

La vulnerabilidad física del empircado de viviendas en laderas urbanizadas. A. H. 31, Carabayllo, Lima

Paul Montes Neyra*

RESUMEN

Las viviendas en ladera en Lima, caracterizadas por la autoconstrucción, ocupan más del 30% del área urbana en una complicada topografía que genera alta vulnerabilidad. Estas presentan como componente común un empircado en las cimentaciones, que en muchos casos no es prioritario en la construcción e incrementa la vulnerabilidad física en términos de fragilidad y exposición. Se estudian las fases del empircado en relación con el crecimiento de la vivienda. De 15 viviendas estudiadas, se seleccionaron tres por su grado de pendiente, tipo de pirca y etapa de construcción. Esta evaluación se realiza mediante un método cualitativo (registro fotográfico, levantamiento planimétrico de las viviendas y entrevistas a vecinos), en el que se sistematizan las características físicas y temporales de la pirca con el nivel de vulnerabilidad de la vivienda autoconstruida. Se identifica que la pirca tiene mayor grado de incidencia en la vulnerabilidad en la etapa de cambio del material constructivo de la vivienda a albañilería confinada.

PALABRAS CLAVE

Ladera urbana, autoconstrucción progresiva, pircas, vulnerabilidad física.

* Estudiante de Arquitectura. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Pontificia Universidad Católica Del Perú.

Correo electrónico: paul.montes@pucp.pe

INTRODUCCIÓN

Desde hace unas décadas, el crecimiento urbano en Latinoamérica se desarrolla en los bordes de la ciudad, y, en el caso de Lima, en zonas de elevada pendiente y suelos delezna- bles, donde el crecimiento por autoconstruc- ción constituye el 30% del área urbana. Por lo general, la alta pendiente y suelos rocosos obligan a los pobladores de bajos recursos a requerir el uso de pircas, un muro construido con apilamiento de piedras de diversos ta- maños para estabilizar el terreno y conseguir mayor suelo plano, útil para la vivienda. Este término, que proviene del quechua, se refiere a un sistema prehispánico que ha resurgi- do entre la población actual para enfrentar el desafío de la pendiente (Vega Centeno, 1992, p. 174). Los nuevos pobladores que op- tan por asentarse en las laderas periurbanas carecen de servicios básicos (alcantarillado, agua potable o red eléctrica) y de un plantea- miento urbano que reduzca la vulnerabilidad ante peligros naturales como los corrimien- tos de tierra (huaicos).

Las pircas son los cimientos de la vivien- da en ladera, los cuales se construyen pro- gresivamente y de manera aleatoria, donde cada piedra se vincula con otra por medio de esfuerzos físicos de traba y fricción (Colas, Morel, & Garnier, 2008). Cuando este siste- ma constructivo no tiene la suficiente traba y fricción, tiende a ceder e incrementar la vul- nerabilidad de la vivienda. Mediante un aná- lisis de muestras representativas, con un en- foque cualitativo, se identifican tipologías de pircas, y características del emplazamiento y

daños presentados en la vivienda, para hallar la vulnerabilidad en diferentes etapas de la vivienda con pirca.

De un total de 15 viviendas registradas en el Asentamiento Humano 31 (figura 1), en Ca- rabayllo, al norte de Lima, se realiza la com- paración de tres casos seleccionados, según pendiente, suelo, tipo de pirca y etapas de la vivienda, con información levantada en campo¹ (registro fotográfico, entrevistas y levantamiento físico). Se analizan los nive- les de vulnerabilidad mediante la evaluación del pircado con las etapas de construcción de la vivienda. Asimismo, se identifica que el cambio de materiales de construcción en la vivienda y números de pisos aumenta la car- ga y, por ende, la fuerza ejercida a la pirca sin el refuerzo necesario, lo que incrementa la vulnerabilidad.

LA VULNERABILIDAD EN LAS LADERAS URBANIZADAS

Cenepred (2015, p. 121) define la “vulnerabi- lidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconó- micas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza”. El Planagerd (Sinagerd, 2014, p. 11) identifica que la vulnerabilidad física se com- pone de la exposición, fragilidad y baja resilien- cia, los cuales son necesarios para determinar el nivel de vulnerabilidad de una población ante un fenómeno natural (tabla 1). Para este análi- sis, se desarrolla la vulnerabilidad física, que tiene relación directa con los daños producidos en la vivienda al asentarse en laderas, conside- rando las pendientes y el tipo de suelo.

¹ El trabajo de campo se realizó en el marco de la investigación con el Grupo de Gestión de Riesgos de Desastres en Infraestructura Social y Vivienda de Bajo Costo (Gerdis) (Con- venio 109-2017-Fondecyt), financiado por la Pontificia Universidad Católica del Perú y el Concytec.



Figura 1. Vista desde el A. H. 31. Fotografía del autor, 2017.



Figura 2. Vista desde el A. H. 31. Fotografía del autor, 2017.

Laderas, pendientes y tipos de suelos

La ubicación de los asentamientos humanos en zonas de riesgo y sus deficiencias estructurales para reducir los efectos de estos riesgos influyen directamente en la vulnerabilidad (Wilches-Chaux, 1993). Para Cardona (1993), el suelo tiene vital importancia en la cimentación, pues este también oscila con sus propias frecuencias y transmite las fuerzas sísmicas a las estructuras. A esto se suma que el suelo ejerce continuamente un empuje lateral en la vivienda (Desco, 2005), y por ello el grado de pendiente influye de manera importante en la vulnerabilidad, ya que las cargas en una pendiente fuerte están asociadas a mayor vulnerabilidad (figura 3).

Por lo general, la ocupación de viviendas se da en contra de la pendiente. Esto traería un beneficio a los accesos y, a la larga, a la distribución de servicios básicos, al tener la cota un mayor número de viviendas emplazadas. Sin embargo, esto requiere mayor uso de relleno en la cimentación y mayor altura de

pirca, lo que podría incrementar los niveles de vulnerabilidad.

Según Cardona (1993), los suelos más propensos al riesgo sísmico son aquellos con potencial licuación, arenas secas colapsables, terrenos en ladera, rellenos homogéneos y suelos bajos inundables. Los terrenos en pendiente y los rellenos no homogéneos dependen de una intervención adecuada, pues las infraestructuras y edificaciones que rompen el equilibrio natural de la montaña provocan deslizamientos que generan amenazas (López, 2003). Las laderas urbanizadas en la periferia de Lima se caracterizan por ser suelo rocoso con desprendimiento de rocas, al ser estas intemperizadas (figura 5).

Por otro lado, los grados de daños estructurales (tabla 2) están directamente relacionados con la cimentación en laderas, debido a que esta “recibe la carga lateral del cerro que empujará los muros de la vivienda en dirección de la pendiente natural que esta posee” (Desco, 2005, p. 19).

