; en el segundo, el 64 % y 36 % de los lotes presentan riesgo alto y muy alto, respectivamente. En ambos escenarios, se evidencia el posible desarrollo de importantes daños estructurales.

Ante estos escenarios es urgente aplicar medidas estructurales y no estructurales, reforzar construcciones vulnerables (especialmente de adobe), fortalecer la cultura de prevención y la capacitación comunitaria. Estas acciones buscan reducir pérdidas humanas y económicas ante un sismo severo.

CONTENIDO

5	Resumen
9	Introducción
9	Objetivo del estudio
9	Área de estudio
11	Metodología
11	Levantamiento de información
11	Criterios de observación y registro
11	Análisis de la vulnerabilidad y riesgo
11	Identificación y propuesta de medidas
12	Zonificación geofísica-geotécnica
14	Elaboración de la base de datos
14	Estadística de las características físicas de las edificaciones
14	Estado de conservación
15	Material de construcción predominante
16	Errores estructurales
16	Número de pisos
17	Material de techo
18	Estado de conservación de los techos
19	Tipo de edificación
22	Análisis de vulnerabilidad
22	Análisis de la vulnerabilidad estructural
23	Ponderación de los descriptores por sismos
23	Estado de conservación
24	Material de construcción
25	Error estructural
26	Número de pisos
26	Material de techo

27	Estado de conservación del techo
27	Estratificación de rangos de la vulnerabilidad estructural
28	Evaluación del riesgo
28	Vulnerabilidad por exposición local
29	Vulnerabilidad estructural
30	Vulnerabilidad total
30	Evaluación de riesgo sísmico
35	Conclusiones
36	Referencias
37	Anexos

Foto @MarkHorrell (Flickr)



Plaza de Armas de la ciudad de Huaraz.

1. Introducción●

A lo largo de su historia, el Perú ha experimentado devastadores daños estructurales debido a la ocurrencia de sismos, principalmente por su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una región caracterizada por una intensa actividad sísmica a nivel mundial. Los sismos producidos en la costa peruana se deben al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la sudamericana, lo que genera sismos de elevada magnitud que producen fuertes sacudidas del suelo que afectan no solo las ciudades costeras, sino también las zonas altoandinas, entre ellas a la ciudad de Huaraz, capital de la provincia del mismo nombre (región Áncash).

La historia sísmica de la región Ancash considera los sismos ocurridos en los años 1725, 1828, 1946, y 1970. Dado que los sismos son cíclicos, es posible que pueden repetirse en el futuro. En este escenario es necesario evaluar la exposición estructural a fin de identificar cuáles serían las edificaciones que presentarían mayores daños ante la ocurrencia de un sismo que genere elevados sacudimientos del suelo. El crecimiento urbano desordenado que ha experimentado Huaraz en las últimas décadas, debido principalmente a la falta de una adecuada planificación, ha dado lugar a que numerosas viviendas se encuentren asentadas en zonas de riesgo, producto de la morfología del terreno y de la autoconstrucción sin considerar la norma E.030 de Diseño Sismorresistente, lo que ha incrementado su vulnerabilidad.

Para evaluar y conocer el grado de vulnerabilidad estructural en la ciudad de Huaraz ante la ocurrencia de sismos, se requiere contar con una base de información sobre las características físicas de las edificaciones (material de construcción, estado de conservación, errores estructurales, número de pisos, etc.) y la aplicación del método "Proceso Analítico Jerárquico-AHP". Los resultados permitirán a las autoridades y población adoptar las medidas correspondientes orientadas a la prevención y reducción del nivel de exposición estructural ante la ocurrencia de sismos.

1.1 Objetivo del estudio

Este estudio tiene como objetivo evaluar el nivel del riesgo por exposición de la ciudad de Huaraz ante la ocurrencia de sismos, a fin de proponer medidas de prevención y reducción para disminuir

su vulnerabilidad. Para cumplir con este objetivo se consideran los siguientes procesos.

- Identificar y estratificar la vulnerabilidad por exposición local de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de "Zonificación geofísica-geotécnica de la ciudad de Huaraz", realizado por el IGP.
- Elaborar una base de datos con las características físicas de las edificaciones (estado de conservación, material de construcción, error estructural, número de pisos, etc.) de la ciudad de Huaraz.
- Analizar los parámetros y descriptores de las características físicas de las edificaciones mediante el proceso analítico jerárquico (AHP), para determinar cuáles son más influyentes en la vulnerabilidad estructural.
- Realizar escenarios de riesgo por exposición ante la ocurrencia de sismos, a fin de determinar cuáles serían las viviendas con mayor y menor daño estructural. Asimismo, obtener cartografía específica que ayude a la toma de decisiones para la prevención y reducción de los daños que se generan ante la ocurrencia de sismos.

1.2 Área de estudio

La ciudad de Huaraz es la capital de la provincia de Huaraz y de la región Áncash. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el distrito de Huaraz cuenta con una población aproximada de 60 896 habitantes (censo 2017), y abarca una superficie cercana a 433 km². El área de estudio involucra un área aproximada de 4 km².

Geográficamente, Huaraz se encuentra en el callejón de Huaylas, un extenso valle interandino conformado por el río Santa, el cual discurre entre la cordillera Blanca al este y la cordillera Negra al oeste. Esta ubicación le confiere una notable belleza paisajística, pero también una elevada exposición a fenómenos naturales, como sismos, huacos y deslizamientos. En las últimas décadas, el crecimiento urbano ha reducido considerablemente las áreas agrícolas que antes predominaban en el valle, transformándolas en nuevas zonas residenciales y comerciales. De continuar con esta tendencia, es probable que, en los próximos años, Huaraz se consolide como una ciudad con un desarrollo urbano más denso y extendido.

La ciudad de Huaraz se ubica a una altitud promedio de 3052 metros sobre el nivel del mar, aproximadamente en las coordenadas 09°31'00" de latitud sur y 77°31'30" de longitud oeste. Se encuentra a unos 400 km al norte de Lima, conectada por la carretera Pativilca-Huaraz, que asciende desde la costa hacia el callejón de Huaylas, atravesando la cordillera Negra. Los límites aproximados de la ciudad de Huaraz son los siguientes (Figura 1):

- Al norte, limita con el distrito de Independencia, con el cual conforma la conurbación principal del valle.
- Al sur, con el distrito de Olleros.
- Al este, con la cordillera Blanca y la quebrada

Quillcay, donde se encuentran diversos asentamientos y zonas de expansión urbana.

- Al oeste, con la cordillera Negra, donde se desarrollan principalmente zonas agrícolas y rurales.

Huaraz cuenta con una buena accesibilidad desde la costa a través de la carretera Pativilca-Conococha-Huaraz, y desde el norte mediante la vía Catac-Caraz-Yungay. Además, dispone de una red vial interna que conecta los principales barrios y urbanizaciones con la zona céntrica. Esta infraestructura vial, aunque suficiente para la movilidad cotidiana, enfrenta retos significativos ante emergencias sísmicas o desastres debido a su topografía y limitaciones de planificación urbana.

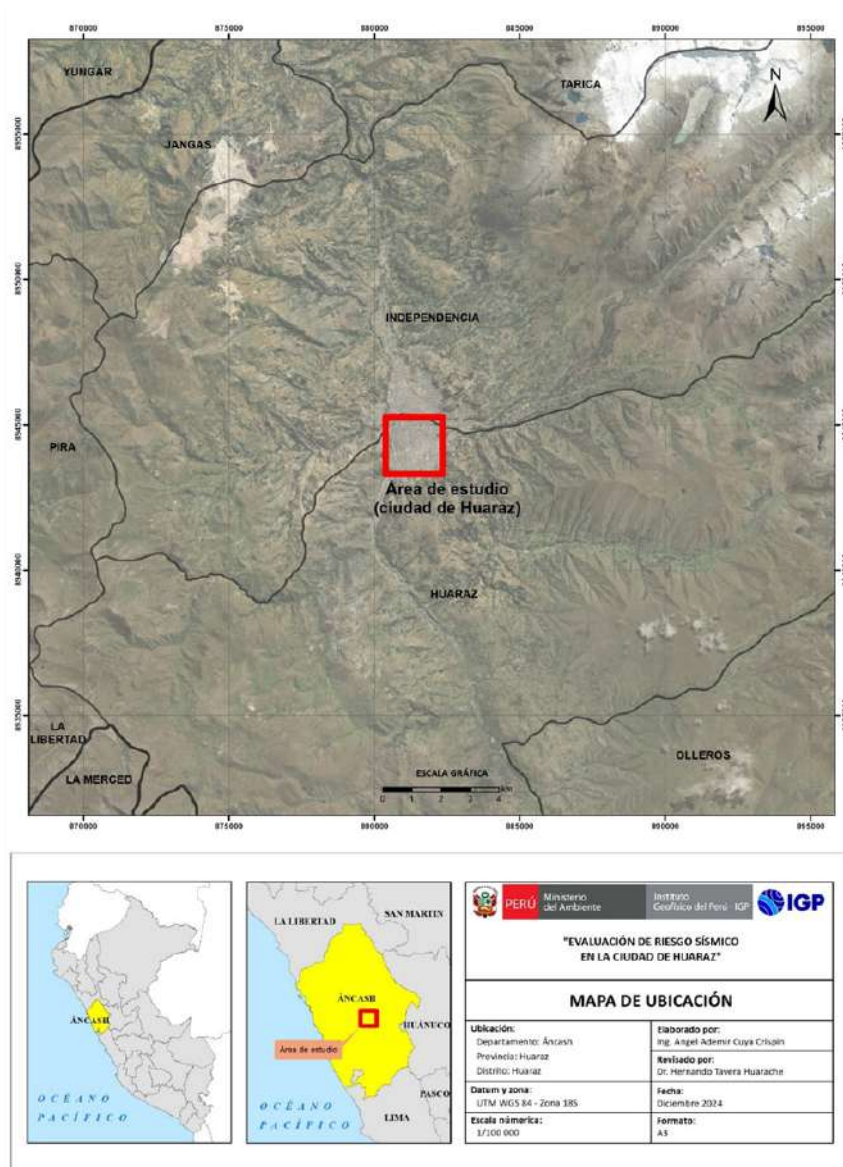


Figura 1. Ubicación de la ciudad de Huaraz.

2. Metodología

Para la evaluación de riesgo por exposición ante la ocurrencia de sismos que afecten a la ciudad de Huaraz se ha tomado en cuenta la metodología empleada por el CENEPRED, basada en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) desarrollado por Thomas L. Saaty (1980). Esta metodología permite analizar y ponderar distintos parámetros y descriptores asociados a la vulnerabilidad y exposición sísmica de las edificaciones.

2.1 Levantamiento de información

Durante el mes de noviembre de 2023, se realizó *in situ* el levantamiento fotográfico recorriendo las calles y avenidas accesibles de la ciudad de Huaraz. Se obtuvo el registro visual detallado de las características físicas de las edificaciones: material de construcción, estado de conservación, errores estructurales visibles, entre otros. De manera complementaria, se utilizaron imágenes históricas de Google Street View (año 2013), con el fin de comparar las edificaciones antiguas con las actuales y detectar posibles ampliaciones, modificaciones, ocultamiento de daños o construcciones recientes. Esta comparación temporal permitió identificar cambios significativos en el desarrollo urbano y en el estado de conservación de las edificaciones.

2.2 Criterios de observación y registro

El levantamiento de información se realizó considerando principalmente la fachada visible del lote, debido a que en muchos casos existen construcciones internas que no pueden observarse desde la vía pública. En los lotes de gran extensión con varias edificaciones, se seleccionó para el análisis la estructura principal o de mayor tamaño, por representar el mayor grado de exposición y vulnerabilidad.

Actualmente, la Municipalidad Provincial de Huaraz no cuenta con un catastro oficial consolidado; por ello, las divisiones de manzanas, lotes y edificaciones aún no están formalmente delimitadas. Sin embargo, la municipalidad proporcionó un plano referencial de lotes que sirvió como base para la elaboración de la cartografía del presente estudio.

Durante la elaboración de la base de datos se identificaron diferencias entre el plano referencial y la configuración real de los lotes observada en campo. Por esta razón, se recurrió al uso de imágenes satelitales de Google Earth y a las fotografías obtenidas en el levantamiento para realizar una estimación aproximada de las divisiones de lotes, las cuales fueron incorporadas en los planos digitales. Cabe señalar que estas modificaciones son de carácter referencial y aproximado, y se realizaron considerando principalmente la proyección de las fachadas sobre la vía pública.

En la Figura 2 se muestran los lotes que fueron ajustados o modificados durante este estudio, así como aquellos que conservaron su ubicación original según el plano referencial proporcionado por la municipalidad. También se observan los principales barrios de la ciudad de Huaraz. Asimismo, se identificó que, en la zona cercana al río Santa, particularmente en alrededores del mercado Challhua, existe una carencia de información catastral. Dado que estos sectores se asientan sobre suelos de tipo S4 (muy malos), resulta fundamental que la municipalidad priorice su levantamiento, debido a la alta susceptibilidad sísmica y geotécnica del terreno.

2.3 Análisis de vulnerabilidad y riesgo

Con la base de datos completada, se procedió al análisis de vulnerabilidad estructural, en el cual se evaluaron los parámetros físicos de las edificaciones mediante el modelo AHP, asignándose ponderaciones de acuerdo con su nivel de influencia.

Posteriormente, se integró la información obtenida con la vulnerabilidad por exposición local, considerando la zonificación geofísica-geotécnica del área urbana de Huaraz. A partir de esta combinación se determinó el nivel de vulnerabilidad final de cada edificación. El siguiente paso consistió en aplicar la matriz de riesgo, donde el peligro sísmico corresponde a un escenario hipotético de sismo con parámetros representativos para la zona de estudio. Este análisis permitió identificar las edificaciones más propensas a sufrir daños severos.

