Evaluación de vulnerabilidad sísmica de pircas mediante modelamiento numérico con elementos discretos:

Aplicación al caso de las pircas en Carabayllo, Perú

Criss Zanelli[1], Dra. Sandra Santa Cruz[2], PhD. Dominique Daudon[3], Dr. Nicola Tarque[4]

[1] Tesista (criss.zanelli@pucp.pe). [2] Asesora (ssantacruz@pucp.edu.pe).

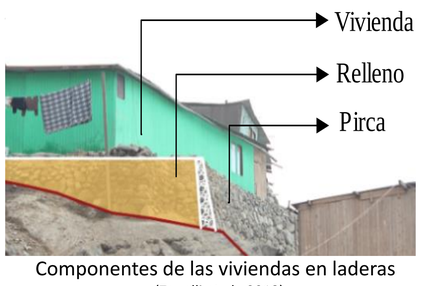
[3] Co-asesora (Dominique.daudon@3sr-grenoble.fr). [4] Co-asesor (sntarque@pucp.edu.pe)

1. INTRODUCCIÓN

La sobrepoblación de Lima sumado a la falta de terrenos urbanos han ocasionado que cerca de **tres millones de personas** habiten en viviendas vulnerables en ladera (Carabayllo, S.J.L., V.M.T). (El Comercio, 2018)

Viviendas en ladera – S.J.L

En general, las viviendas en ladera están conformados por la vivienda (informal), el relleno (no controlado) y las **pircas**: muros de contención constituido por bloques de roca colocados con junta seca (DSRW).



Componentes de las viviendas en laderas (Zanelli et al., 2018)

Es necesario estudiar el desempeño de las pircas frente a sismos de diversas intensidades.

Objetivo general:
Contribuir con el conocimiento de la vulnerabilidad sísmica de las pircas en la quebrada El Progreso, Carabayllo.

Pirca – sismo de Magnitud 5.2 en Lima (Runa, 2007)

2. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Modelamiento numérico de pircas

Inicio

Visitas de campo — Análisis estadístico de encuestas existentes

Recurrencia sísmica, GMPE, Efecto topográfico — Estimación de la máxima aceleración de la ladera (PGA*)

Cálculo de empujes y fuerzas inerciales

Implementación del modelo numérico

Propiedades mecánicas de juntas — Modelo Calibrado — No / Sí

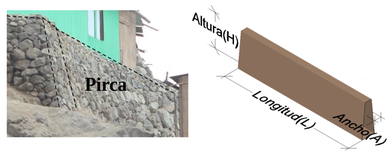
Análisis de la deriva máxima

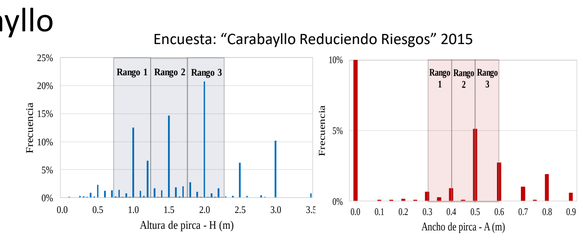
Niveles de daño — Cálculo de curvas de vulnerabilidad

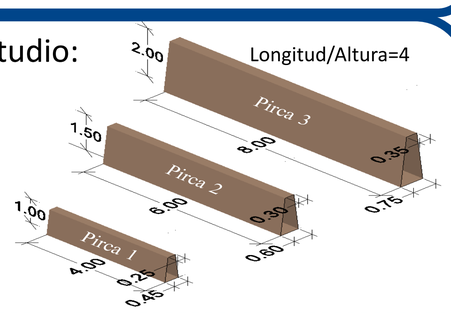
Fin

Caracterización de tres pircas

Las tres pircas características representan el 71% de la población de la zona de estudio: la quebrada El Progreso, Carabayllo

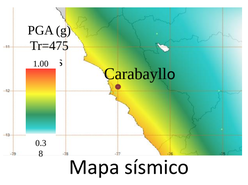




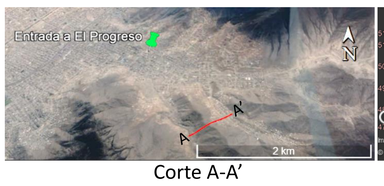


Intensidad sísmica

El sismo en laderas se amplifica debido a un efecto topográfico. Un sismo frecuente en las laderas de Carabayllo tendría un PGA* de 0.22g



Mapa sísmico



Corte A-A'

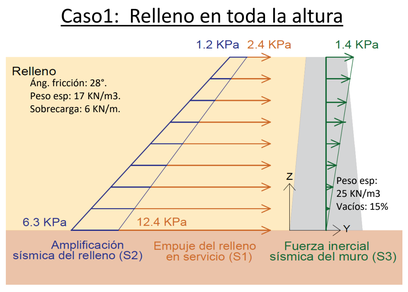
Elevación del corte A-A'

Niveles de sismo	Periodo de retorno (años)	PGA (g)	PGA*(g) amplificado x1.20
Frecuente	43	0.18	**0.22**
Ocasional	72	0.22	**0.27**
Raro	475	0.42	**0.51**
Muy raro	970	0.51	**0.61**

Vulnerabilidad sísmica

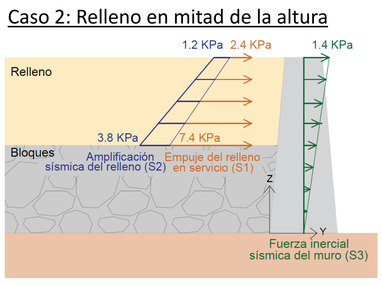
Frente a un sismo, el empuje del relleno se amplifica y actúa la fuerza inercial de la pirca.