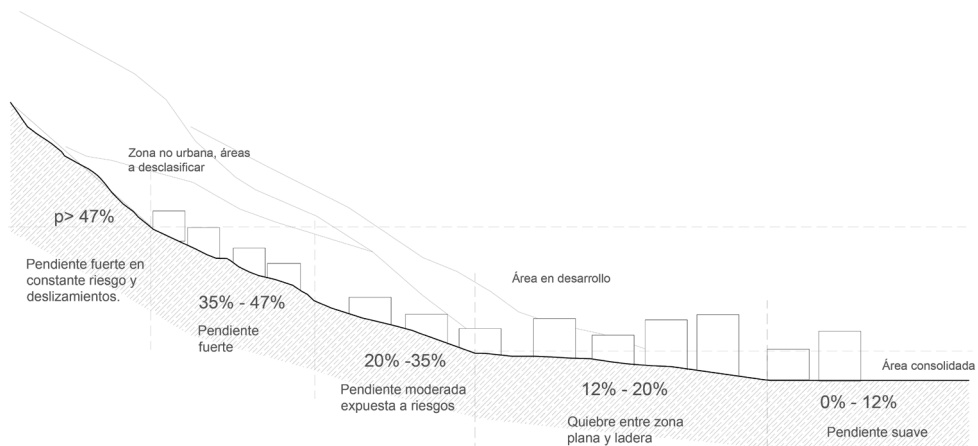


Figura 3. Pendientes y habitabilidad. Elaboración propia según Gálvez, Muñoz y Rodríguez (2014).

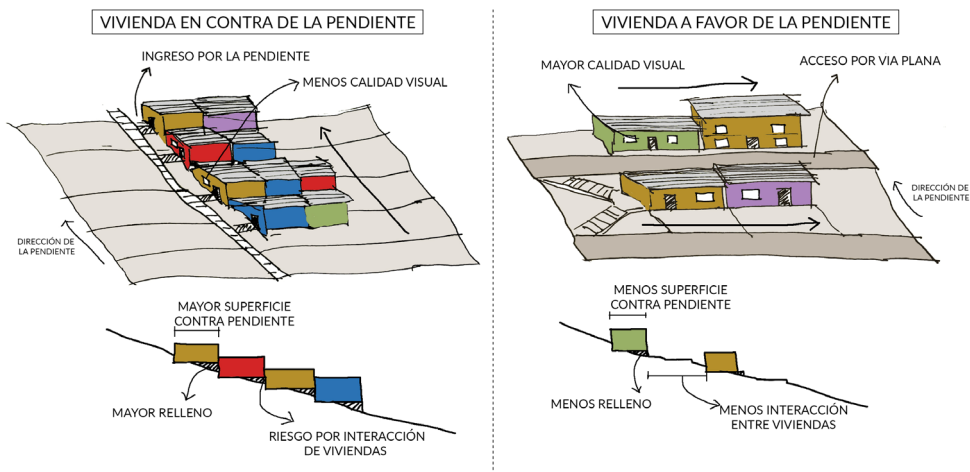


Figura 4. Disposición de la vivienda en ladera. Elaboración propia según López y López (2004).



Figura 5. Ladera de tipo rocosa con desprendimientos de roca. Fotografía del autor, 2017.

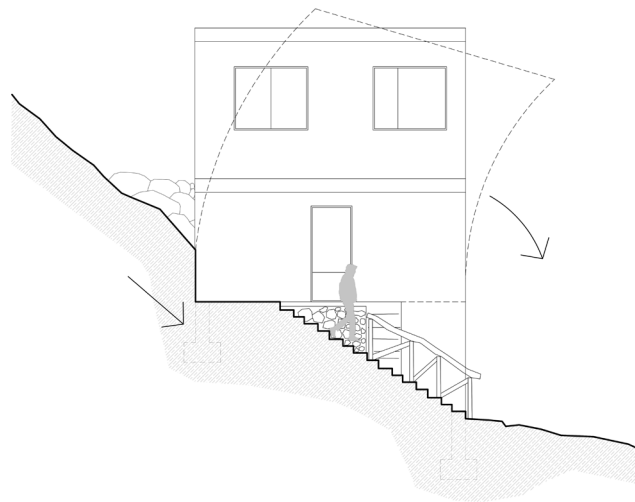


Figura 6. Estructura afectada por la carga lateral del cerro y su propio peso. Fuente: elaboración propia según Desco (2005) y MML (2013).

EXPOSICIÓN	“La Exposición está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro”.
FRAGILIDAD	“La Fragilidad está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad”.
BAJA RESILIENCIA	“Está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro”.

Tabla 1. Componentes de vulnerabilidad física según el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Fuente: Cenepred (2015, p. 122).

Grado 1	Sin daño estructural Posible presencia de pequeños daños en componentes no estructurales.
Grado 2	Daño leve Presencia de pocas, localizadas y muy pequeñas grietas en elementos estructurales. Grietas en elementos no estructurales, separación entre la tabiquería y los elementos.
Grado 3	Daño moderado Grietas evidentes en elementos estructurales con pérdida de recubrimiento en algunos casos. La tabiquería exhibe grandes grietas diagonales y horizontales.
Grado 4	Daño severo Falla localizada de algunos elementos estructurales o sus conexiones sin pérdida de la estabilidad vertical del sistema. La mayoría de las tabiquerías presentan grandes grietas.
Grado 5	Daño completo Desplazamiento lateral excesivo. Pérdida de la estabilidad vertical. Representa el colapso parcial o total de la edificación.

Tabla 2. Grados de daño en la estructura del concreto armado y tabiquería. Fuente: daños sísmicos en construcciones y su clasificación según FEMA-NIBS (2009).

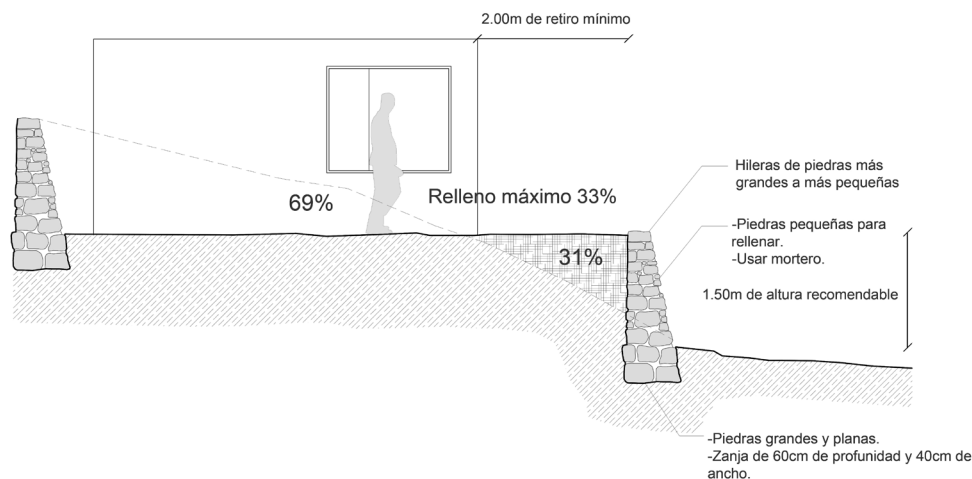


Figura 7. Recomendaciones para el pircado. Elaboración propia según Cenca (s. f.), MML (2013).