2.4 Identificación y propuesta de medidas

Una vez identificadas las edificaciones con mayor

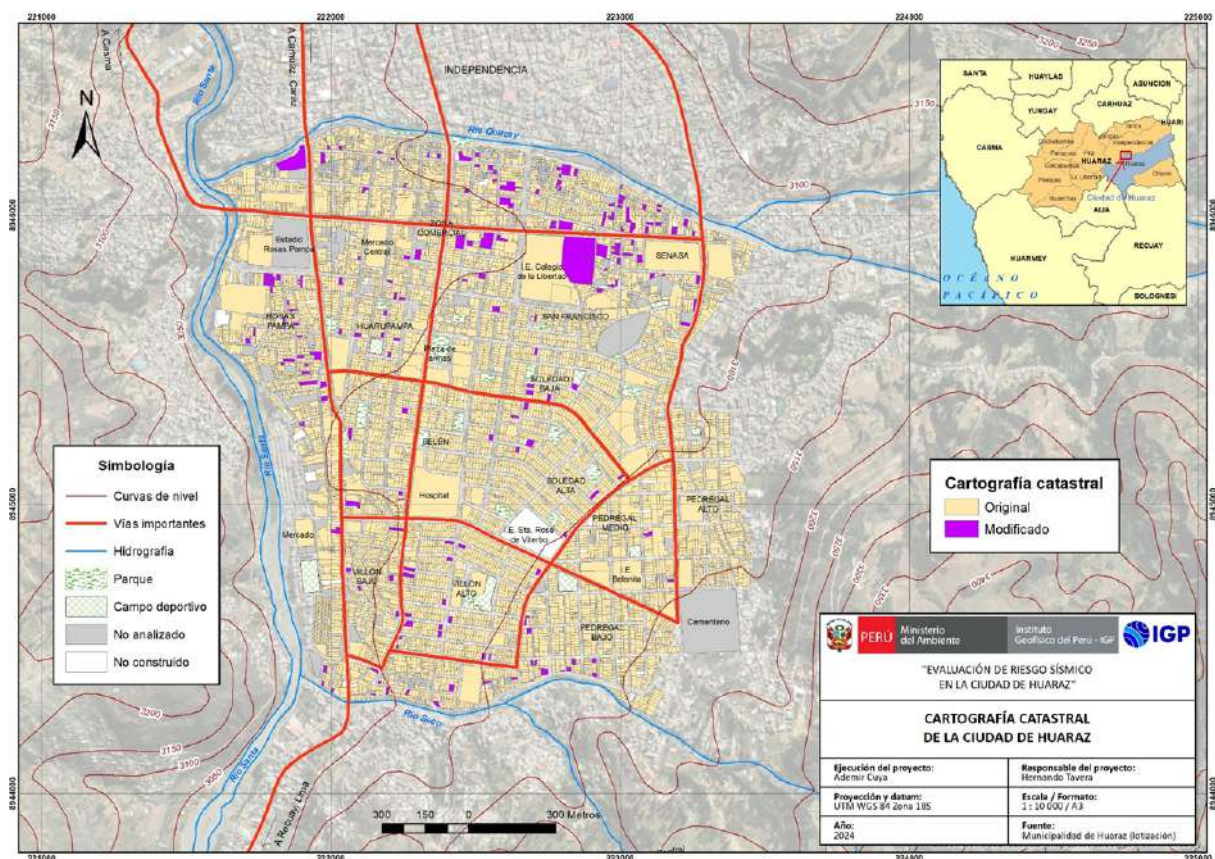


Figura 2. Lotes modificados para fines del estudio.

nivel de riesgo sísmico, se procedió a clasificarlas según su tipo de uso: viviendas unifamiliares, multifamiliares, locales comerciales, estaciones de servicio, centros educativos, establecimientos de salud, entre otros. Esta clasificación permite definir medidas estructurales y no estructurales específicas para cada caso.

Finalmente, se recomienda que la Municipalidad Provincial de Huaraz priorice la implementación de acciones de prevención y mitigación, especialmente en edificaciones con alta densidad poblacional y función estratégica, como colegios, hospitales, centros comerciales y edificios públicos, a fin de reducir los impactos ante un eventual sismo.

2.5 Zonificación geofísica-geotécnica

El mapa de zonificación geofísica-geotécnica para el área urbana y periurbana del distrito de Huaraz se elaboró en función de la integración de los resultados de los estudios geológicos, geotécnicos

y geofísicos, delimitando zonas cuyos suelos presentan características de respuesta similares ante la ocurrencia de un sismo. Las características dinámicas del suelo y sus propiedades mecánicas han permitido identificar en el área de estudio, de acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente E.030, la existencia de suelos de tipo S1, S2 y S4, donde el 60 % del área de estudio responde a periodos de 0.1 y 0.2 segundos, y el 40 % a periodos de 0.3 y 0.4 segundos, con amplificaciones mayores a tres veces (Bernal et al, 2025).

Para el área urbana y periurbana del distrito de Huaraz, se propone la siguiente zonificación geofísica-geotécnica (Figura 3).

• Zona I

Conformada por suelos muy rígidos a rígidos, presentes desde la plaza de Armas hacia la Urb. Huarupampa, San Francisco, Pedregal y al sur del Río Seco. Estos suelos están cubiertos con una capa

delgada de depósitos recientes, con espesores de 4 a 5 metros, velocidades de ondas de corte V_s de 289 m/s a 411 m/s a nivel superficial y de 900 m/s a 1029 m/s a la profundidad de 30 metros. El periodo de vibración natural del suelo varía entre 0.1 a 0.2 segundos, con amplificaciones relativas de hasta 2.5 veces y moderado a alto contenido de humedad. Estos parámetros comprenden a suelos tipo S1 (E.030), es decir, suelos rígidos.

• Zona II

Conformada por suelos rígidos a medianamente rígidos, con la presencia de una capa de depósitos recientes en capas de 4 a 9 metros de espesor. Las velocidades de ondas de corte V_s de 281 m/s a 306 m/s, para la capa superficial, y de hasta 711 m/s a la profundidad de 30 metros. El periodo de vibración natural del suelo varía entre 0.3 a 0.4 segundos, con amplificaciones relativas mayores a 2.5 veces y alto contenido de humedad entre la

plaza de Armas y Río Seco. Los suelos presentan una capacidad de carga portante de media a alta ($<1.0 \text{ kg/cm}^2$) a un metro de profundidad. Estos parámetros comprenden a suelos tipo S2 (E.030), es decir, suelos rígidos a medianamente rígidos.

• Zona III

Considera suelos medianamente rígidos a blandos, que corresponden a suelos tipo S3 (E.030). Estos suelos no están presentes en el área de estudio.

• Zona IV

Considera suelos blandos del tipo S4, es decir, suelos excepcionalmente flexibles presentes en zonas inundables o sectores próximos al río Quilcay, río Santa y, en menor proporción, al Río Seco.

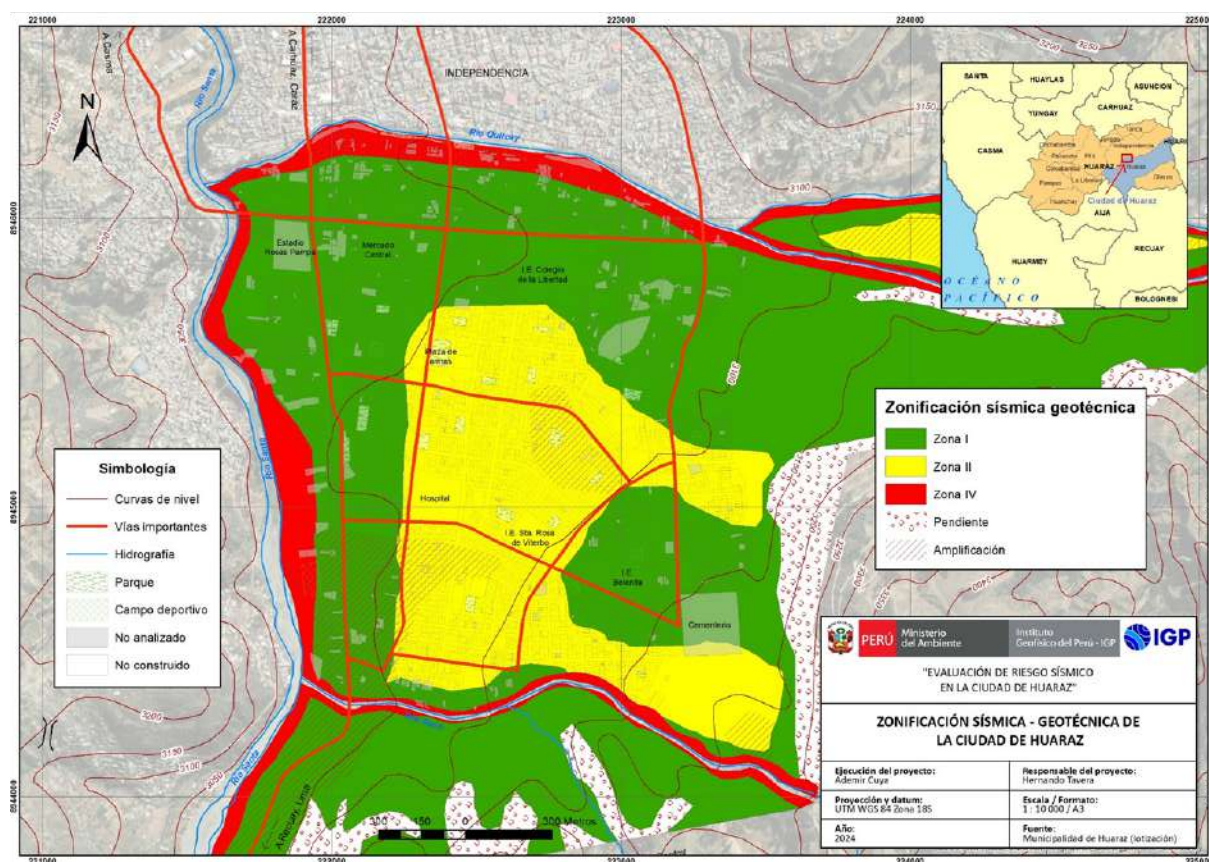


Figura 3. Mapa de zonificación sísmica-geotécnica de la ciudad de Huaraz.

3. Elaboración de la base de datos

Para el desarrollo de este estudio es necesario contar con información de las características físicas de las edificaciones, lo cual ayudará a evaluar el nivel de vulnerabilidad estructural, es decir, conocer las condiciones físicas actuales ante la posible ocurrencia de un fuerte movimiento sísmico. Además, es adecuado conocer los tipos de edificación para una mejor toma de decisiones.

3.1 Estadística de las características físicas de las edificaciones

En la ciudad de Huaraz se realizó el levantamiento de información de 8398 lotes, cuyas características se detallan a continuación (Figura 4):

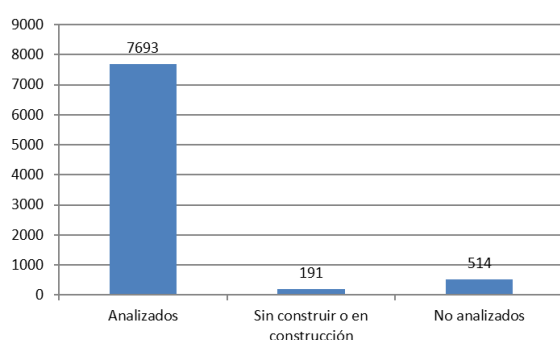


Figura 4. Número de lotes construidos, no construidos y no analizados.

- 7693 lotes cuentan con construcciones.
- 191 lotes están sin construir o en inicio de construcción, siendo una cifra muy baja en relación con muchas otras ciudades. Por lo tanto, Huaraz es una ciudad ya consolidada.
- 514 lotes no fueron analizados debido a la falta de visibilidad estructural o por tener accesos poco seguros (pasajes muy angostos y perros callejeros).

En general, las características físicas de las edificaciones que se tomaron en cuenta para la evaluación de la vulnerabilidad estructural en la ciudad de Huaraz son las siguientes:

- Estado de conservación
- Material de construcción
- Error estructural (para las edificaciones de albañilería)
- Número de pisos
- Material de techo
- Estado de conservación del techo

3.2 Estado de conservación

La antigüedad, daños por sismos u otros fenómenos, la actividad antrópica, el salitre, materiales de construcción no adecuados o no conservados adecuadamente, entre otros, hacen que las edificaciones presenten deterioros en su estructura y su resistencia.

En la ciudad de Huaraz, de los 7693 lotes analizados, 511 se encuentran con un excelente estado de conservación (muy bueno), 3649 con un buen estado de conservación, 2981 con un estado de conservación regular, 479 con un estado de conservación malo y 73 con un estado de conservación muy malo (Figuras 5 y 6).

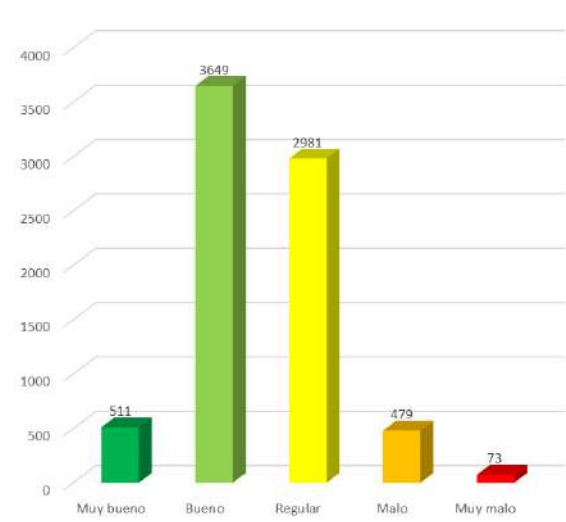


Figura 5. Estadística del estado de conservación en la ciudad de Huaraz.