Caso1: Relleno en toda la altura



Sismo frecuente PGA*=0.22g

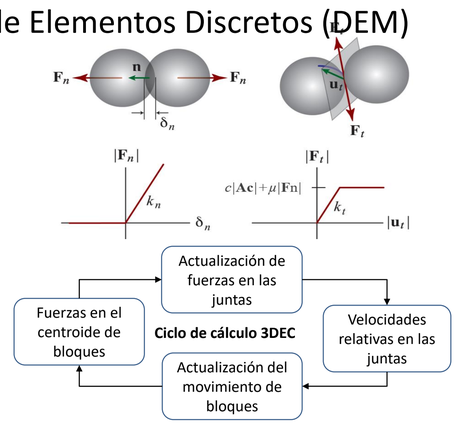
Caso 2: Relleno en mitad de la altura



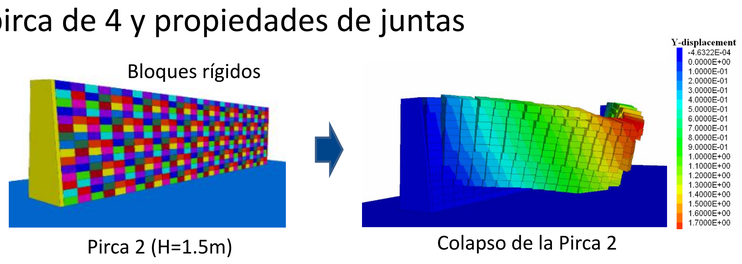
Sismo frecuente PGA*=0.22g

Método de Elementos Discretos (DEM)

$F = F_n + Fs$
$Fn = k_n\ \delta n$
$\Delta Ft = kt\ \Delta ut$
$Ft < c\,Ac + \mu\ Fn$
μ: fricción



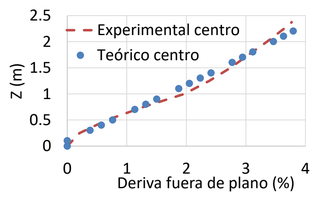
El análisis de estabilidad numérica verifica la altura de bloques de 10 cm, la relación Longitud/Altura de pirca de 4 y propiedades de juntas



Pirca 2 (H=1.5m) — Colapso de la Pirca 2

Calibración del modelo con datos experimentales

DSRW- escala natural — Modelo del DSRW



Mecanismo de Resistencia en las juntas =

Muro:	DSRW	Pircas
Efecto:	Fricción	Trabazón
Parámetros 1:	Ángulo de fricción	Cohesión ficticia
Parámetros 2:	Ángulo de fricción	Ángulo de fricción adicional

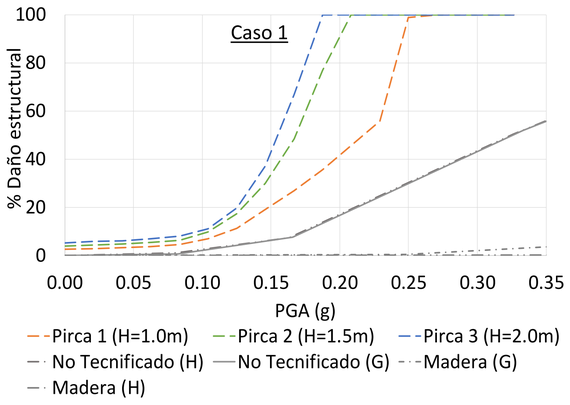
Kn=1e8Pa
Kt=5e7Pa
Áng_fricción=38°
Cohesión=0 (DSRW)
Cohesión=1e5Pa(Pirca)

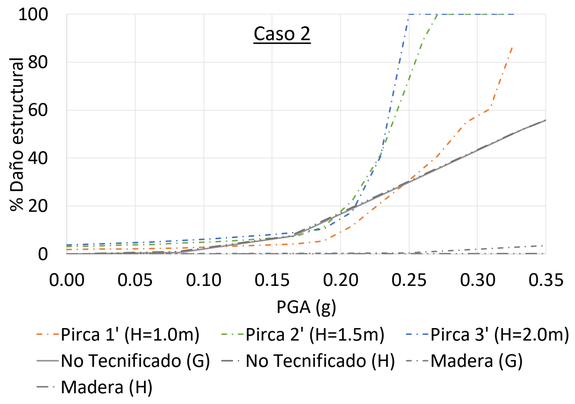
La vulnerabilidad de pircas es mayor que la vulnerabilidad de las viviendas en ambos casos de relleno estudiados

Niveles de daño para muros de gravedad (PIANC, 2011)

Nivel de Daño	Deriva mín	Daño
Leve	0	0
Moderado	1.5%	15%
Extensivo	5.0%	50%
Completo	10.0%	100%

Curvas de vulnerabilidad de viviendas de un piso (CAPRA, 2014)





3. CONCLUSIONES

A partir de los resultados, se concluye que esta investigación contribuye al conocimiento de la vulnerabilidad sísmica de las pircas de Carabayllo.

En un **sismo frecuente**, como el de Lima (1974), las pircas bajas (1m.) quedarían con un 30% de daño estructural, mientras que las **pircas medianas** (1.5m.) **y altas** (3m.) **quedarían con un 60% de daño**.
En un **sismo ocasional**, como el de Arequipa (2001), las pircas bajas quedarían con 70% de daño, mientras que **las pircas medianas y altas colapsarían**.

Las pircas son más vulnerables que las viviendas que sostienen, entonces se deberían tomar medidas emergentes de reforzamiento y así, minimizar la cantidad de damnificados y daños en un sismo.

Los autores agradecen al CONVENIO DE GESTIÓN N° 232-2015 FONDECYT por el soporte brindado a la investigación.

MAESTRIA EN INGENIERÍA CIVIL