EL SISTEMA DE PIRCAS DE LA VIVIENDA EN LADERAS

El proceso de empircado comienza con la habilitación, extracción y selección de piedras, que se acumulan y ordenan. Asimismo, las rocas sueltas sobrantes de las excavaciones sirven para aplanar el terreno (Gálvez *et al.*, 2014). Cabe resaltar que existe mucha informalidad en esta práctica, la cual depende de la capacidad y experiencia del maestro que escoge las piedras grandes y separa las pequeñas como cuña. Esta acción se prolonga hasta la consolidación de la vivienda y es recomendable solo para viviendas básicas y provisionales (MML, 2013). En el sistema de pircas, se destacan dos componentes: la tipología de pircas y el tipo de asentamiento del suelo. Por un lado, una pircas simple de 1 metro, 1,5 metros o 2 metros, frente a un sismo simple con un periodo de retorno de 43 años, sufriría daños severos. Por otro lado, frente a un sismo ocasional, con un periodo de retorno de 72 años, solo la pircas de 1,5 metros tendría daños importantes, y las otras dos terminarían en colapso (Zanelli *et al.*, 2018). La MML (2013) sugiere requerimientos mínimos de construcción de una pircas de piedra (figura 7): para pircas de menos de 1 metro de alto, se recomienda un chicoteo con cemento, cal y arena; y las pircas de más de 1 metro de altura deberían llevar un muro de contención.

Se reconocieron cuatro variantes en la cimentación (figura 8): (1) pircas, muro de piedras apiladas sin mortero; (2) pircas con mortero, cuando se le aplica un chicoteo con cemento, cal y arena; (3) pircas reforzadas, cuando está confinada entre columnas; (4) muro de concreto, el cual se construye delante de la pircas, que es reemplazada.

Los estudios actuales se concentran en analizar la pircas de manera estática y brindan recomendaciones que en pocos casos se cumplen y que no toman en cuenta el proceso de construcción de la vivienda, donde las cargas se incrementan y cambian. Por ello, se busca relacionar las características del emplazamiento y de las pircas con la fragilidad en la vivienda, con el objeto de evaluar las tipologías de viviendas en ladera y el tipo de pircas usada. Para identificar el nivel de vulnerabilidad, con base en estudios existentes, se sistematizan los parámetros (tabla 3) de emplazamiento, tipo de pircas (por altura, recubrimiento, forma y apilamiento), características de la vivienda y daños en la vivienda (fragilidad), y se genera un diagnóstico de lo existente que permite una clasificación. Esta clasificación deberá ser discutida con expertos y actores locales para elaborar una ponderación (índices) y con ello definir recomendaciones necesarias.

ANÁLISIS DE CASOS TÍPICOS

El Asentamiento Humano 31 tiene menos de 20 años, y en las zonas de cota más alta se ubican las viviendas recientes con mayor uso de pircas, en contra de la pendiente (figuras 1 y 2). El estudio de 15 viviendas de ocupación reciente en ladera comprende una representación típica de las viviendas más vulnerables del A. H. 31, por el tipo de pircas usada, la pendiente, el material y el número de pisos. Se procuró abordar de manera equitativa los diversos tipos de vivienda con pircas y mostrar su vulnerabilidad con respecto a distintas características de emplazamiento o edificación (tabla 4, figura 9). Se seleccionaron tres de ellas (tabla 4, figura 9), las cuales

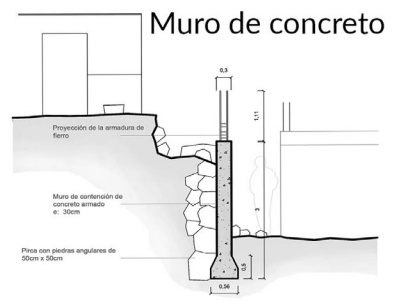
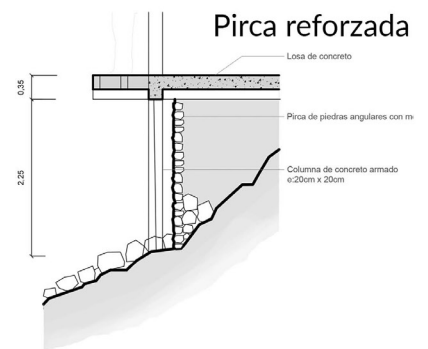
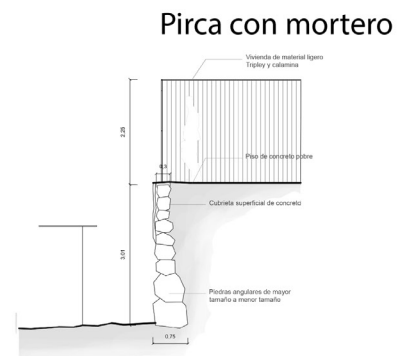
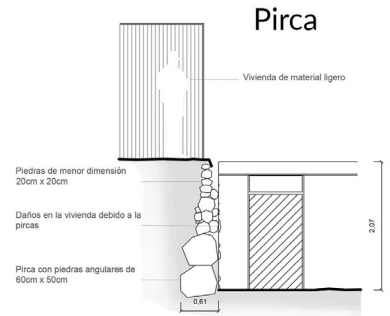


Figura 8. Tipologías de cimentación. Elaboración propia, 2017.

Variables	Parámetros		Muy alta	Alta	Moderada	Baja
Características del emplazamiento Gálvez et al. (2014) MML (2013)	Pendiente admisible	p > 47%				
		35% - 47%				
		20% - 35%				
		12% - 20%				
	Relleno admisible	60% a más				
		33% a 60%				
		15% a 33%				
		0% a 15%				
Características del pircado MML (2013)	Altura	3,0 m a más				
		1,5-3,0 m				
		0-1,5 m				
	Apilamiento	Apilamiento de menor a mayor				
		Apilamiento heterogéneo				
		Apilamiento de mayor a menor				
	Tipo de cimentación	Pirca				
		Pirca con mortero				
Pirca reforzada						
Muro de concreto						
Vivienda	1 piso	Ligero-precario				
		Muros de mampostería con o sin confinar con techo ligero				
		Muros de mampostería confinada y techo de concreto				
	2 pisos	Muros de mampostería confinada y techo de concreto				
	3 pisos	Muros de mampostería confinada y techo de concreto				
Daños previos FEMA-NIBS (2009)	Grado 1: Posible presencia de pequeños daños en componentes no estructurales					
	Grado 2: Presencia de pocas, localizadas y muy pequeñas grietas en elementos estructurales. Grietas en elementos no estructurales, separación entre la tabiquería y los elementos					
	Grado 3: Grietas evidentes en elementos estructurales con pérdida de recubrimiento en algunos casos. La tabiquería exhibe grandes grietas diagonales y horizontales					
	Grado 4: Falla localizada de algunos elementos estructurales o sus conexiones sin pérdida de la estabilidad vertical del sistema. La mayoría de las tabiquerías presentan grandes grietas					
	Grado 5: Desplazamiento lateral excesivo. Pérdida de la estabilidad vertical. Representa el colapso parcial o total de la edificación					

Tabla 3. Parámetros para identificar las características del emplazamiento, tipo de pircas y fragilidad de la vivienda. Elaboración propia, 2017.