Las edificaciones con un excelente estado de conservación se encuentran principalmente en los

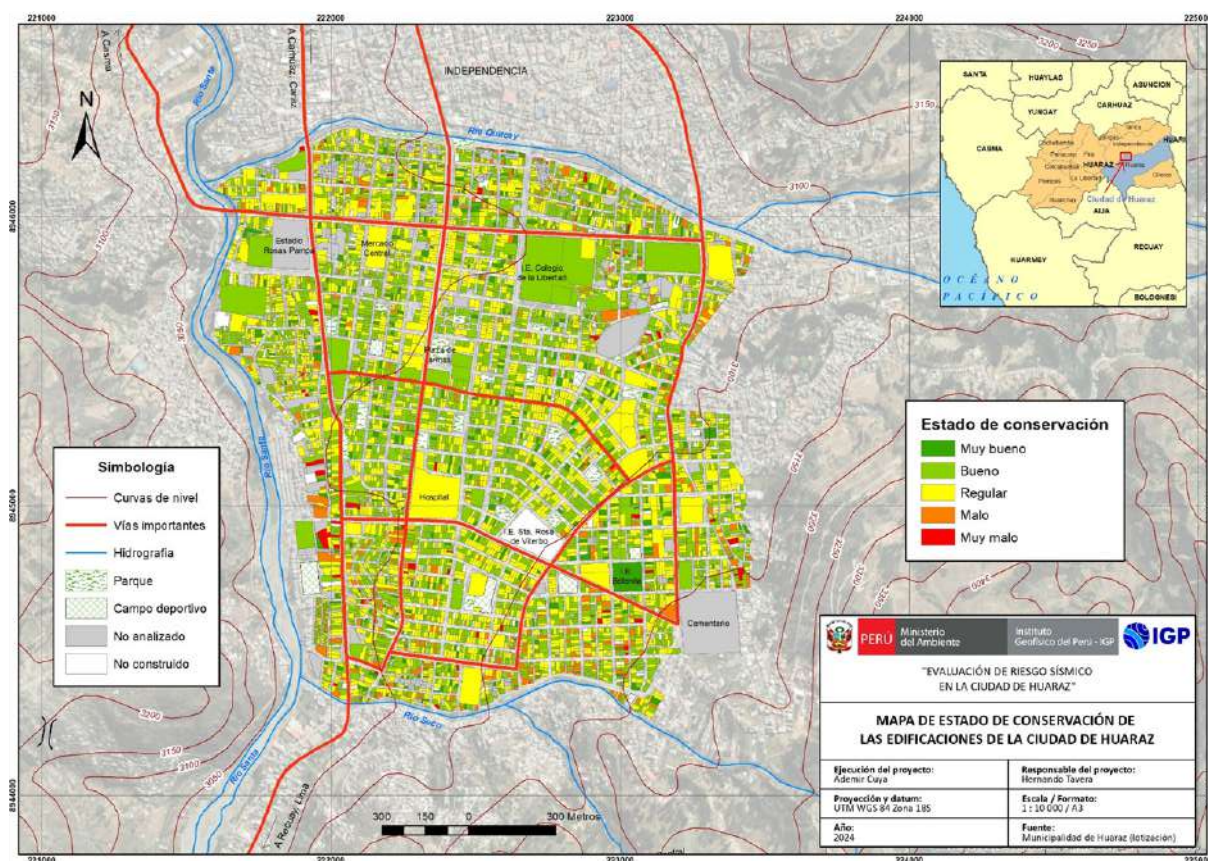


Figura 6. Mapa de estado de conservación de la ciudad de Huaraz.

barrios de Belén, Soledad Baja, Soledad Alta y Huarupampa. En este último existe una pequeña mayor concentración con estructuras en muy buena conservación.

Por otra parte, las edificaciones que se encuentran con un estado de conservación entre regular y muy malo se concentran preferentemente en las periferias de la ciudad de Huaraz. Entre los principales barrios están Villón Alto, Villón Bajo, Pedregal Bajo, Rosas Pampa y la Zona Comercial, lo que coincide con la concentración de las edificaciones de adobe en esas zonas.

3.3 Material de construcción predominante

El material de construcción es una de las características más determinantes para la evaluación de la vulnerabilidad estructural. Hay materiales de construcción que demuestran una mayor resistencia a los sismos, como la madera, el acero u otros de albañilería que cumplen con las normas constructivas. Por el contrario, las edificaciones de adobe, estera o triplay son las más susceptibles a los movimientos sísmicos.

En Huaraz, de los 7693 lotes analizados, solo 2 son de madera, 6397 son de albañilería o mampostería, 2 son de estructura de metal, 7 son de triplay o estera, y 1284 son de adobe (Figura 7). Las edificaciones de albañilería destacan como las más predominantes en la ciudad de Huaraz, seguidas por las edificaciones de adobe o tapia que se encuentran ubicadas principalmente en los alrededores de la ciudad (Figura 8).

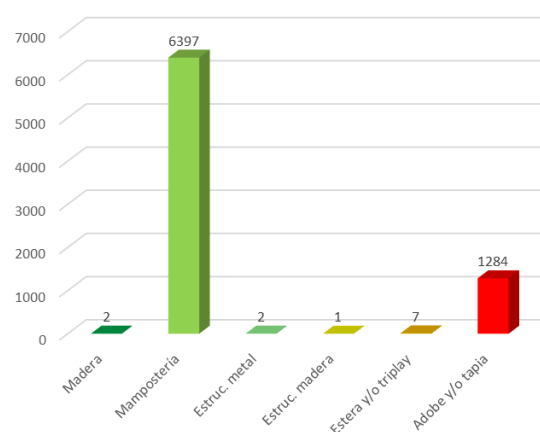


Figura 7. Estadística del material de construcción en la ciudad de Huaraz.

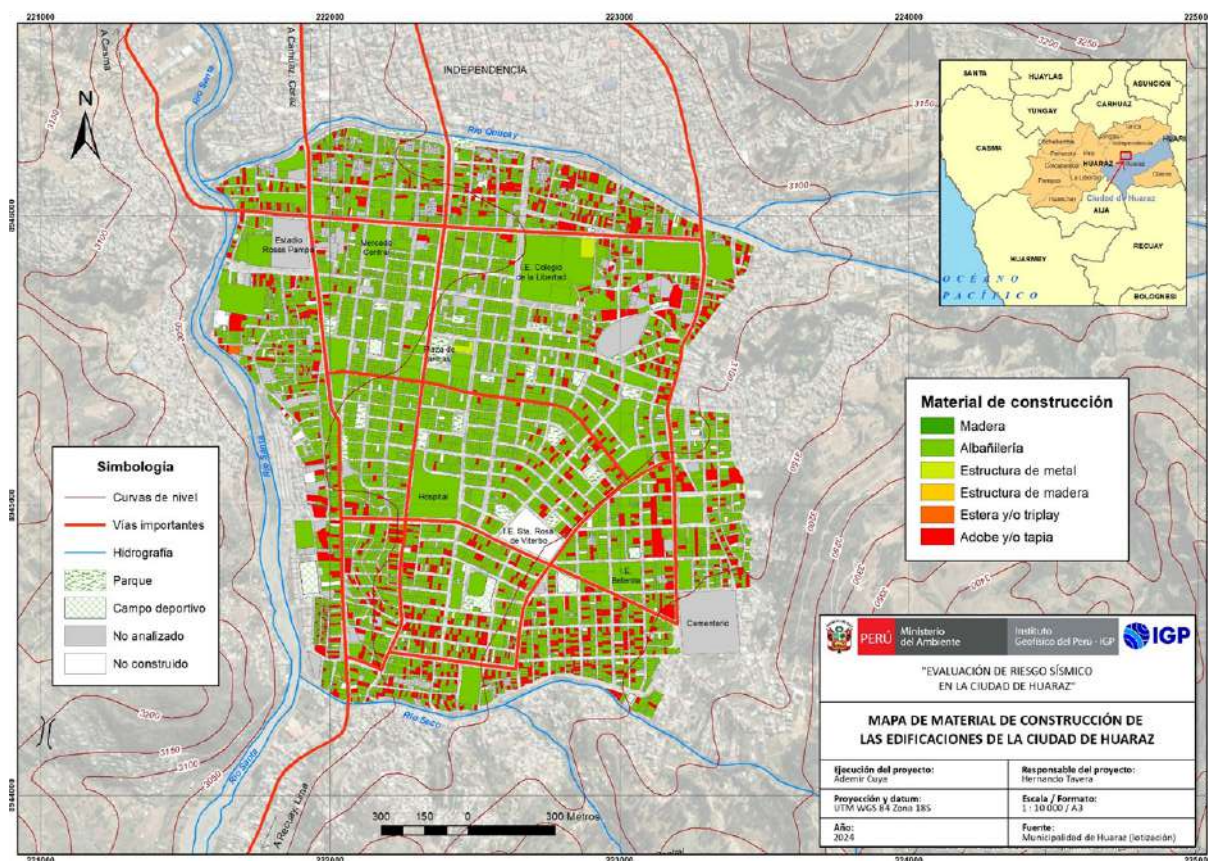


Figura 8. Mapa de material de construcción de la ciudad de Huaraz.

3.4 Errores estructurales

Esta característica busca resaltar qué tanto una edificación cumple, desde el punto de vista externo, con la norma E.070 de albañilería, E.010 de madera, E.080 de tierra reforzada y E.030 de diseño sismorresistente, ya que podría haber deficiencias internas no visibles. La ausencia de elementos estructurales (columnas, vigas, etc.), la presencia de voladizos, ladrillos pandereta como muros estructurales, problemas de columna corta, columnas discontinuas, inapropiada densidad de columnas, entre otros, hacen de una edificación más vulnerable. Históricamente, se ha observado en sismos pasados que, por errores estructurales, las edificaciones tienden a sufrir serios daños o colapsos.

En la ciudad de Huaraz, de los 7693 lotes analizados, 54 cuentan con una construcción reforzada, 2597 presentan una construcción sin errores visibles, 3046 tienen errores estructurales considerables, 1452 tienen errores estructurales graves y 544 presentan errores estructurales muy graves (Figuras 9 y 10).

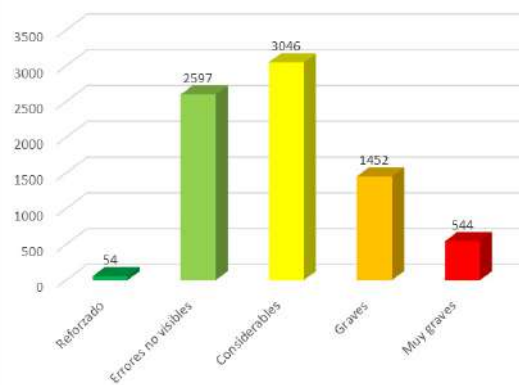


Figura 9. Estadística de los errores estructurales en albañilería en la ciudad de Huaraz.

3.5 Número de pisos

El número de pisos determina el peso que tienen que soportar los principales elementos estructurales de los primeros pisos (columnas, vigas, muros portantes). Además, los suelos tienen una determinada capacidad portante, es decir, un límite de presión para que no se produzcan fallos cortantes en el terreno.

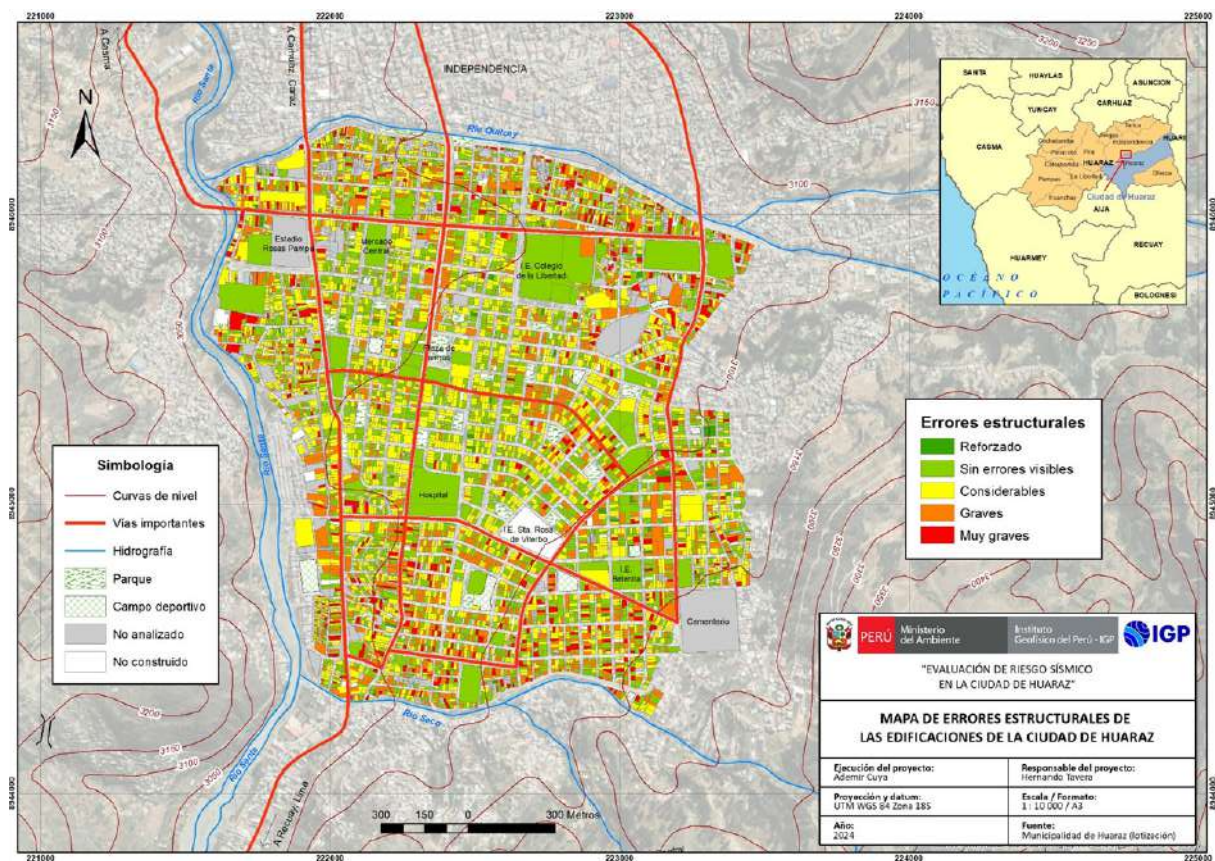


Figura 10. Mapa de errores estructurales de la ciudad de Huaraz.

En la ciudad de Huaraz, de los 7693 lotes analizados, 1444 presentan edificaciones de 1 piso, 2070 presentan edificaciones de 2 pisos, 1897 presentan edificaciones de 3 pisos, 1409 presentan edificaciones de 4 pisos, 760 edificaciones son de 5 pisos, y 113 edificaciones presentan de 6 hasta 10 pisos (Figura 11).

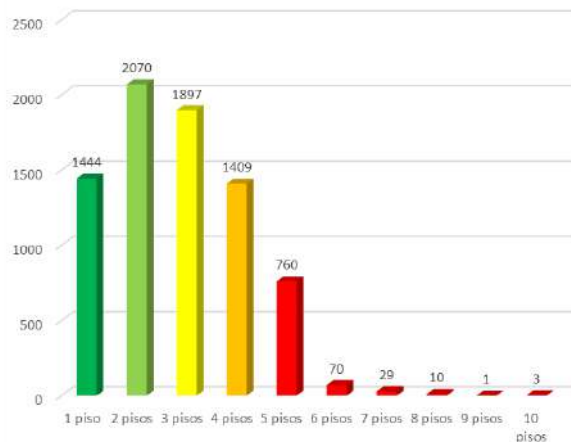


Figura 11. Estadística de la cantidad de pisos de las viviendas en la ciudad de Huaraz.

Las edificaciones de más de 4 pisos se concentran principalmente en la zona comercial de la ciudad de Huaraz, seguidas por los barrios de San Francisco, Huarupampa y Belén (Figura 12).

3.6 Material de techo

Esta característica indica que, si una vivienda no cuenta con techo aligerado (viguetas, losa y ladrillos huecos), entonces no cuenta con una viga de amarre, lo que incrementa su vulnerabilidad debido a la falta de este elemento estructural. Además, ciertos materiales de techo son más fáciles de que colapsen ante un movimiento sísmico, lo que podría provocar daños materiales y personales.