CASA		TIPO DE PIRCA				
Material	N.º de pisos	N.º	Pirca	Pirca con mortero	Pirca + encofrado	Muro de concreto
Ligero-precario	1 PISO	C1				
		C2				
		C3				
		C4				
Muros de mampostería con o sin confinar con techo ligero	1 PISO	C5				
		C6				
		C7				
		C8				
Muros de mampostería confinada y techo de concreto	2 PISOS	C9				
		C10				
		C11				
		C12				
Muros de mampostería confinada y techo de concreto	3 PISOS	C13				
		C14				
		C15				

Tabla 4. Características físicas del estudio de 15 viviendas. Elaboración propia, 2017. Nota. Las casillas en amarillo son los tres casos presentados en este artículo.

presentan variables extremas, como el uso de pirca simple, el alto grado de pendiente y el número de pisos, que ocasionan distintos niveles de fragilidad.

CASOS SELECCIONADOS DE VIVIENDA CON PIRCA

Los tres casos tienen una etapa diferente de ampliación de la vivienda, y cimentación de pirca con relleno y excavación (tabla 4 y figura 9). Estos se analizaron según las características de emplazamiento (pendiente y relleno del terreno); según los tipos de pircas (altura, forma, apilamiento y recubrimiento); y según los daños en la vivienda (observación de fisuras en muros y pisos). El tiempo que tiene la vivienda construida es una de las características que influye en la variación de cargas, pues, a mayor tiempo, mayor exposición a las cargas laterales de la ladera.

Casa 7. La vivienda es habitada por una familia de tres personas, y son representantes del barrio. La vivienda tiene tres años de construida y está en proceso de consolidación del primer nivel, pero conservando los cimientos de pirca de la vivienda temprana.



Número de pisos	1
Tiempo de construida	3 años
% de albañilería confinada	70%
Tipo de pirca	1

Casa 8. La vivienda está habitada por tres personas y, a los cinco meses de ocupación, realizaron el cambio de material a albañilería confinada.

En esta incluyeron un muro de concreto con el que reforzaban la pirca previamente construida.



Número de pisos	1
Tiempo de construida	1 año
% de albañilería confinada	70%
Tipo de pirca	4

Casa 15. En este caso, la vivienda es habitada por dos grupos de familias de más ingresos económicos, las cuales conservaron el trazado de la vivienda original y construyeron una de tres niveles, de albañilería confinada. Pese a ser una vivienda nueva, presenta daños en distintos grados; y, pese al problema, se tiene planificado edificar un nivel más.



Número de pisos	3
Tiempo de construida	10 meses
% de albañilería confinada	100%
Tipo de pirca	4

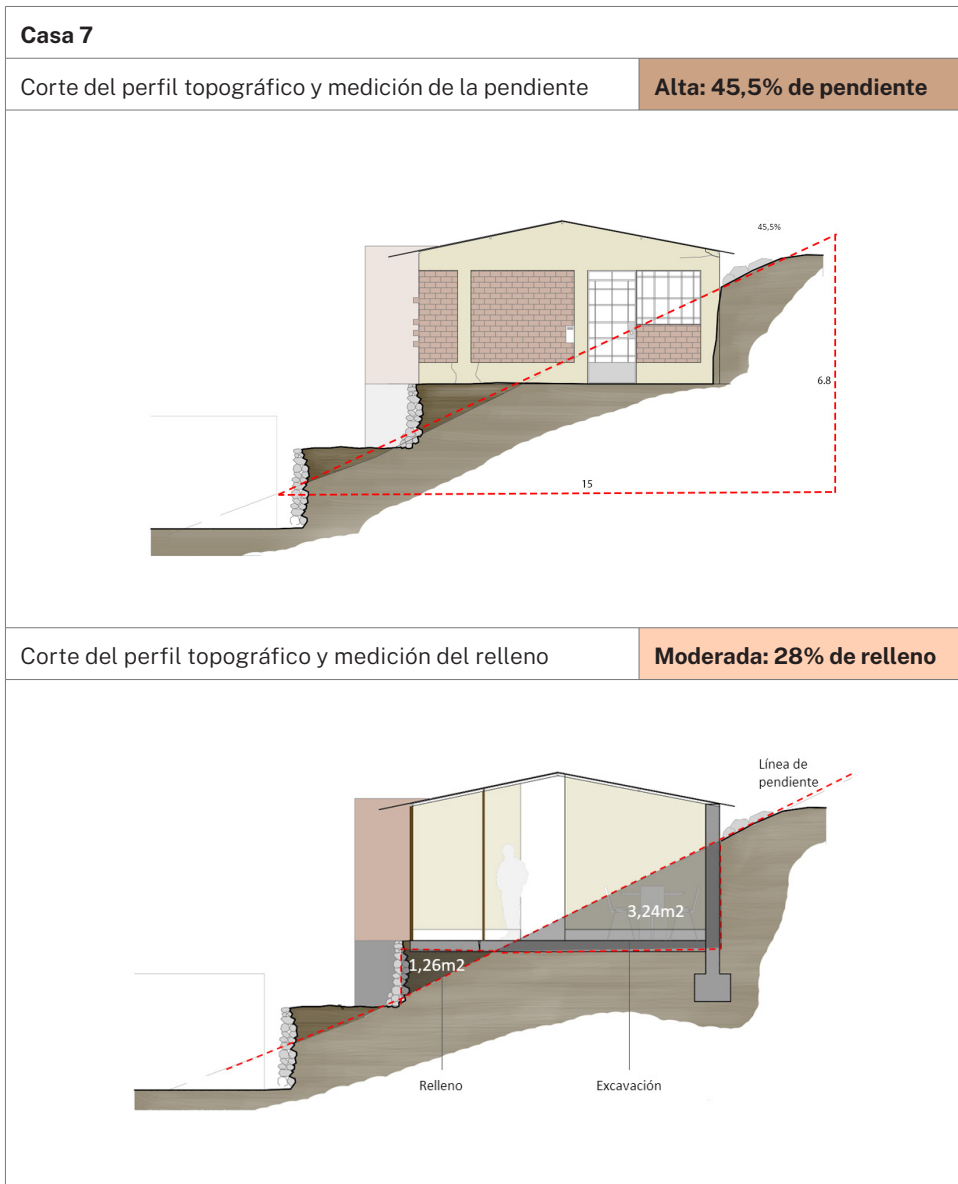


Figura 9. Corte del perfil topográfico y mediciones de pendiente y relleno para el emplazamiento. Elaboración propia, 2017.

ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE EMPLAZAMIENTO, POR PENDIENTE Y RELLENO DEL TERRENO

Los tres casos se encuentran sobre un porcentaje de pendiente grave, pero solo la casa 7 esta dentro de los valores admisibles de relleno de cemento, lo cual indicaría que tiene mejor emplazamiento en la ladera.

De acuerdo con la sección topográfica, en la casa 7, la pendiente es del 45,5%, la cual corresponde al nivel grave (del 35 al 47%). Asimismo, el relleno de terreno para el emplazamiento de la vivienda es del 28%; por lo tanto, la excavación realizada es del 72%, lo que corresponde al nivel de moderado, que va del 15 al 30% (figura 9).