En la ciudad de Huaraz, de los 7693 lotes analizados, 4104 presentan techo aligerado, 900 tienen techos de madera, 7 tienen techo parabólico, 2478 son de PVC o calamina, 4 son de asbesto, 2 son de estera, cartón o similares, y 198 no presentan techo, es decir, su último piso solo tiene muros (Figuras 13 y 14).

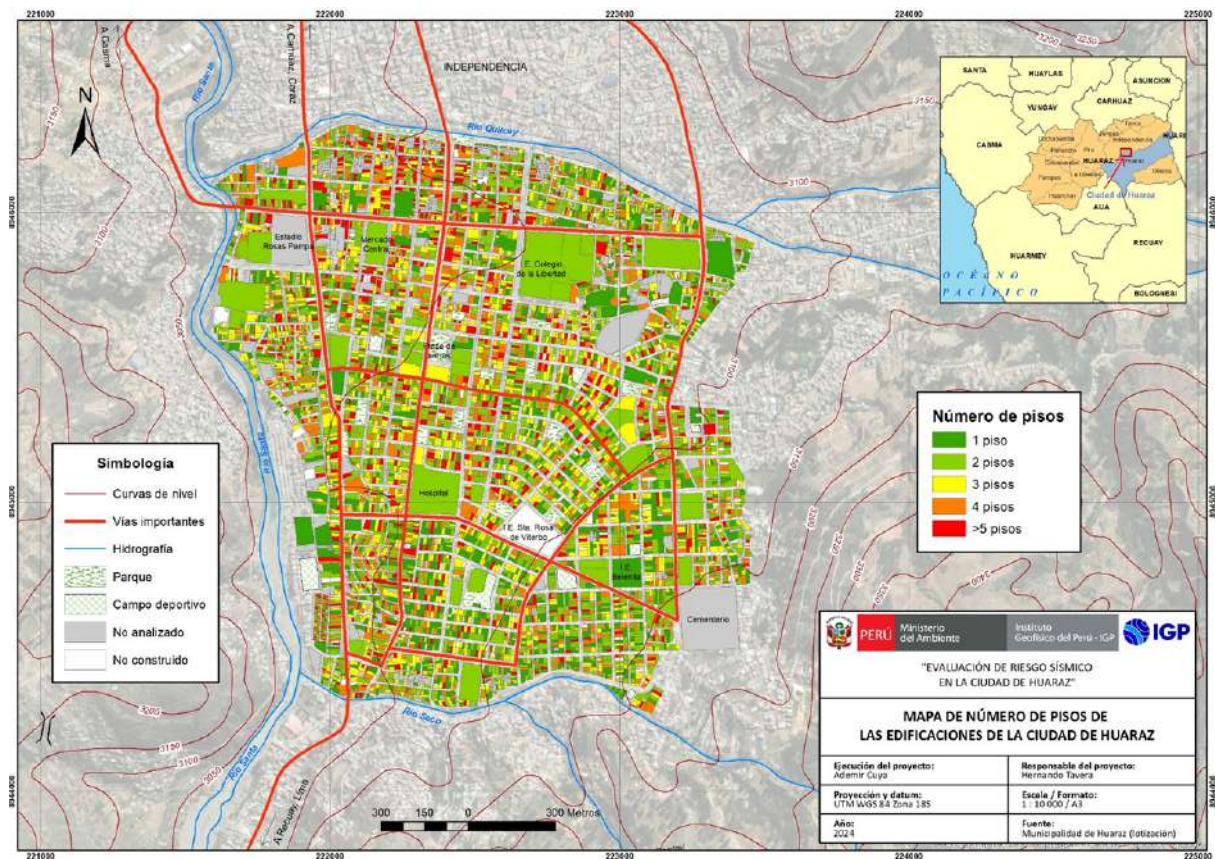


Figura 12. Mapa de número de pisos de la ciudad de Huaraz.

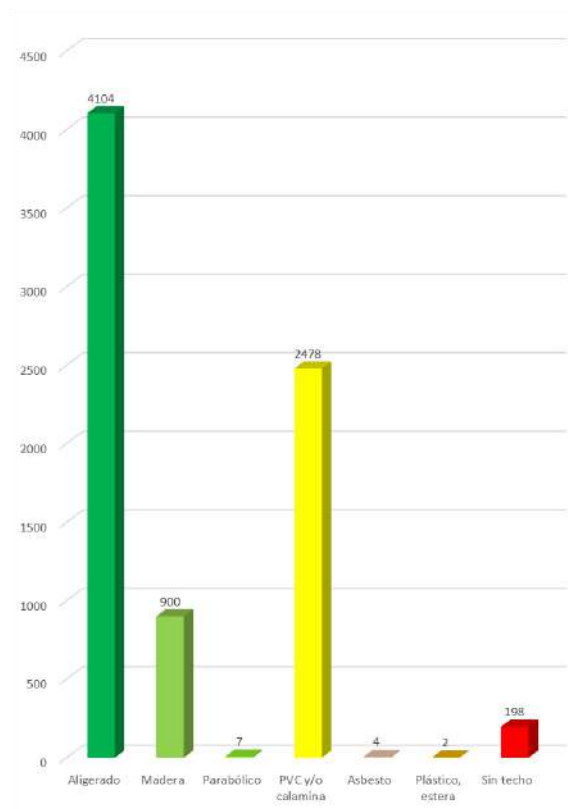


Figura 13. Estadística del material de techo en la ciudad de Huaraz.

La única zona donde hay concentración clara de predominio de techos aligerados es en el barrio de Belén. En el resto de los barrios, el material de techo se presenta de manera aleatoria, predominando de igual manera los techos de material aligerado y los de PVC o calamina.

3.7 Estado de conservación de los techos

Las precipitaciones, rayos UV, elementos u objetos que favorecen el colapso de techos ligeros, la antigüedad del techo, los sismos pasados, la actividad antrópica, la humedad, etc., hacen que los techos sufran deterioros en su estructura y resistencia.

En la ciudad de Huaraz, de los 7693 lotes analizados, 266 presentan techos en excelente estado de conservación, 5330 tienen techos en buen estado de conservación, 1660 presentan techos en regular estado de conservación, 367 tienen techos en mal estado de conservación, y solo 70 techos se encuentran en un pésimo estado de conservación (Figura 15).

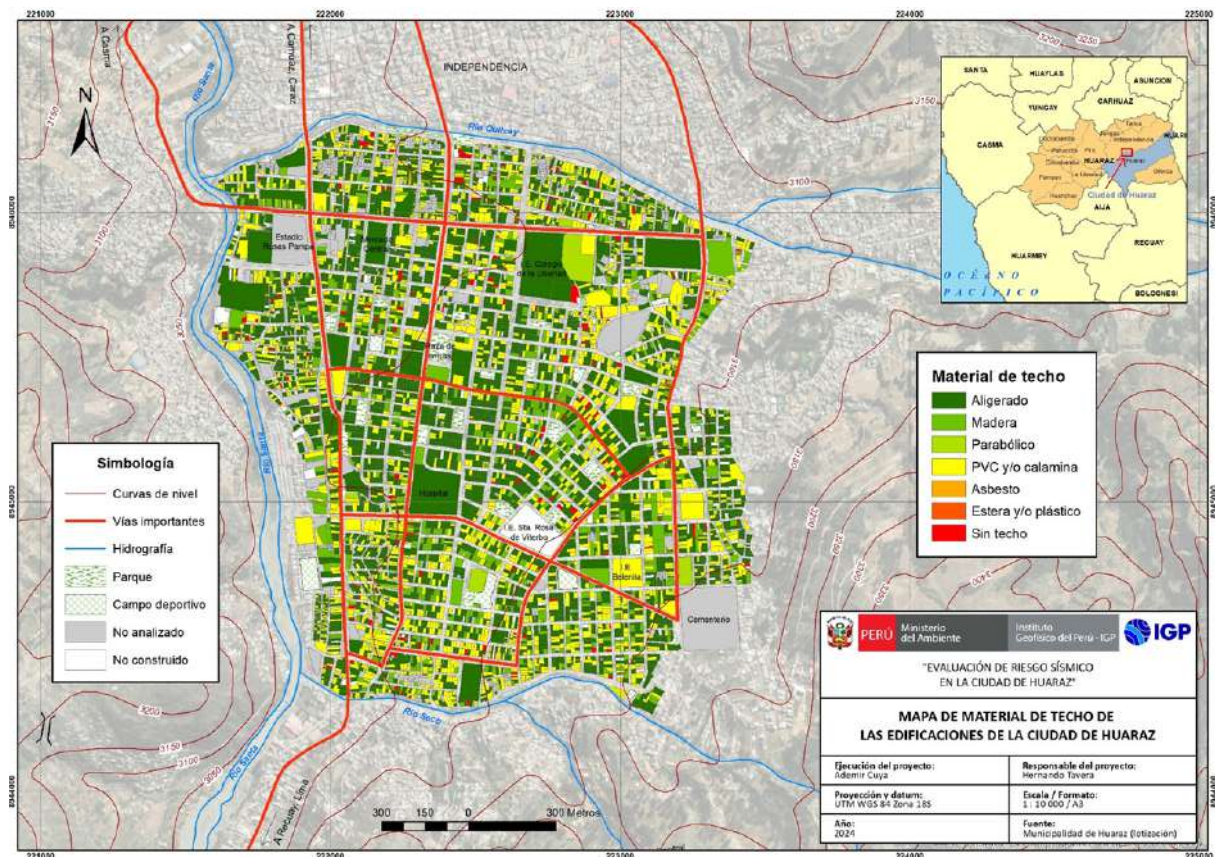


Figura 14. Mapa de material de techo de la ciudad de Huaraz.

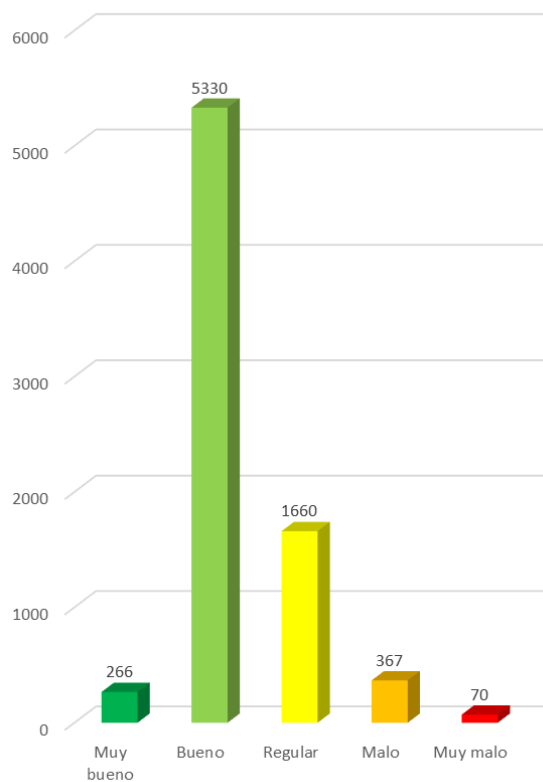


Figura 15. Estadística del estado de conservación de los techos en la ciudad de Huaraz.

Los peores estados de conservación de techo se encuentran principalmente en las periferias, es decir, en los barrios de Challhua, Pedregal Bajo y Alto, y parte de la Zona Comercial (Figura 16).

3.8 Tipo de edificación

Esta característica no se considera en la evaluación de la vulnerabilidad estructural; sin embargo, ayuda a la toma de decisiones. Tiene importancia en la evacuación y la cantidad de personas que habitan en una edificación, es decir, de acuerdo con el tipo de edificación, se podría dar prioridad para la toma de decisiones, sean estructurales o no estructurales.

La evacuación en casas de campo o viviendas unifamiliares es más sencilla debido a la menor cantidad de residentes. En cambio, en las edificaciones destinadas a viviendas multifamiliares, la evacuación es más complicada debido a la cantidad de personas y a la tendencia de estas edificaciones a tener más de dos pisos. En cuanto a los lotes con otros usos, como comercios, colegios, hospitales, mercados, etc., la vulnerabilidad aumenta por la alta densidad de personas que dificulta la evacuación ante la posibilidad de tumultos.

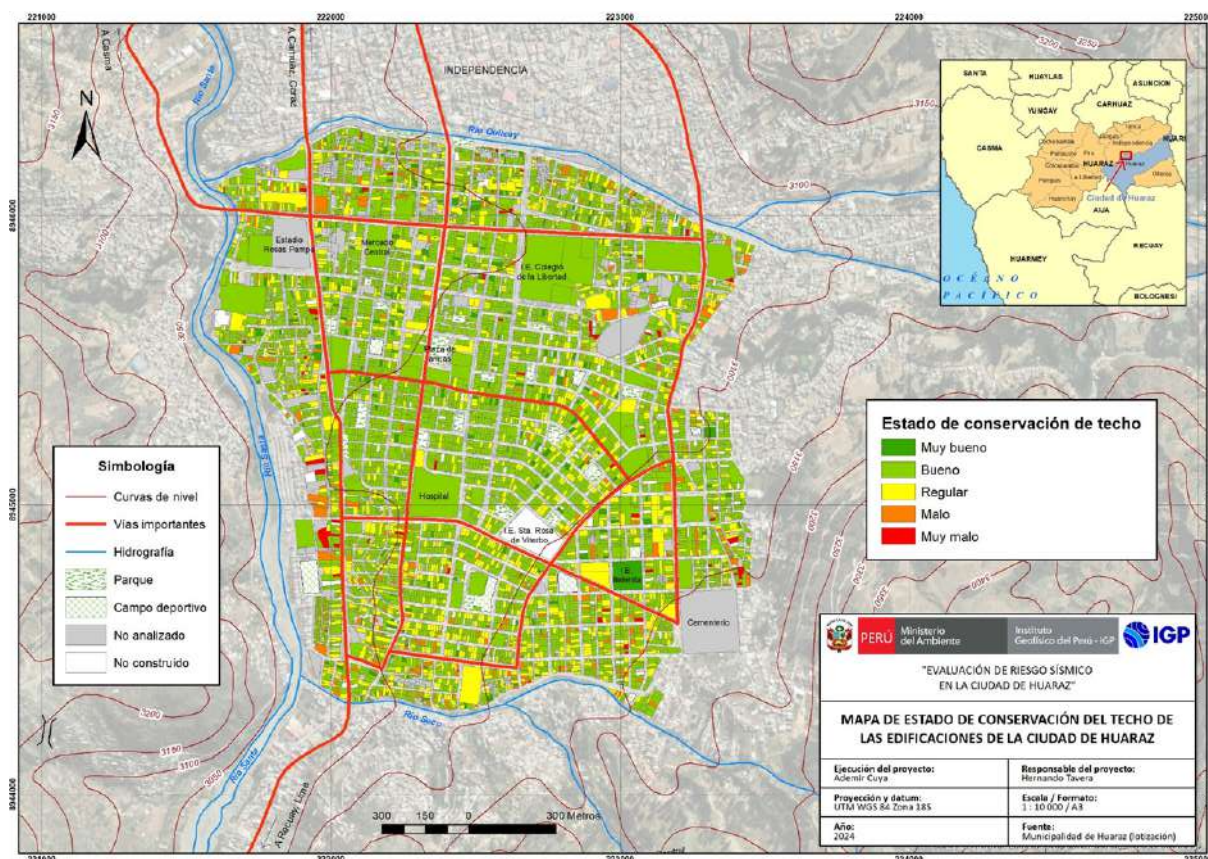


Figura 16. Mapa de estado de conservación de los techos de la ciudad de Huaraz.

En la ciudad de Huaraz, de los 7693 lotes analizados, 4 son casas de campo, 2937 son viviendas unifamiliares, 2898 son viviendas multifamiliares, 237 son otros de densidad baja, 507 son otros de densidad media, 945

son otros de densidad alta, 130 son otros de densidad muy alta, 12 son lotes con presencia de material inflamable (grifo o venta de gas), y 23 son edificaciones abandonadas o no habitadas (Figura 17).

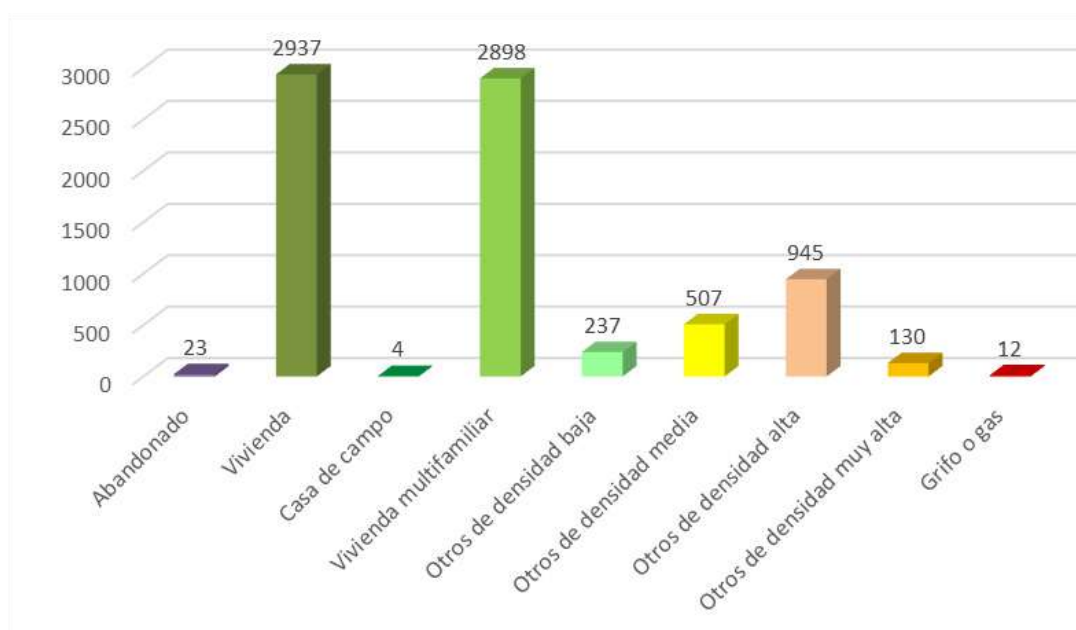


Figura 17. Estadística del tipo de edificación en la ciudad de Huaraz.

Las viviendas unifamiliares y las viviendas multifamiliares son los tipos de edificación predominantes en la ciudad de Huaraz. Las edificaciones que presentan mayor cantidad de personas o densidad poblacional son las

que se encuentran principalmente en la zona comercial, que representa visualmente casi un 20 % de la superficie, desde el jirón 28 de Julio hasta el malecón Norte, al lado del río Quilcay (Figura 18).

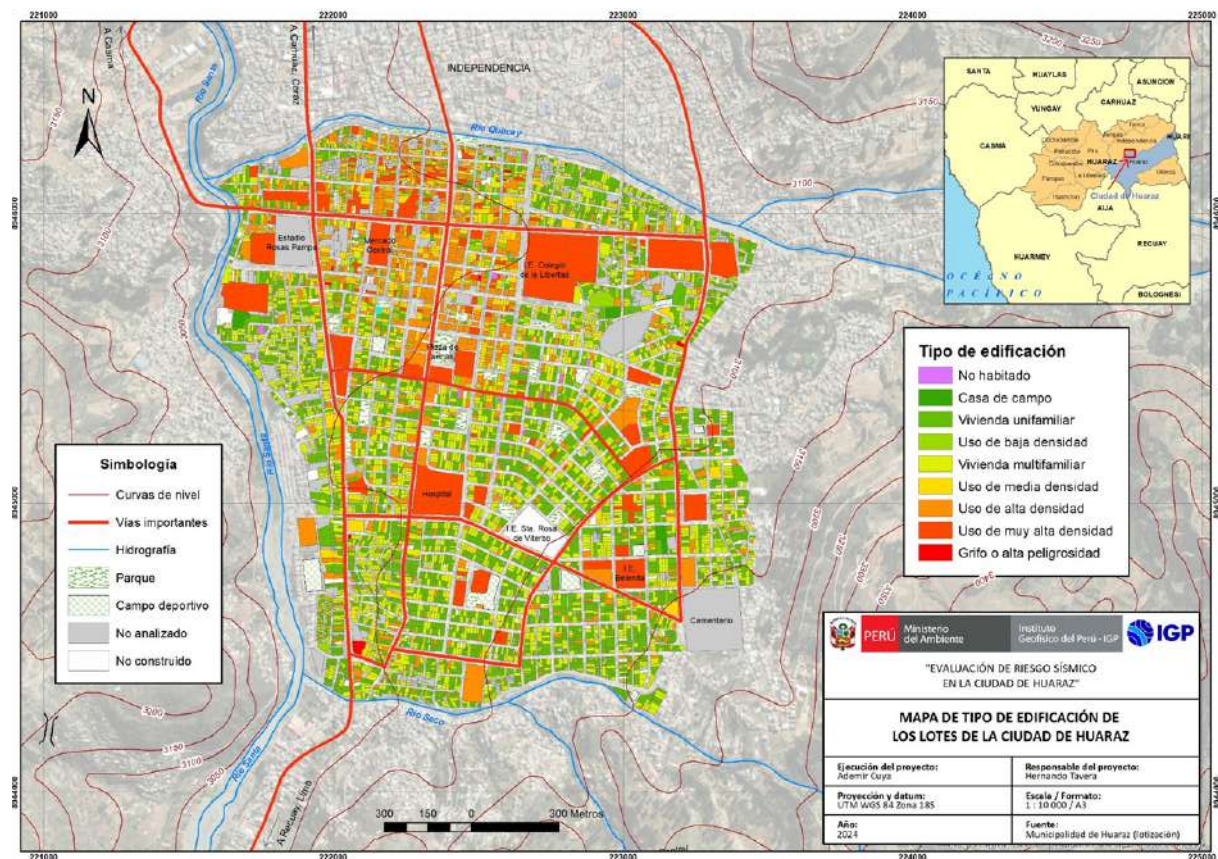


Figura 18. Mapa por tipo de edificación de la ciudad de Huaraz.

4. Análisis de vulnerabilidad

El análisis de la vulnerabilidad estructural sísmica es el que determinará cuáles serían las edificaciones con mayor probabilidad de sufrir daños en caso suceda un sismo de gran magnitud.

4.1 Análisis de la vulnerabilidad estructural

La vulnerabilidad estructural es la que determina la resistencia física de las edificaciones; su evaluación permitirá conocer cuáles son las construcciones que serán más propensas a sufrir daños. El análisis de la vulnerabilidad sísmica se ha determinado mediante la metodología AHP (Proceso Analítico Jerárquico). Para su aplicación, se ha tenido en cuenta el manual de evaluación

elaborado por el CENEPRED, así como otras investigaciones relacionadas con este tipo de análisis.

En primer lugar, se realiza la ponderación de los parámetros (material de construcción, estado de conservación, errores estructurales, número de pisos, material de techo y estado de conservación del techo) y luego la ponderación de los descriptores (de acuerdo con el parámetro).

A los parámetros ya mencionados se les realiza la comparación entre pares para determinar cuál es más importante y en qué medida, respecto a los demás. Para estas comparaciones, se han utilizado distintas fuentes de información con el fin de que los resultados sean lo más objetivos posibles. Las comparaciones entre los seis parámetros se presentan en la Tabla 4.

Luego de realizar el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), y verificar que los resultados sean consistentes, se han determinado los pesos ponderados de los parámetros (Figura 19).

Tabla 4. Matriz de comparaciones pareadas de los parámetros de la vulnerabilidad sísmica.

PARÁMETRO	Error estructural	Material de construcción	Estado de conservación	Número de pisos	Material de techo	Estado del techo
Error estructural	1	2	4	4	7	9
Material de construcción	1/2	1	3	3	6	9
Estado de conservación	1/4	1/3	1	1	4	6
Número de pisos	1/4	1/3	1	1	4	6
Material de techo	1/7	1/6	1/4	1/4	1	3
Estado del techo	1/9	1/9	1/6	1/6	1/3	1
Suma	2.254	3.944	9.417	9.417	22.333	34.000
1/SUMA	0.444	0.254	0.106	0.106	0.045	0.029

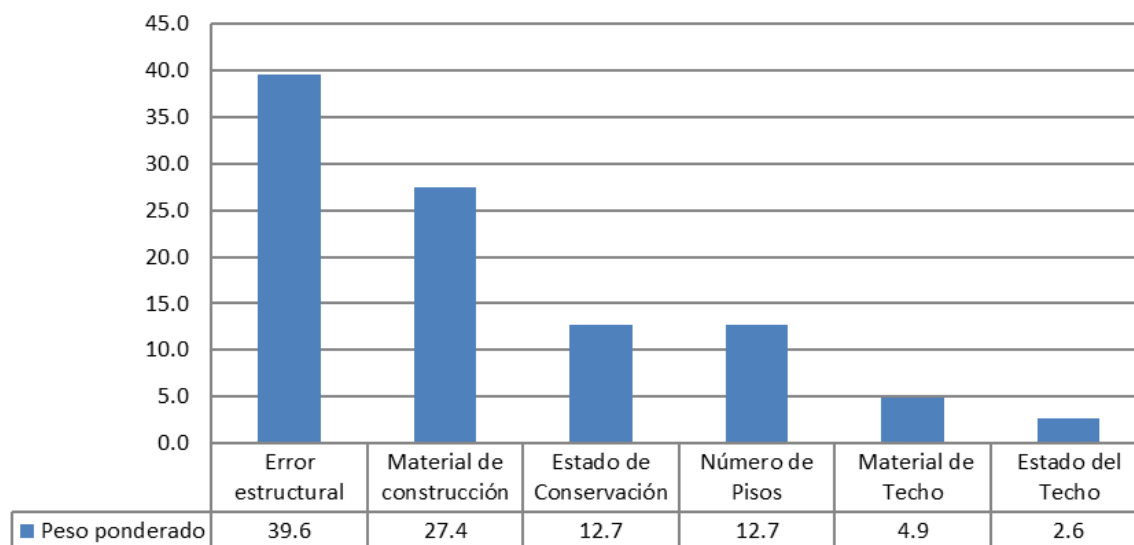


Figura 19. Pesos ponderados de los parámetros.

4.2 Ponderación de los descriptores por sismos

Para llevar a cabo el análisis y obtener un resultado categorizado en cuatro niveles (bajo, medio, alto y muy alto), es esencial contar con cinco descriptores. De este modo, se deben comparar todas las características posibles y agrupar aquellas que presenten similitudes en el comportamiento de lo que se está evaluando. Este enfoque permite una clasificación más precisa y detallada, y facilita la interpretación de los niveles de vulnerabilidad.

- **Regular:** Las edificaciones tienen pequeños deterioros que son subsanables. Son edificaciones que presentan una antigüedad considerable. La vulnerabilidad es regular.
- **Malo:** Las construcciones tienen deterioros. Los acabados tienen desperfectos visibles. Presentan ciertas rajaduras. La vulnerabilidad es alta en estos casos.
- **Muy Malo:** Las construcciones presentan gran deterioro y son de mucha antigüedad. Los peligros naturales y antrópicos han favorecido su deterioro. La vulnerabilidad es muy alta.

Después de realizar la comparación pareada y determinar en qué medida un descriptor es más importante que otro, el resultado de la comparación entre pares se muestra en la Tabla 5.

4.3 Estado de conservación

El estado de conservación es el tercer parámetro de mayor importancia, después de haber realizado el proceso analítico jerárquico, que influye en la vulnerabilidad estructural. Los cinco descriptores de este parámetro son:

- **Muy Bueno:** Las edificaciones no presentan ningún deterioro. Son edificaciones que tienen pocos años de construcción. Debido a esto, la vulnerabilidad es muy baja.
- **Bueno:** Las construcciones no presentan daños; se observan pequeños desperfectos por su uso normal. Tienen una vulnerabilidad baja.

Tabla 5. Valores de ponderación de acuerdo con el estado de conservación.

ESTADO DE CONSERVACIÓN	Peso ponderado	Vulnerabilidad
Muy Bueno	3.5	MUY BAJA
Bueno	6.8	BAJA
Regular	13.4	REGULAR
Malo	26.0	ALTA
Muy Malo	50.3	MUY ALTA

4.4 Material de construcción

El material de construcción es el segundo parámetro más importante en lo que respecta a la vulnerabilidad estructural. Si bien hay ponderaciones preestablecidas, se ha preferido tomar en cuenta el estudio que toma en cuenta la resistencia de los sistemas estructurales en caso de sismos, de acuerdo con diferentes intensidades.

Shah y Sauter (1978) clasificaron el promedio de daños para diferentes sistemas estructurales, según la intensidad sísmica en la escala de

Mercalli modificada, evaluada después de un sismo (Figura 20).

De acuerdo con la figura, se deduce que cuando las intensidades sísmicas son altas, las edificaciones de acero, madera y mampostería reforzada tienen mayor resistencia ante los movimientos sísmicos de gran intensidad. En cambio, el adobe es el material de construcción que sufriría más daños, ya que, según el estudio, es el primero que se desplomarí, seguido de la mampostería sin refuerzos (que corresponde a la albañilería con errores estructurales graves, como la faltade columnas o vigas).