De acuerdo con la sección topográfica, en la casa 8, la pendiente supera el 47%,

lo que corresponde al grado muy grave ($p > 47\%$). Además, el relleno de terreno para el emplazamiento de la vivienda es del 46%, y una excavación del 54%, una condición grave según los parámetros del relleno (del 33 al 60%) (figura 10).

De acuerdo con la sección topográfica, en la casa 15, la pendiente es del 57% a más, lo que supera el grado muy grave ($p > 47\%$). Y el relleno de terreno para el emplazamiento de la vivienda es del 94%, con una excavación del 6%. Esa condición supera ampliamente los parámetros de muy grave (del 15 al 33%) (figura 11), sin embargo, al ser muro de contención de concreto, la vulnerabilidad es reducida, por lo que se considera de un nivel moderado.

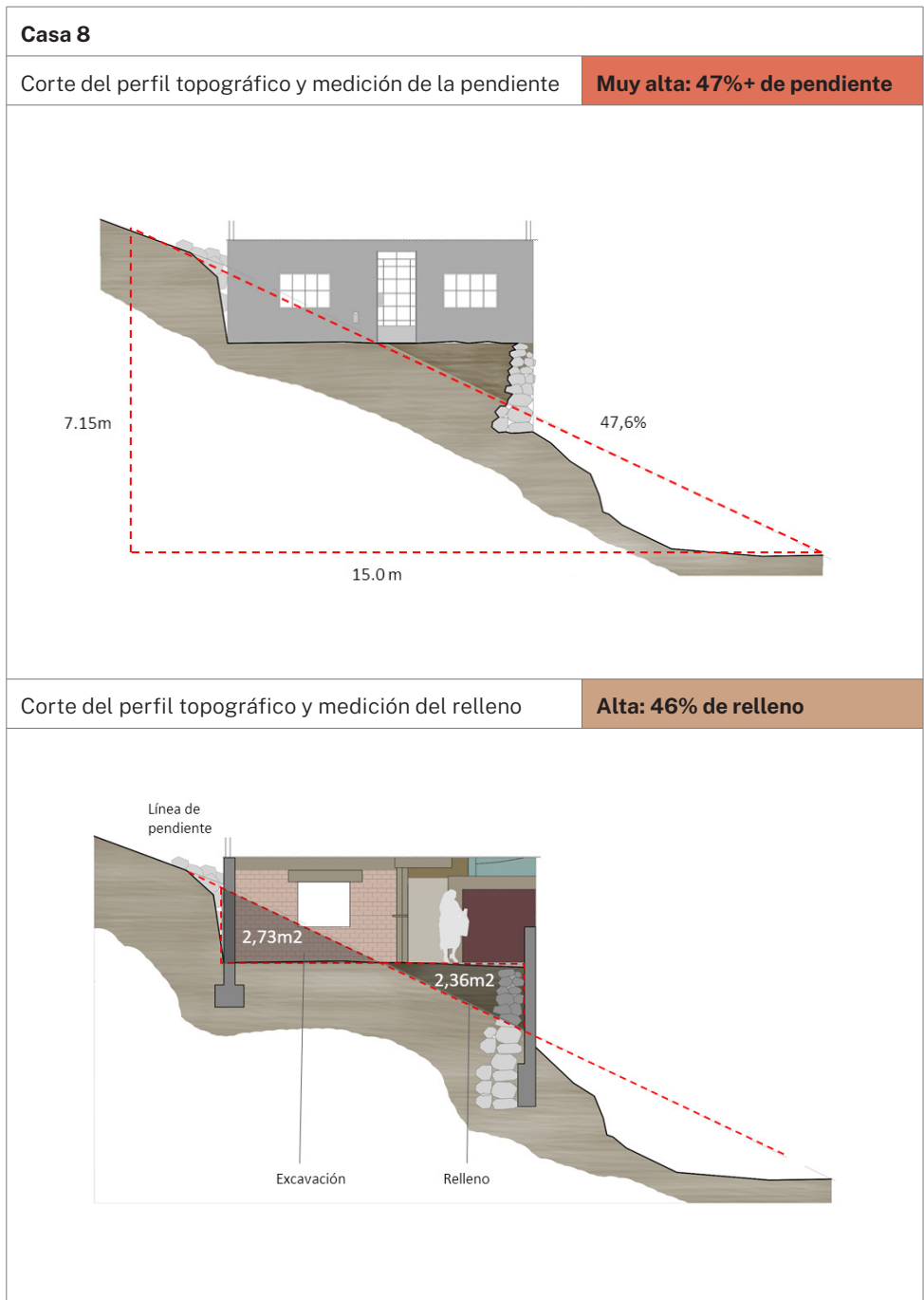


Figura 10. Corte del perfil topográfico y mediciones de pendiente y relleno para el emplazamiento. Elaboración propia, 2017.

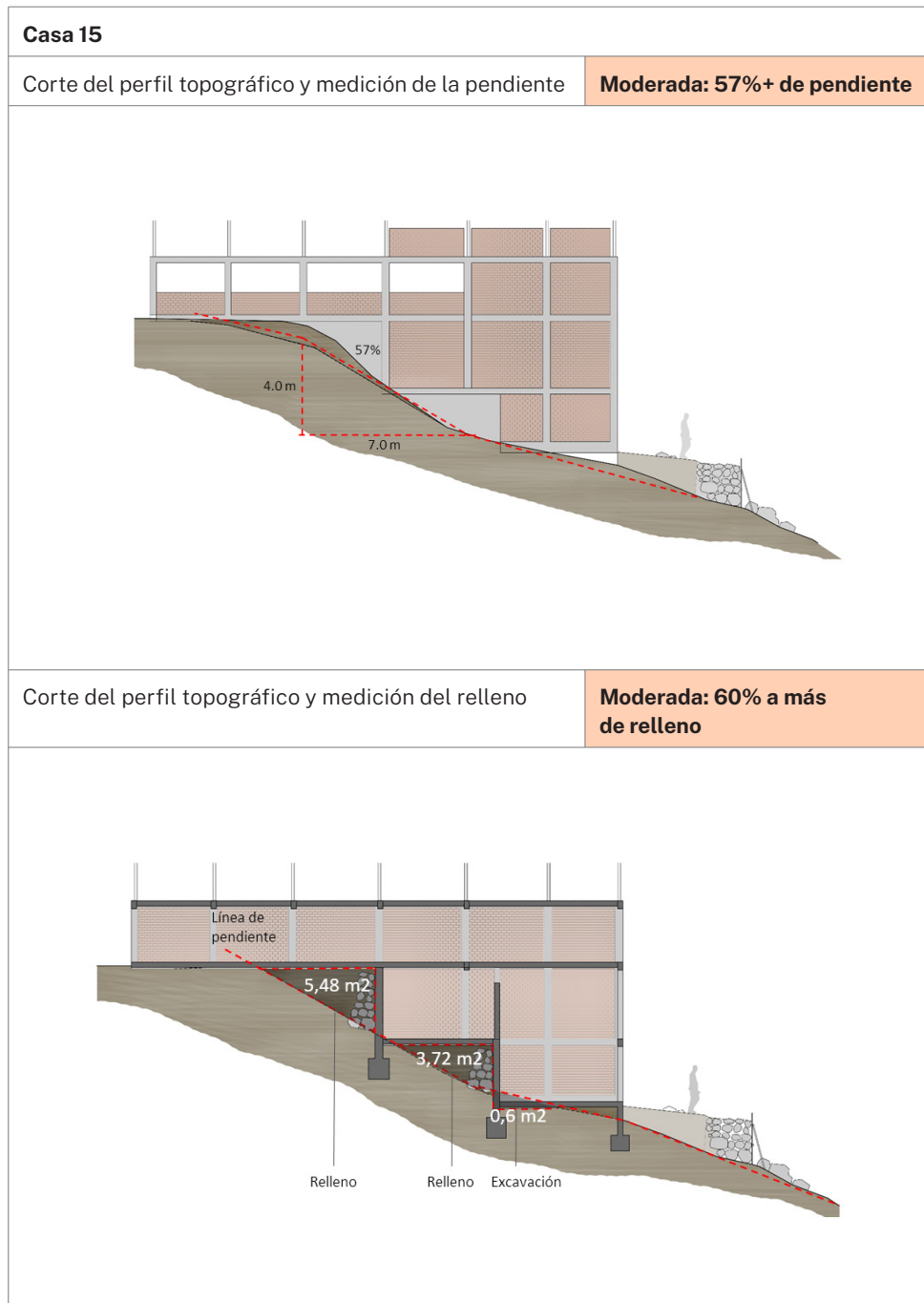


Figura 11. Corte del perfil topográfico y mediciones de pendiente y relleno para el emplazamiento. Elaboración propia, 2017.

ANÁLISIS DE LOS TIPOS DE PIRCAS SEGÚN ALTURA, FORMA, APILAMIENTO Y RECUBRIMIENTO

El análisis hecho en campo muestra que la casa 7, pese a ser de un piso y de baja altura de pirca, sería la más expuesta a deslizamientos debido a que la forma y el tipo de recubrimiento serían los menos recomendados. Por otro lado, la casa 8, pese a tener gran altura de pirca, está reforzada por un muro posterior (figura 13) que, a diferencia de la casa 7, estabiliza mejor el suelo. En la casa 15, el muro de contención posterior a la pirca mide 2,40 m (figura 12) y soporta un relleno de más del 90%, lo cual sugiere que el empuje puede generar inestabilidad.

La altura de pircas (figura 12) es de moderada a grave. En la casa 7, se observa que la altura es de 1,20 m, con pircado simple y una vivienda liviana. En la casa 15, la altura de la pirca con muro es de 1,80 m, que soporta una vivienda de materiales livianos. Y en la casa 8, la altura de la pirca con muro es de 2,40 m, que corresponde a un nivel grave, lo que se agrava con el peso de la edificación de 5,30 m de altura sobre esta.

El recubrimiento de los tres casos (figura 13) varía entre muy grave y leve. En la casa 7, la pirca no presenta recubrimiento ni mortero, por lo que está expuesta a desprendimientos de rocas y a filtraciones. En la casa 8, la pirca presentó cambios posteriores a su construcción, priorizando el muro de contención antes de pasar a una vivienda totalmente de albañilería. En la casa 15, los habitantes, al tener más ingresos económicos, construyeron un muro de contención posterior a la pirca base, que usaron para levantar tres pisos.

El tipo de apilamiento es por lo general heterogéneo (figura 14), pero existen algunas variantes. En la casa 7, el apilamiento de las rocas es heterogéneo, pues estas miden 40 cm x 40 cm en la base, y 60 cm x 60 cm en la parte media, lo cual no es óptimo para soportar el relleno. En la casa 8, la pirca presentó cambios posteriores a su construcción, por lo que ahora cuenta con un muro de concreto armado que la recubre. Si bien la pirca interior no es visible, se puede deducir que es igual a la parte de pirca que no se llegó a cubrir (figura 14).


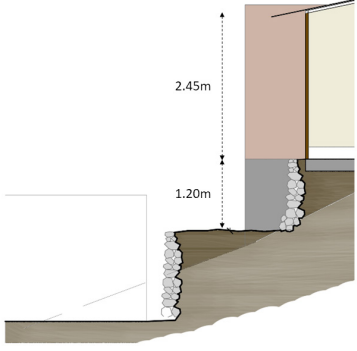

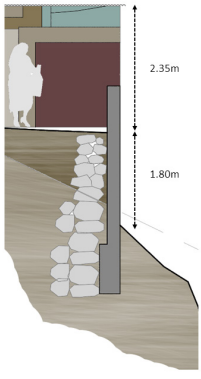
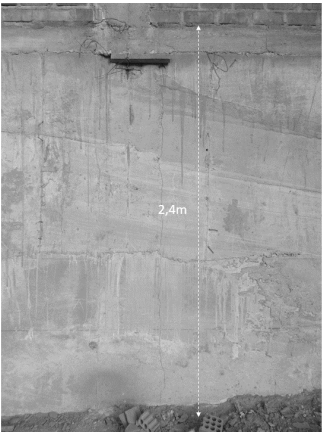
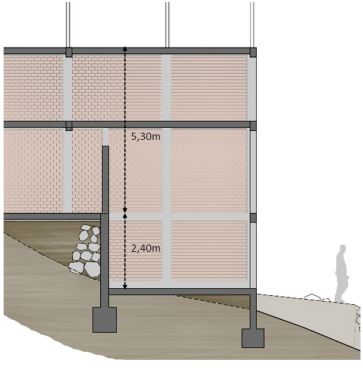
Altura de la pirca	
<p>Casa 7</p> 	<p>Moderada, h: 1,20 m. Pirca sin mortero</p> 
<p>Casa 8</p> 	<p>Baja h: 1,80 m. Es muro de concreto</p> 
<p>Casa 15</p> 	<p>Baja h: 2,40 m. Es muro de concreto</p> 

Figura 12. Secciones de la altura de la pirca en los tres casos. Elaboración propia, 2017.


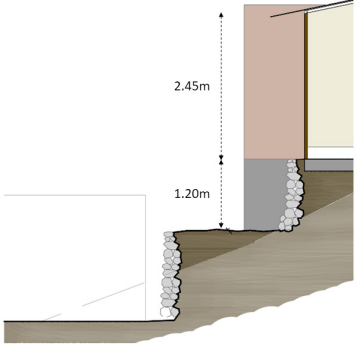

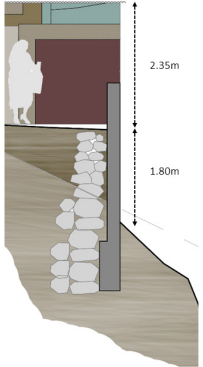
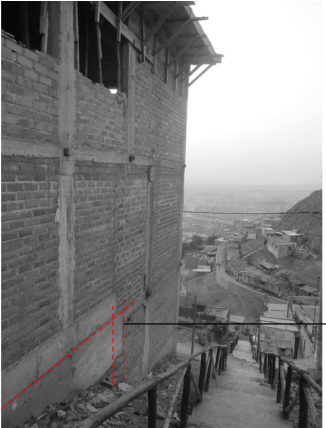
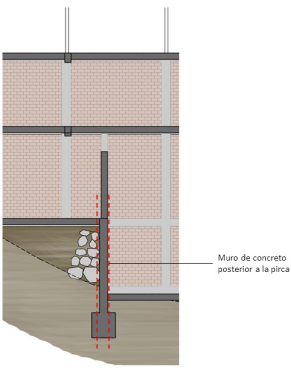
Tipo de recubrimiento	
<p>Casa 7</p> 	<p>Muy alta: pirca simple</p> 
<p>Casa 8</p> 	<p>Baja: muro de concreto</p> 
<p>Casa 15</p>  <p>Muro de contención de concreto armado</p>	<p>Baja: muro de concreto</p>  <p>Muro de concreto posterior a la pirca</p>

Figura 13. Secciones de tipo de recubrimiento en los tres casos. Elaboración propia, 2017.