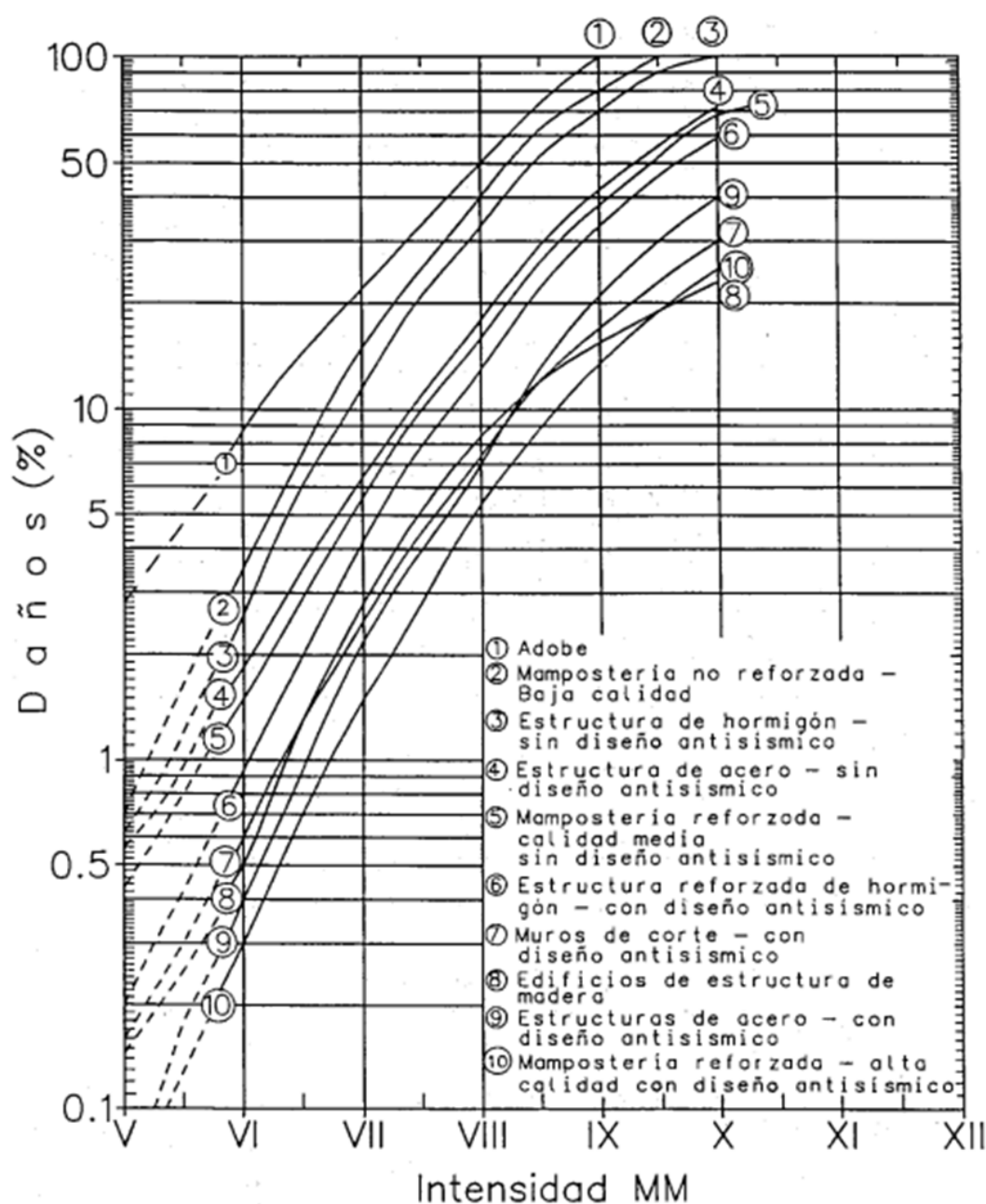


Figura 20. Tasas de daño promedio por sistema estructural (Shah & Sauter, 1978).

Por ejemplo, en la Figura 21 se observa una gran cantidad de edificaciones de adobe desplomadas con el sismo de Pisco del año 2007, el cual tuvo una magnitud de M8.0.



Figura 21. Viviendas de adobe desplomadas en el sismo de Pisco de 2007 (Peña, 2016).

Después de realizar la comparación pareada y determinar en qué medida un descriptor es más importante que otro, el resultado de la comparación entre pares se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores de ponderación de acuerdo con el estado de conservación.

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Peso ponderado	Vulnerabilidad
Acero, concreto armado	3.8	MUY BAJA
Madera	5.7	BAJA
Albañilería o mampostería	8.6	REGULAR
Estera, triplay o similares	33.8	ALTA
Adobe o tapia	48.2	MUY ALTA

4.5 Error estructural

Este parámetro es el más importante, ya que, en sismos pasados, las edificaciones con mayores daños fueron aquellas que presentaban errores en su estructura, es decir, presentaban problemas de columna corta, presencia de ladrillos pandereta en muros portantes en lugar de ladrillos macizos (King Kong), discontinuidad o ausencia de columnas, etc., solo por mencionar algunos de los errores estructurales más vistos, los cuales están detallados en las normas E.070 y E.030. Las edificaciones de

madera también cuentan con la normativa E.010; sin embargo, es común que estas viviendas sean prefabricadas, los cuales no cumplen con dicha normativa. Por último, las edificaciones de adobe ya son consideradas en la normativa E.080 desde 2020; no obstante, la mayoría de las viviendas de Huaraz son antiguas y han sido construidos sin cumplir algún tipo de normativa. En conclusión, a mayor cantidad de errores estructurales en la edificación, mayor será la vulnerabilidad.

Después de realizar la comparación pareada y determinar en qué medida un descriptor es más importante que otro un descriptor con respecto al otro, el resultado de la comparación entre pares se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Valores de ponderación de acuerdo con el error estructural.

ERROR ESTRUCTURAL	Peso ponderado	Vulnerabilidad
Construcción reforzada	3.5	MUY BAJA
Normal o no visible	6.8	BAJA
Errores considerables	13.4	REGULAR
Errores graves	26.0	ALTA
Errores muy graves	50.3	MUY ALTA

En las Figuras 22, 23 y 24 se observan los daños que ocasionan los sismos a aquellas edificaciones que presentan errores estructurales, como la ausencia de columnas, columnas cortas y piso blando.



Figura 22. Vivienda con ausencia de columnas de concreto (Kuroiwa, 2016).



Figura 23. Colegio con presencia de columna corta después del sismo de Nazca en 1996.



Figura 24. Error por piso blando después del sismo de México en 2017 (Pablo, 2017).

4.6 Número de pisos

A mayor número de pisos, mayor peso tienen que soportar los elementos estructurales de los primeros pisos (muros portantes, columnas y vigas); además, el suelo tiene una capacidad portante limitada. Asimismo, a mayor número de pisos, mayor es la dificultad para la evacuación en caso de un sismo. En conclusión, a mayor número de pisos, mayor será la vulnerabilidad.

Después de realizar la comparación pareada y determinar en qué medida un descriptor es más importante que otro, el resultado de la comparación entre pares se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Valores de ponderación de acuerdo con el número de pisos.

NÚMERO DE PISOS	Peso ponderado	Vulnerabilidad
1 piso	3.5	MUY BAJA
2 pisos	6.8	BAJA
3 pisos	13.4	REGULAR
4 pisos	26.0	ALTA
>5 pisos	50.3	MUY ALTA

4.7 Material de techo

El tipo de material utilizado en el techo de una construcción de albañilería es indicativo de la presencia o ausencia de una viga de amarre, pues su función es la de amarrar los muros de bloque de manera que trabajen frente a las cargas laterales que producen los sismos. La no existencia de estos hace que la edificación sea más vulnerable. Además, existen materiales de techo que son más susceptibles de colapsar debido a que no soportan grandes fuerzas externas y tienden a desplomarse, y dependiendo del material, algunos pueden herir de manera significativa a las personas (Figura 25). Por tanto, esta es una característica para tomar en cuenta en el análisis de la vulnerabilidad estructural.

Después de realizar la comparación pareada y determinar en qué medida un descriptor es más importante que otro, el resultado de la comparación entre pares se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Valores de ponderación de acuerdo con el material de techo (para edificaciones de albañilería).

MATERIAL DE TECHO	Peso ponderado	Vulnerabilidad
Aligerado	3.3	MUY BAJA
Madera, parabólico	8.1	BAJA
PVC, calamina, asbesto	16.1	REGULAR
Torta de barro o similar	23.8	ALTA
Estera, cartón, sin techo	48.7	MUY ALTA



Figura 25. Colapso del techo de material liviano; en contraste, el techo de madera no sufrió daños.

4.8 Estado de conservación del techo

Las precipitaciones, vientos huracanados, la antigüedad de las construcciones, los sismos pasados, la actividad antrópica, la humedad, etc., hacen que los techos sufran deterioros en su estructura y su resistencia, por lo que su estado de conservación influirá de manera determinante en su probable colapso. Después de realizar la comparación pareada y determinar en qué medida un descriptor es más importante que otro, el resultado de la comparación entre pares se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores de ponderación de acuerdo con la conservación del techo.

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE TECHO	Peso ponderado	Vulnerabilidad
Muy Bueno	3.5	MUY BAJA
Bueno	6.8	BAJA
Regular	13.4	REGULAR
Malo	26.0	ALTA
Muy Malo	50.3	MUY ALTA

4.9 Estratificación de rangos de la vulnerabilidad estructural

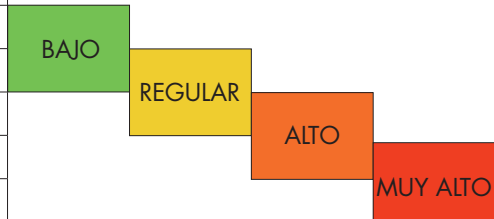
Para la determinación de los rangos de vulnerabilidad estructural por sismos, se procede a multiplicar el parámetro con su respectivo descriptor y, mediante la suma de cada resultado, se determinan los picos de cada nivel. Finalmente, entre rango y rango se determinan los cuatro niveles de vulnerabilidad: Muy Alto, Alto, Medio y Bajo, es decir, que, entre el nivel Muy Bajo y Bajo, la vulnerabilidad es "BAJA"; entre el nivel Bajo y Regular, la vulnerabilidad es "REGULAR"; entre el nivel Regular y Alto, la vulnerabilidad es "ALTA"; y entre el nivel Alto y Muy Alto, la vulnerabilidad es "MUY ALTA".

En la Tabla 11 se detallan las operaciones realizadas para la determinación de los rangos de vulnerabilidad estructural, para el caso de las edificaciones de albañilería.

Tabla 11. Determinación de rangos de la vulnerabilidad sísmica para las edificaciones de albañilería.

Error estructural		Material de construcción		Estado de conservación		Número de pisos		Material de techo	
PARAM	DESCRIP	PARAM	DESCRIP	PARAM	DESCRIP	PARAM	DESCRIP	PARAM	DESCRIP
0.397	0.035	0.274	0.038	0.127	0.035	0.127	0.035	0.049	0.033
0.397	0.068	0.274	0.056	0.127	0.068	0.127	0.068	0.049	0.081
0.397	0.134	0.274	0.086	0.127	0.134	0.127	0.134	0.049	0.161
0.397	0.260	0.274	0.338	0.127	0.260	0.127	0.260	0.049	0.238
0.397	0.503	0.274	0.482	0.127	0.503	0.127	0.503	0.049	0.487

Estado del techo		FRAGILIDAD	VULNERABILIDAD						
PARAM	DESCRIP								
0.026	0.035	0.036	MUY BAJO						
0.026	0.068	0.065	BAJO						
0.026	0.134	0.122	REGULAR						
0.026	0.260	0.280	ALTO						
0.026	0.503	0.496	MUY ALTO						



5. Evaluación del riesgo

El riesgo es el resultado de la interacción del peligro o exposición por la vulnerabilidad; por lo tanto, después de determinar los niveles de peligro y de vulnerabilidad, se determinará, mediante la matriz de riesgo, los niveles de riesgo sísmico en el área urbana de la ciudad de Huaraz (Tabla 12). Del mismo modo, para la determinación de la vulnerabilidad (exposición local y estructural), se hará uso de la misma matriz de riesgo.

Tabla 12. Matriz de riesgo (CENEPRED, 2016).

PMA	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO	RIESGO MUY ALTO
PA	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO
PM	RIESGO MEDIO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO
PB	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO
	VB	VM	VA	VMA

5.1 Vulnerabilidad por exposición local

Según los resultados obtenidos por Bernal et al. (2025) sobre la zonificación geofísica-geotecnia de la ciudad de Huaraz, existen hasta tres (3) tipos de suelos: zona con suelo tipo S1, que se interpreta como zona de vulnerabilidad por exposición local baja; zona con suelo de tipo S2, que se interpreta como zona de vulnerabilidad por exposición local media, y zona con suelo de tipo S4, que se interpreta como zona de vulnerabilidad por exposición local muy alta. En ciertos sectores se hallaron zonas de mayor amplificación, por lo que en el análisis se procede a calificarlo como a un nivel mayor en la vulnerabilidad por exposición local.

Luego de realizar la intersección de las áreas del mapa de zonificación con las áreas de los lotes, se han determinado los siguientes niveles de vulnerabilidad por exposición local (Tabla 13).

Tabla 13. Número y porcentaje de lotes con sus niveles de vulnerabilidad por exposición.

Nivel de vulnerabilidad por exposición local	Número de lotes	Porcentaje de lotes
BAJA	3695	48 %
MEDIA	2800	36.4 %
ALTA	480	6.2 %
MUY ALTA	718	9.4 %
Total general	7693	100 %

En la Figura 26, se observa el mapa de vulnerabilidad por exposición local de la ciudad de Huaraz. En este análisis, se destaca que 3695 de los lotes examinados, que representan el 48 % de la zona, poseen suelos rígidos, lo que sugiere que las edificaciones ubicadas en estas áreas experimentarían sacudimientos menores en caso de movimientos sísmicos. Por otro lado, 2800 lotes, equivalentes al 36.4 %, se sitúan sobre suelos semirrígidos, lo que anticipa una mayor intensidad de sacudimiento del suelo en estas edificaciones. En una menor proporción, 480 lotes, que representan un 9.4 % del total, se encuentran sobre suelos blandos, pero con una mayor amplificación de sacudimiento en caso de sismos. Por último, se identifican 718 lotes (9.4 %) que se ubican sobre suelos flexibles, lo cual indica que estas áreas podrían experimentar sacudimientos más significativos en caso de eventos sísmicos.

Estas cifras detalladas arrojan luz sobre los diversos niveles de exposición local a las vibraciones sísmicas del suelo en la ciudad de Huaraz.

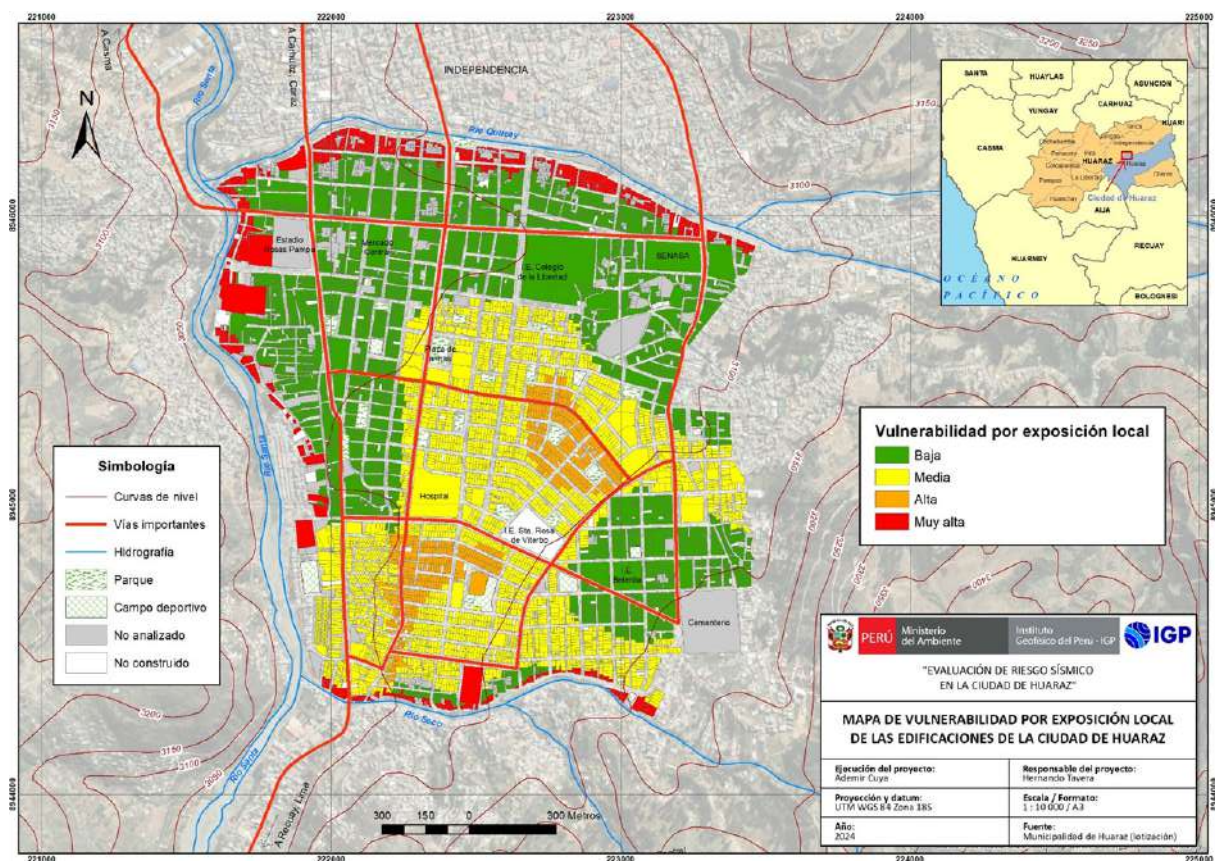


Figura 26. Mapa de vulnerabilidad por exposición sísmica de la ciudad de Huaraz.

5.2 Vulnerabilidad estructural

Para la determinación de la vulnerabilidad estructural, se han considerado seis parámetros que influyen en los daños ante la ocurrencia de un sismo. La vulnerabilidad estructural en la ciudad de Huaraz es predominantemente media (Tabla 14), seguida por una vulnerabilidad alta. Las zonas donde hay mayor predominio de edificaciones con una vulnerabilidad estructural alta y muy alta corresponden a la zona norte de la Zona Comercial

y a la zona sur de la ciudad, en los barrios de Challhua, Villón Bajo, Villón Alto, Pedregal Bajo, y parte del barrio de Rosas Pampa. Estos representan un nivel de porcentaje considerable en relación con la totalidad de lotes de la ciudad de Huaraz.

En la Figura 27, se observa además que la zona central de la ciudad de Huaraz, en los barrios de Huarupampa, San Francisco, Soledad Baja, Soledad Alta y Belén (zona central), predominan las edificaciones con una vulnerabilidad estructural media.

Tabla 14. Número y porcentaje de lotes con sus niveles de vulnerabilidad estructural.

Nivel de vulnerabilidad estructural	Número de lotes	Porcentaje de lotes
BAJO	155	2 %
MEDIO	4306	56 %
ALTO	2126	27.6 %
MUY ALTO	1106	14.4 %
Total general	7693	100 %

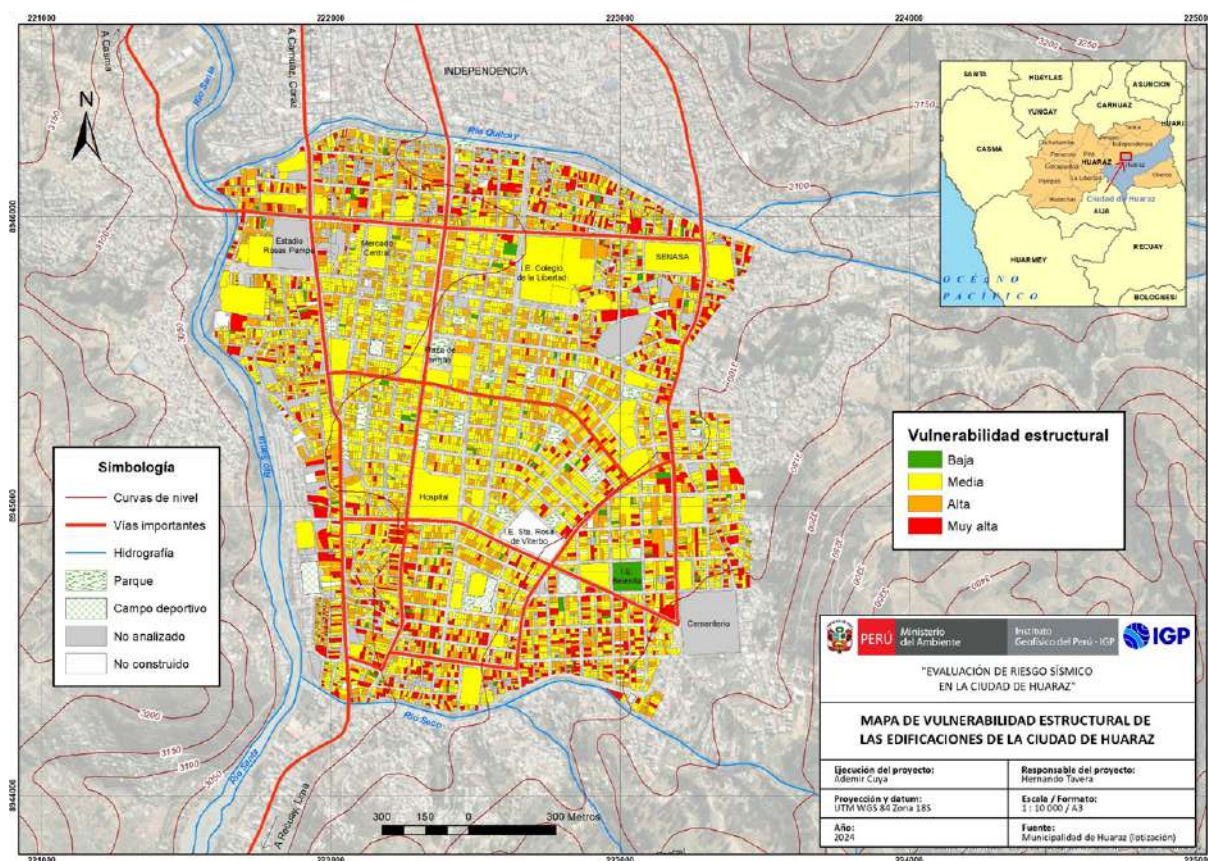


Figura 27. Mapa de vulnerabilidad estructural de la ciudad de Huaraz.

5.3 Vulnerabilidad total

De acuerdo con la matriz de riesgo, los resultados para determinar la vulnerabilidad total son los siguientes (Tabla 15):

Tabla 15. Número y porcentaje de lotes con sus niveles de vulnerabilidad final.

Nivel de vulnerabilidad	Número de lotes	Porcentaje de lotes
BAJO	75	1 %
MEDIO	4851	63.1 %
ALTO	2341	30.4 %
MUY ALTO	426	5.5 %
Total general	7693	100 %

De acuerdo con estos resultados, la vulnerabilidad sísmica para la ciudad de Huaraz se clasifica de la siguiente manera: 75 lotes presentan vulnerabilidad sísmica baja o sufrirán menores daños ante la ocurrencia de un sismo; 4851 lotes

tienen vulnerabilidad sísmica media; 2341 lotes tienen vulnerabilidad sísmica alta; y, por último, 426 lotes tienen vulnerabilidad sísmica muy alta, con la probabilidad de que colapsen total o parcialmente. Estas suposiciones dependerán de la magnitud del sismo a ocurrir, pero resulta ser un escenario importante para cualquier medida de prevención. En la Figura 28 se observa el mapa de vulnerabilidad sísmica para la ciudad de Huaraz.

5.4 Evaluación de riesgo sísmico

De acuerdo con la matriz de riesgo, los resultados para determinar la vulnerabilidad total son los siguientes (Tabla 15):

5.4.1 Escenario 1

Para este escenario, se considera la ocurrencia de un sismo de magnitud M8.0, con epicentro a una distancia epicentral de 30 km, al oeste de Chimbote, y una profundidad de 40 km (parámetros cercanos al sismo de 1970).

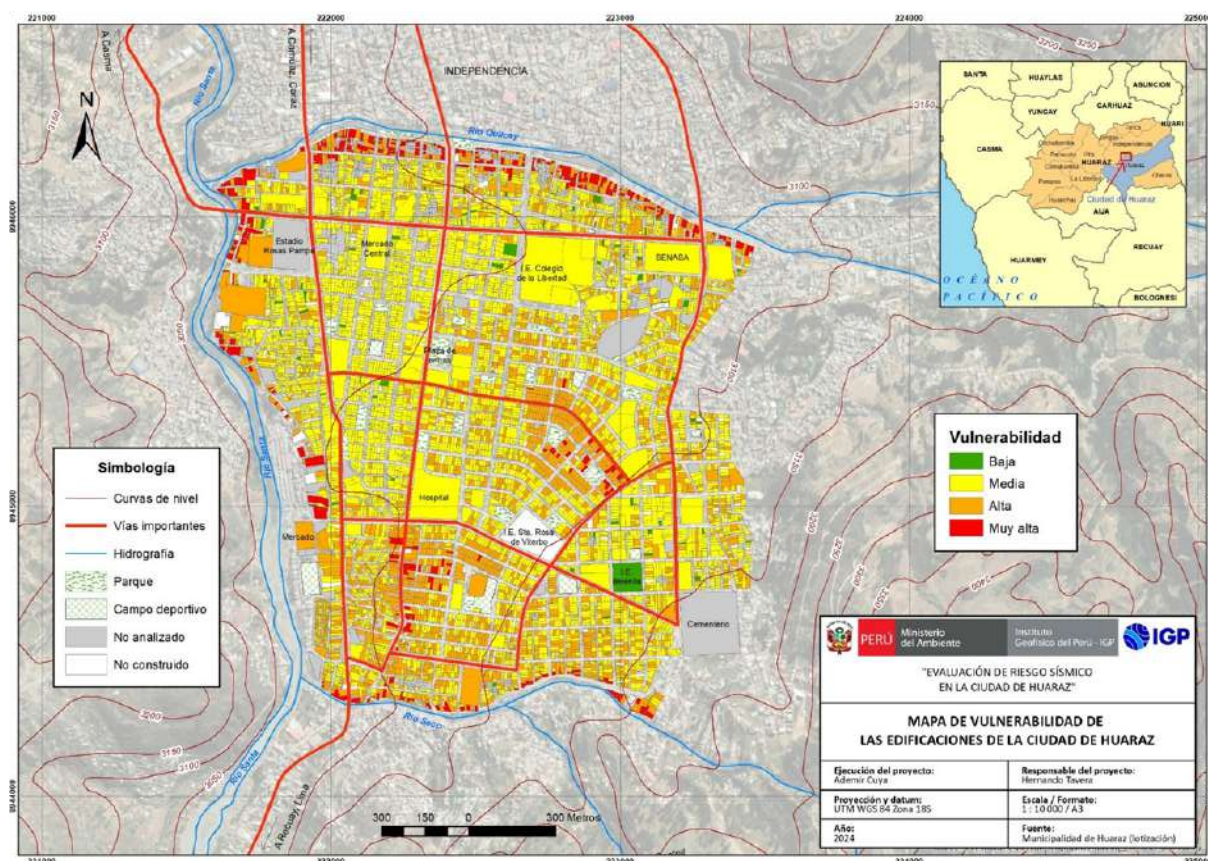


Figura 28. Mapa de vulnerabilidad de la ciudad de Huaraz.

En este escenario se considera al sismo como de peligro “ALTO”; por lo tanto, aplicando la matriz de riesgo, se obtienen los siguientes resultados (Tabla 16):

Tabla 16. Riesgo sísmico ante un sismo de magnitud M8.0.

Nivel de riesgo sísmico	Número de lotes	Porcentaje de lotes
MEDIO	75	1 %
ALTO	7192	93.5 %
MUY ALTO	426	5.5 %
Total general	7693	100 %

De acuerdo con este escenario, el riesgo sísmico para la ciudad de Huaraz sería el siguiente:

- 75 lotes se encuentran con riesgo sísmico medio; por lo tanto, ante la ocurrencia del sismo, serían afectados con daños estructurales, pero sin riesgo de colapso. La reparación tendría un costo considerable.
- 7192 lotes se encuentran con riesgo sísmico alto; por lo tanto, ante la ocurrencia del sismo, podrían presentar colapsos parciales o daños severos en la construcción. Su costo de reparación sería muy alto.
- 426 lotes se encuentran con riesgo sísmico muy alto; por lo tanto, ante la ocurrencia del sismo, probablemente colapsen o con resultados excepcionales.

En las Figuras 29 y 30 se muestran dos (2) de las edificaciones en riesgo de presentarse el escenario descrito. En la Figura 31 se presenta el mapa de riesgo sísmico para la ciudad de Huaraz.



Figura 29. Vivienda de adobe de tres pisos en el barrio Challhua.



Figura 30. Vivienda de adobe de dos niveles, común en las periferias de la ciudad de Huaraz.