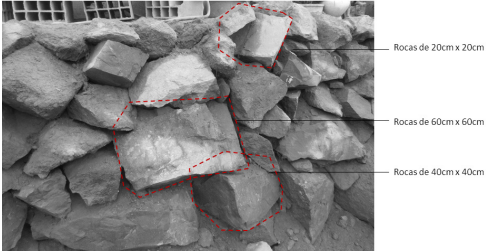
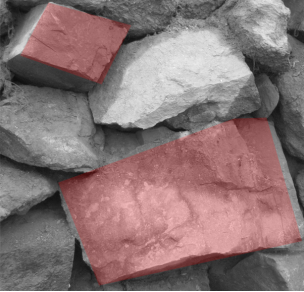

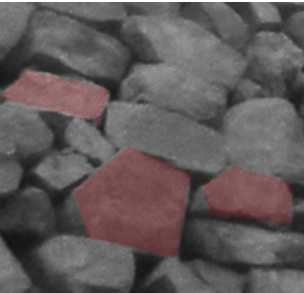
Tipo de apilamiento	
<p>Casa 7</p> 	<p>Alta: apilamiento heterogéneo</p> 
<p>Casa 8</p> 	<p>Alta: apilamiento heterogéneo</p> 

Figura 14. Imágenes y secciones del tipo de apilamiento en los tres casos. Elaboración propia, 2017.

ANÁLISIS DE DAÑOS PREVIOS SEGÚN LA OBSERVACIÓN DE FISURAS EN MUROS Y PISOS

En dos casos, se observaron daños estructurales y tabiquerías (figuras 15 y 17) a partir del tamaño de las fisuras. En la casa 7, que presenta fisuras en tabiquería y piso, se deduce que se debe a que presenta una pirca simple que soporta una vivienda de albañilería; en la casa 15, que presenta daños estructurales leves, podría deberse al gran empuje que ejerce el relleno sobre la pirca compuesta que soporta una edificación de tres niveles. Cabe resaltar que en la casa 8 (figura 16) no se observaron daños evidentes por fisuras, debido a que la vivienda en parte es de material ligero y cuenta con una pirca reforzada.

SÍNTESIS

La siguiente síntesis clasifica las características del emplazamiento, pircado y daños previos. Algunos parámetros pueden tener mayor peso, como la característica del pircado. Esta cimentación influye en mayor medida en el aumento de los daños en la casa 7, por ejemplo. Además, el alto porcentaje de relleno en la casa 15, de tres pisos, incrementa los daños pese a tener un muro de contención como cimentación recomendable. Y una pendiente elevada puede ser mitigada con un buen tipo de cimentación en viviendas de un piso. La prioridad es construir un buen tipo de cimentación antes de incrementar la carga de la vivienda, considerando un buen emplazamiento, disminuyendo en lo posible el porcentaje de relleno y evitando construir más de dos niveles en pendientes elevadas.

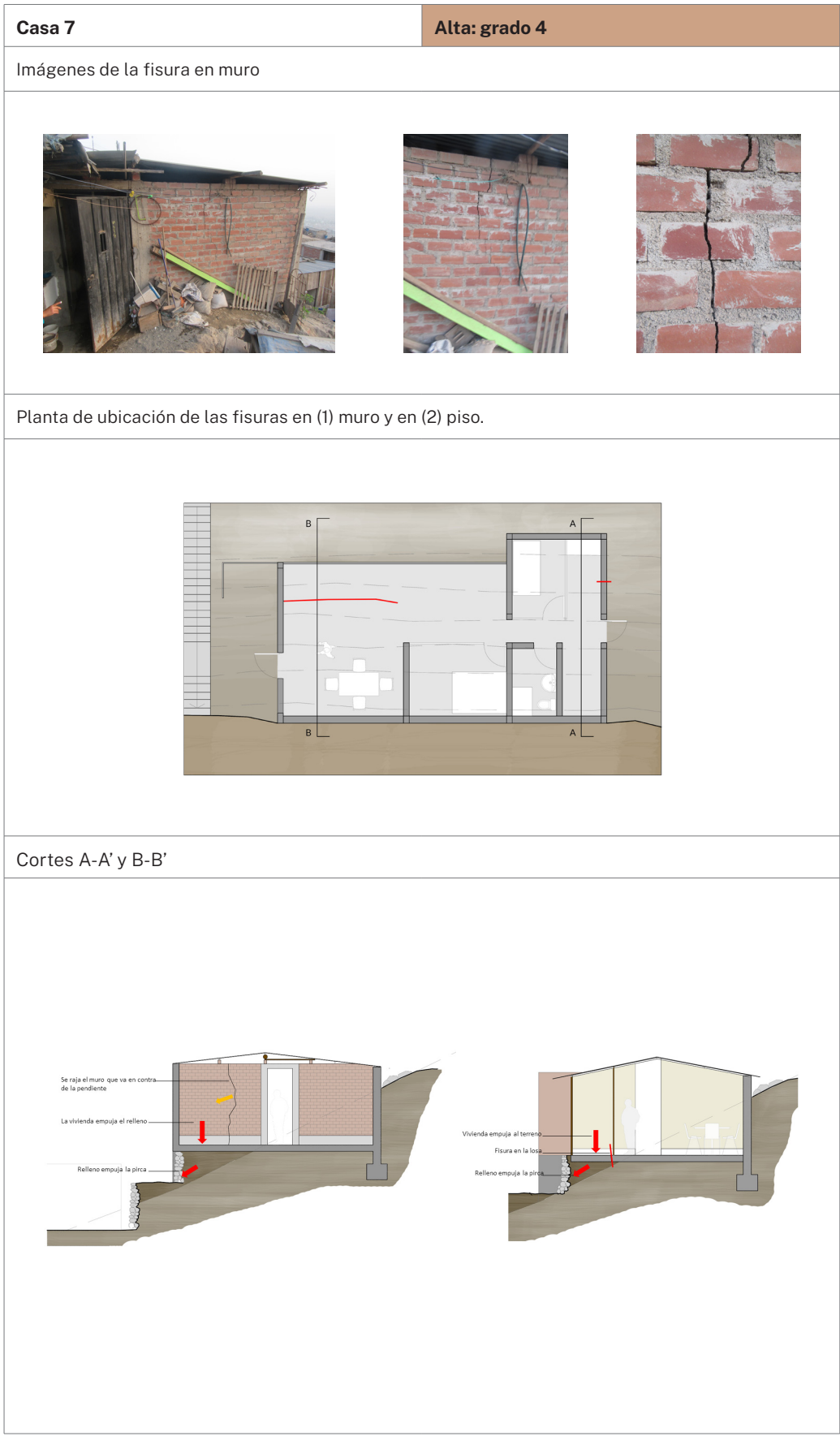


Figura 15. Fisuras en muros y pisos de la casa 7, en imágenes, plantas y cortes. Elaboración propia, 2017.