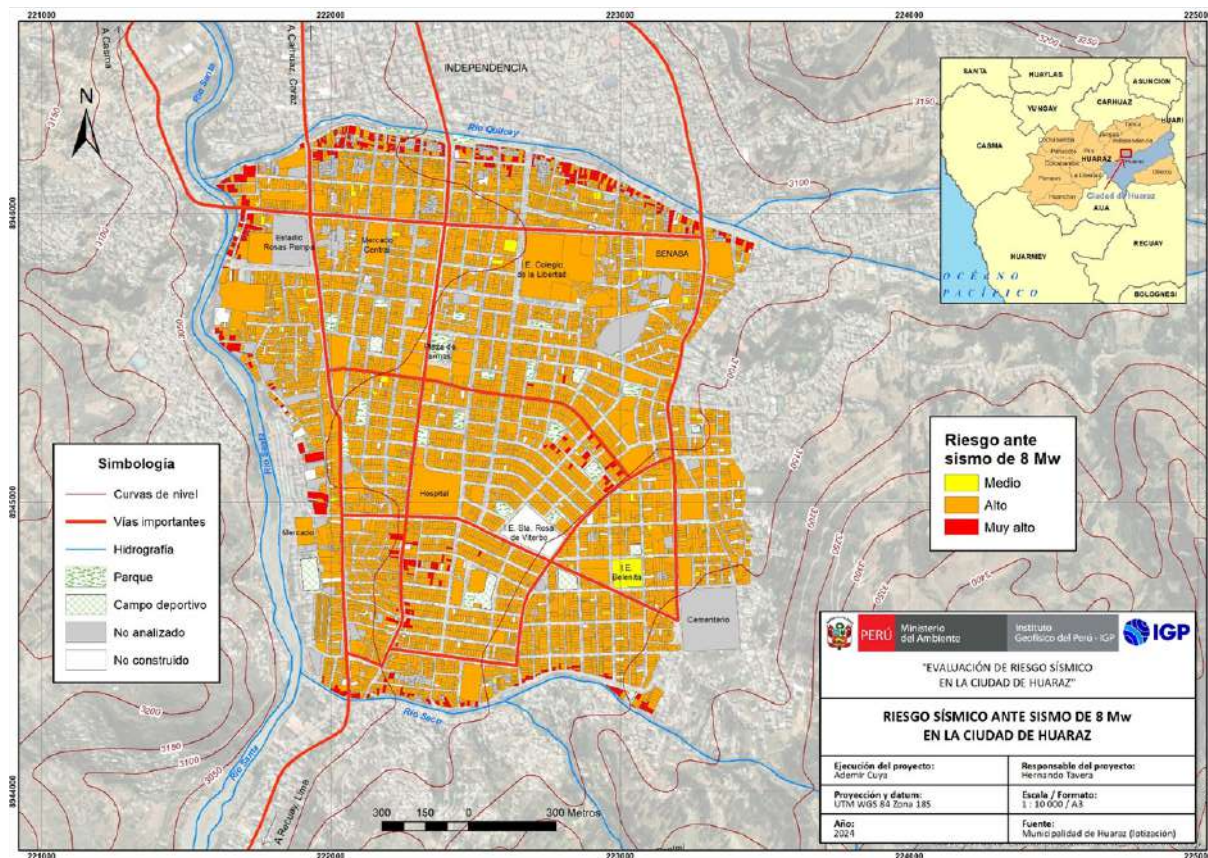


Figura 31. Riesgo sísmico ante un sismo de magnitud M8.0 en la ciudad de Huaraz.

5.4.2 Escenario 2

Para este escenario, se considerará un sismo de magnitud M6.5, con epicentro a 15 km al este de la ciudad de Huaraz y a una profundidad de 10 km (sismo con origen en la falla cordillera Blanca). De acuerdo con sus parámetros hipocentrales, este sismo es considerado como de peligro “MUY ALTO”; por lo tanto, aplicando la matriz de riesgo, se obtienen los siguientes valores (Tabla 17):

De acuerdo con este escenario, el riesgo sísmico para la ciudad de Huaraz se clasifica de la siguiente manera: 4926 lotes se encuentran con un riesgo sísmico alto y podrían presentar colapsos parciales o daños severos en su construcción; asimismo, 2767 lotes se encuentran con riesgo sísmico muy alto y, probablemente, colapsen. En ambos casos, es posible que existan casos excepcionales. En la Figura 32 se observa el mapa de riesgo sísmico ante un sismo de magnitud M6.5 para la ciudad de Huaraz, mientras que en las Figuras 33 y 34 se muestran edificaciones que probablemente colapsen en ambos escenarios.

Dados estos resultados, es importante revisar los niveles de riesgo sísmico de acuerdo con el tipo de edificación. En la Tabla 18 se observan los niveles de riesgo ante un sismo de M7.5 y, en la Tabla 19, ante un sismo de M8.5.

Tabla 17. Riesgo sísmico en la ciudad de Huaraz ante un sismo de magnitud M6.5.

Nivel de riesgo sísmico	Número de lotes	Porcentaje de lotes
ALTO	4926	64 %
MUY ALTO	2767	36 %
Total general	7693	100 %

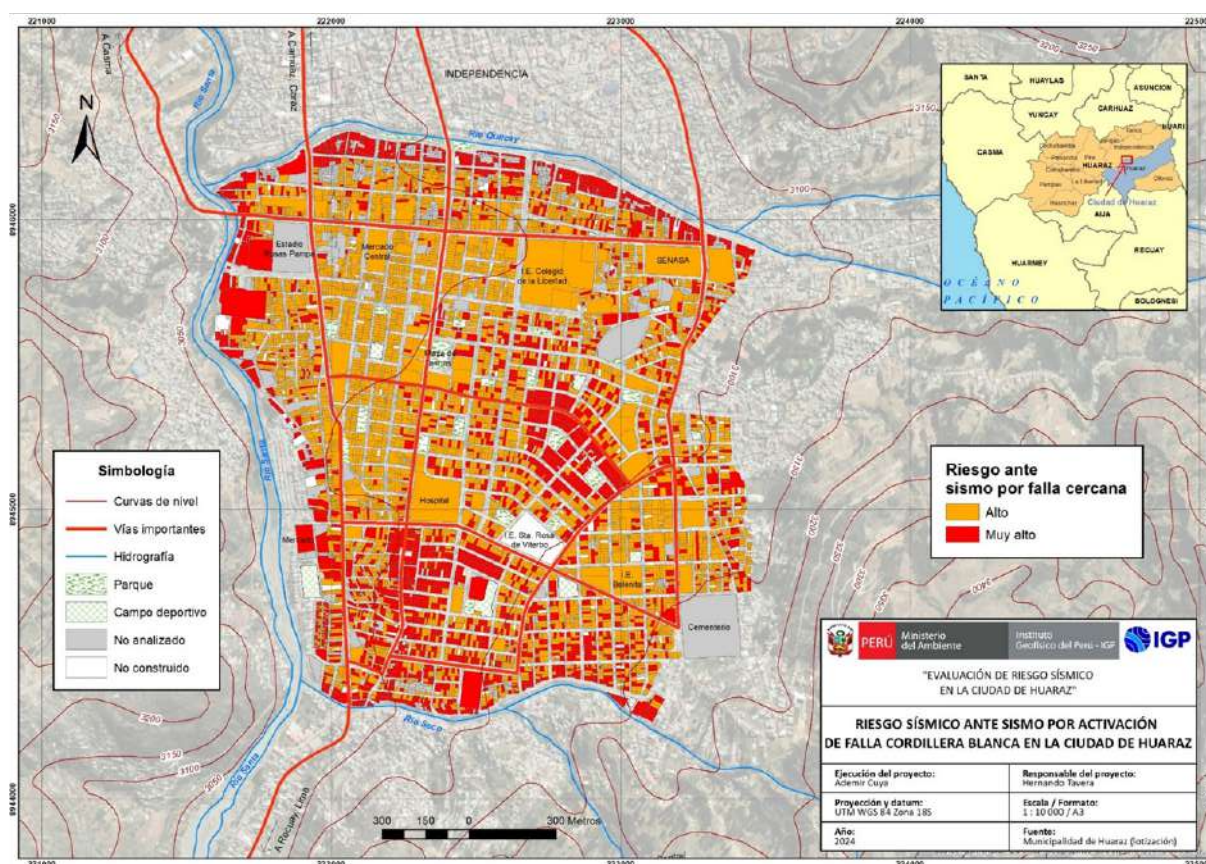


Figura 32. Riesgo sísmico ante un sismo de foco muy superficial y epicentro cercano en la ciudad de Huaraz.



Figura 33. Vivienda multifamiliar con discontinuidad de vigas y columnas (Google Street View).



Figura 34. Vivienda de cinco niveles con muros de ladrillo pandereta y sin arriestre (Google Street View).

Tabla 18. Nivel de riesgo sísmico por tipo de edificación ante sismo de M8.0.

Tipo de edificación	Medio	Alto	Muy alto	Total
Abandonado	1	20	2	23
Casa de campo	0	4	0	4
Vivienda	51	2638	248	2937
Vivienda multifamiliar	4	2806	88	2898
Otros de densidad baja	5	209	23	237
Otros de densidad media	3	493	11	507
Otros de densidad alta	7	889	49	945
Otros de densidad muy alta	3	124	3	130
Grifo o gas	1	9	2	12
Total general	75	7192	426	7693

Tabla 19. Nivel de riesgo sísmico por tipo de edificación ante sismo de foco muy superficial y epicentro cercano.

Tipo de edificación	Alto	Muy alto	Total
Abandonado	14	9	23
Casa de campo	2	2	4
Vivienda	1490	1447	2937
Vivienda multifamiliar	2095	803	2898
Otros de densidad baja	120	117	237
Otros de densidad media	370	137	507
Otros de densidad alta	714	231	945
Otros de densidad muy alta	111	19	130
Grifo o gas	10	2	12
Total general	4926	2767	7693

De acuerdo con estos escenarios, las edificaciones con mayor cantidad de personas y con mayor

riesgo sísmico son las que deben tener prioridad a la hora de tomar acciones de reducción del riesgo.

Conclusiones

- La ciudad de Huaraz se encuentra expuesta ante la ocurrencia de sismos de variada magnitud, con origen en el proceso de convergencia de placas o la reactivación de la falla de la cordillera Blanca. Los estudios de zonificación geofísica-geotécnica realizados por Bernal et al. (2025) para la ciudad de Huaraz identifican la presencia de tres tipos de suelos: suelos tipo S1 (rígidos), tipo S2 (semirrígido) y tipo S4 (muy blando). Adicionalmente, se tiene la presencia de zonas donde la amplificación de los suelos incrementa la vulnerabilidad urbana.
- De acuerdo con la clasificación de la vulnerabilidad por exposición local, las estructuras que se encuentran distribuidas sobre suelos de tipo S1 presentan vulnerabilidad baja; las estructuras asentadas sobre suelos tipo S2, vulnerabilidad media, y las estructuras sobre suelo tipo S4, vulnerabilidad muy alta.
- La vulnerabilidad estructural se evaluó utilizando el método AHP, el cual permite asignar un peso a cada característica que influye en la resistencia de una edificación. De todos los parámetros analizados, los que tienen mayor influencia en el resultado final son los errores estructurales (39.7 %) y el material de construcción (27.4 %). Esto significa que ambos factores son los que más determinan si una vivienda será más o menos vulnerable ante un sismo.
- El riesgo sísmico de la ciudad de Huaraz ante un sismo de M8.0, con epicentro frente a la costa de Chimbote (similar al ocurrido en 1970), indica que, de los 7693 lotes evaluados, 75 lotes se encuentran con un nivel de riesgo sísmico medio, es decir, podrían presentar daños que comprometerían a la estructura, pero sin riesgo de colapso. Asimismo, 426 lotes estarían con riesgo sísmico alto y podrían presentar colapsos parciales o daños severos en la construcción, dejando la edificación en condiciones de inhabitabilidad. Por último, 426 lotes presentan un nivel de riesgo sísmico muy alto, con una alta probabilidad de colapso total.
- El riesgo sísmico ante un sismo de magnitud M6.5, con foco superficial y epicentro cercano para la ciudad de Huaraz, indica que, de los 7693 lotes evaluados, 4926 se encuentran con riesgo sísmico alto y podrían presentar colapsos parciales o daños severos en la construcción. Asimismo, 2767 lotes presentan un nivel de riesgo sísmico muy alto, por lo que tendrían grandes probabilidades de colapsar de forma total.
- Estos resultados reflejan un escenario grave. Por ello, es recomendable tomar medidas estructurales y no estructurales para disminuir los impactos de un posible sismo de estas características.

Referencias●

- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). (2013). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales* (2.º ed.). Lima, Perú.
- Bernal, A., Gómez, R., & Salazar, L. (2025). *Caracterización geofísica-geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz*. Lima, Perú.
- Kuroiwa, J. (2016). *Manual para la reducción del riesgo sísmico de vivienda en el Perú*. Lima, Perú.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.
- Shah, H., & Sauter, F. (1978). *Estudio de seguro contra terremoto*. Instituto Nacional de Seguros.

Anexos



Edificación con regular estado de conservación de tres niveles, con presencia de columna discontinua y muro sin arriostre.



Edificación de tres niveles con presencia de voladizo y muros de ladrillo pandereta sin arriostre.



Edificación con voladizos de cinco niveles con múltiples muros sin arriostre utilizada para negocios y vivienda multifamiliar. Esta estructura es recurrente en la zona comercial.



Edificación con estado de conservación regular de cinco niveles, con columnas discontinuas y muros heterogéneos.



Edificación de nueve niveles con un ligero voladizo.



Edificación de estructura de madera.



Edificación con voladizos de cuatro niveles con múltiples muros de ladrillo pandereta sin arriostre.



Edificación de tres niveles con estado de conservación regular y una configuración irregular, sin arriostre de muros.



Edificación de dos niveles con presencia de piso débil.



Edificación con primer nivel de adobe y segundo nivel construido en albañilería de ladrillo.



Edificación de cuatro niveles con muy buen estado de conservación; no obstante, los muros portantes fueron cortados para el paso de tubería, quedando parcialmente sin arriostramiento.



Edificación de cinco niveles con múltiples voladizos, materiales heterogéneos y muros sin arriostre.



Edificación antigua de adobe de dos niveles, con el techo en mal estado de conservación.



Edificación de adobe de dos niveles en muy mal estado de conservación. El techo de calamina se encuentra igualmente en condiciones deficientes.

Información clave para ti

Puedes consultar, descargar y compartir desde el Repositorio Geofísico Nacional (REGEN) los diferentes **reportes**, **boletines** e **informes** que genera el IGP.

RECUERDA: La Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) se fundamenta en la investigación científica. El IGP es una entidad líder en la generación de conocimiento científico en el país.



REGEN



Sede central del Instituto Geofísico del Perú (IGP)