Figura 16. Casa 8: fisuras en muros y pisos presentadas en plantas y cortes. Elaboración propia, 2017.

<p>Casa 15</p>	<p>Baja: grado 1</p>
<p>Imágenes de la fisura 1 en muro de contención</p>	
	
<p>Imágenes de la fisura 2 en muro de contención</p>	
	
<p>Planta de ubicación de las fisuras 1 y 2</p>	
	
<p>Sección A-A'</p>	
	

Figura 17. Fisuras en muros y pisos presentadas en plantas y cortes. Elaboración propia, 2017.

Variables		CASA 7	CASA 8	CASA 15
Pisos	Número	1	1	3
Residentes	Número	4	3	7
Superficie construida	m ²	67	63	242
Antigüedad	años	3	1	1
Albañilería confinada	%	70	70	100
Características del emplazamiento	% de pendiente	Alta	Muy alta	Moderada
	% de relleno	Moderada	Alta	Moderada
Características del pircado	Altura	Moderada	Baja	Baja
	Apilamiento	Alta	Alta	-
	Tipo de cimentación	Muy alta	Baja	Baja
Daños previos	Fisura	0,8 mm	Menor de 0,3 mm	0.5 mm
	Daño	Alta	Baja	Baja

Tabla 5. Síntesis de resultados sobre clasificación de la vulnerabilidad de la vivienda respecto al emplazamiento, la pirca y los daños previos. Elaboración propia, 2017.

Nota. La tabla 5 se ha elaborado a partir de la tabla 3.

CONCLUSIÓN

Mediante la evaluación de tres tipos de viviendas en ladera, el estudio busca, a partir de parámetros de vulnerabilidad, identificar una clasificación de lo existente. Esta clasificación contribuye a establecer un diagnóstico que, discutido más adelante con actores locales y expertos, se pueda ponderar, identificando índices y definiendo recomendaciones específicas. La tabla 3, al relacionar el emplazamiento y los tipos de pircado con el proceso de construcción de la vivienda, e identificar el incremento de vulnerabilidad física, contribuye a tener un mejor panorama de las distintas variables de la vivienda.

En la casa 7, se presentó un mayor nivel de vulnerabilidad pese a ser de un solo piso, pues el empuje en la pirca fue mayor a la traba y fricción, lo que desestabiliza la vivienda y ocasiona fisuras en los muros. El cambio de material de la vivienda y consolidación de ambientes es una prioridad en el A. H. 31, pero

deja de lado la cimentación, lo que ocasiona el incremento de la vulnerabilidad ante deslizamientos. Se prioriza igualmente la altura de la edificación. Ello se refleja en la casa 15, de tres pisos, ubicada en una pendiente mayor del 47% y que, a pesar de tener muros de contención, presenta diversas fisuras en ellos, pues la carga del edificio y del relleno supera la resistencia última de estos, lo que evidencia un incremento de vulnerabilidad.

La casa 8 es particular: pese a ser de un piso y estar en pendiente fuerte, se priorizó en ella la construcción de un muro de contención antes que incrementar el peso de la vivienda, lo que disminuyó posibles daños y hace que sea la vivienda con menor nivel de vulnerabilidad. La evaluación en estos tres tipos de viviendas permite tener un panorama de los diversos factores presentes en la vulnerabilidad, y evidencia los valores críticos a los que están expuestas, a fin de que sean mitigados para disminuir los riesgos.

REFERENCIAS

- Cardona, O. D. (1993). *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo*. Recuperado de: <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm>
- Cenca – Instituto de Desarrollo Urbano. (s. f.). Tecnologías constructivas apropiadas para la reducción de riesgos. (Cartilla 2). En *Manual práctico para la reducción de riesgos a desastres en asentamientos humanos en laderas*.
- Cenepred [Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres]. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales – 2da versión*. Recuperado de: https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf
- Cesal. (2016). *Convenio de habitabilidad básica. Guía manual de mitigación de riesgo en laderas*.
- Colas, A., Morel, J., & Garnier, D. (2008). Yield design of dry stone masonry retaining structures – Comparisons with analytical, numerical, and experimental data. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 32(14), 1817-1832.
- Desco [Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo]. (2005). *Densificación habitacional: cartilla de construcción*. Recuperado de: http://urbano.org.pe/descargas/investigaciones/Manuales_Herramientas_de-desarrollo/HD_DENSIFICACION_HABITACIONAL_Construccion.pdf
- FEMA-NIBS. (2009). *Multi-hazard loss estimation methodology earthquake model Hazus-MH MR4, advance engineering building module, technical and user's manual*. Washington D. C.: Federal Emergency Management Agency & National Institute of Building Sciences.
- Gálvez, S., Muñoz, P., & Rodríguez, L. (2014). *Vivienda en laderas. Hacia una política pública en la periferia de Lima*. Recuperado de: https://www.academia.edu/11463851/Vivienda_en_Ladera_Hacia_una_pol%C3%ADtica_p%C3%BAblica_en_la_periferia_de_Lima?auto=download
- Gerdis [Grupo de Gestión de Riesgos de Desastres en Infraestructura Social y Vivienda de Bajo Costo]. (2018). *Informe de caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de pircas en una zona de laderas en el distrito de Carabayllo*. Proyecto subvención n.º 109-2017-Fondecyt. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- López, A. (2003). Los deslizamientos (cap. 4). En *Programa de prevención y atención de desastres*. Alcaldía Municipal de Armenia.
- López, J., & López, C. (2004). El urbanismo de ladera: un reto ambiental, tecnológico y del ordenamiento territorial. *Bitácora*, 8(1). Recuperado de: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4013798.pdf>

MML [Municipalidad Metropolitana de Lima]. (2013). *Guía para la habilitación urbana en asentamientos humanos y mitigación del riesgo*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/359753942/guia-para-la-habilitacion-urbana-en-asentamientos-humanos-y-mitigacion-del-riesgo-pdf>

Sinagerd [Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres]. (2014). *Plan nacional de gestión de riesgo de desastres. Planagerd 2014-2021*. Recuperado de: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2416/doc2416-contenido.pdf>

Vega-Centeno, P. (1992). *Autoconstrucción y reciprocidad: cultura y solución de problemas urbanos*. Lima: Cenca: Fomciencias.

Wilches-Chaux, G. (1993). *La vulnerabilidad global*. Recuperado de: <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap2.htm>

Zanelli, C., Santa Cruz, S., Valderrama, N., & Daudon, D. (2018). *Assessment of vulnerability curves of pircas over slopes by the discrete element method (DEM) – A case study in Carabayllo, Peru*.

Zolezzi, M., & Calderón, J. (1985). *Vivienda popular: autoconstrucción y lucha por el agua*. Lima: Desco.