

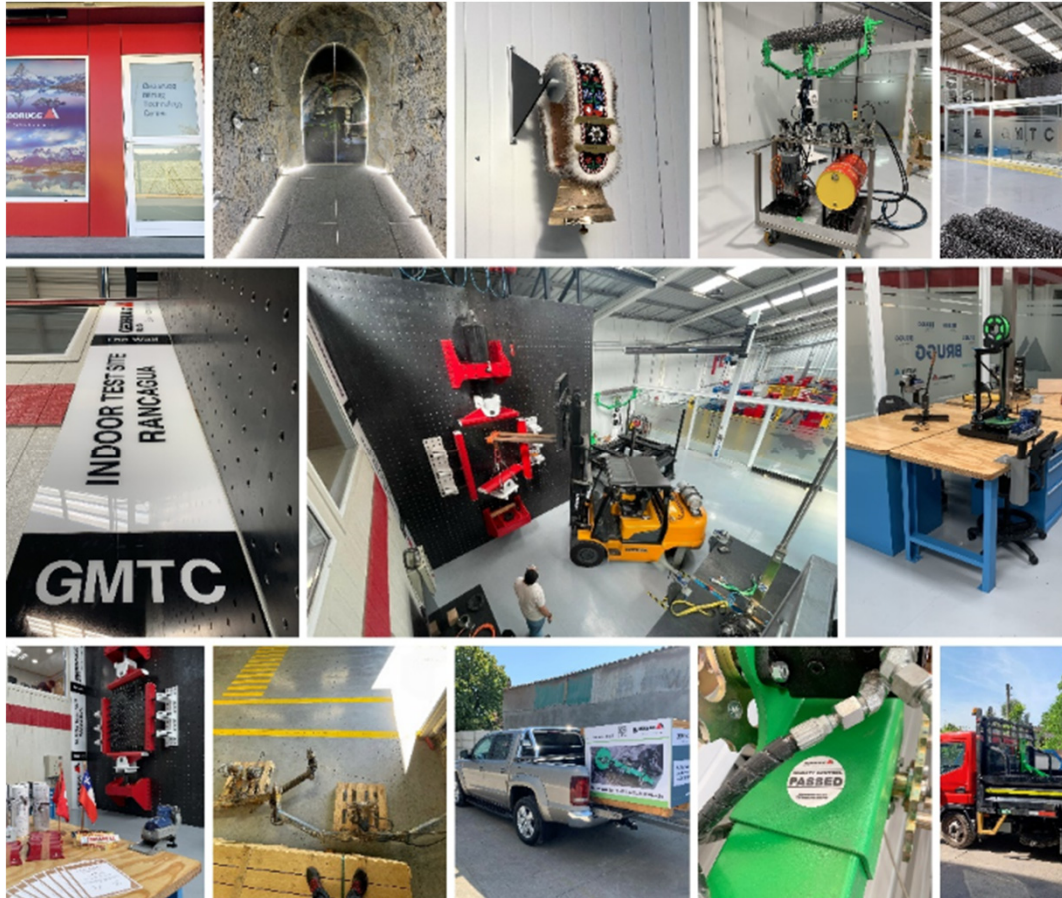
Rolando Romero
Lima, 12 Diciembre 2023

ALCANCE LIMITADO DE ALGUNOS SISTEMAS DE SOPORTE CONVENCIONALES EN LA MITIGACION DE EVENTOS DE ESTALLIDOS DE ROCAS

ISCHEBECK[®]
TITAN

BRUGG
Geobrugg 
Safety is our nature

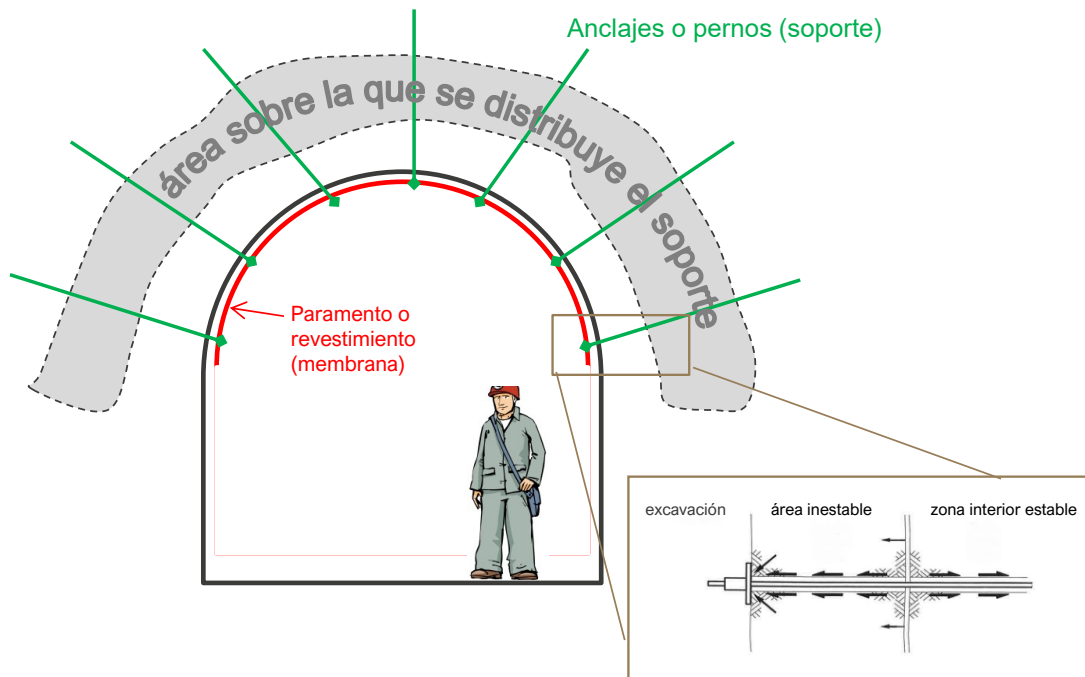
Contenido



1. Introducción
2. Soporte superficial en excavaciones subterráneas
3. Resultados de la investigación
4. Configuración de los ensayos
5. Resultados de los ensayos
6. Conclusiones
7. Referencias

INTRODUCCION

Elementos de soporte subterráneo



INTRODUCCION



Túneles en los Andes peruanos

	Condición	Soporte o fortificación
baja	favorable o roca competente	sin sistema, mínimo espesor capa shotcrete
media	la condición de la roca requiere algún tipo de soporte	shotcrete, anclajes
alta	la condición de la roca requiere un soporte avanzado	shotcrete, anclajes, malla
muy alta	carga estática alta y deformaciones (squeezing)	shotcrete, anclajes, malla de acero alta resistencia
extremadamente alta	estallidos de rocas y altas deformaciones	shotcrete, (cable) bolting, malla acero alta resistencia, más de una capa → estructura tipo sandwich o paquete

Fuente : Villaescusa, 2016

13.12.2023

INTRODUCCION



El alcance limitado de algunos sistemas de soporte convencionales en la mitigación de estallidos de rocas

- Los túneles mineros deben ser lo más eficientes y de menor costo posible para el propósito determinado.
- Configuración de una serie de ensayos en Walenstadt para comparar el comportamiento del conjunto ante impacto dinámico en: malla electro-soldada vs malla de alambre vs malla de acero de alta resistencia MINAX®

	Condición	Soporte o fortificación
alta	la condición de la roca requiere un soporte avanzado	shotcrete, anclajes, malla
muy alta	carga estática alta y deformaciones (squeezing)	shotcrete, anclajes, malla de acero alta resistencia
extremadamente alta	estallidos de rocas y altas deformaciones	shotcrete, (cable) bolting, malla acero alta resistencia, más de una capa → estructura tipo sandwich o paquete

FORTIFICACION EN EXCAVACIONES SUBTERRANEAS



Instalación malla electrosoldada

- *Traslape horizontal (paralelo al eje del túnel)*
- *Traslape vertical (perpendicular al eje del túnel)*



Instalación malla eslabonada

- *No hay traslape horizontal (paralelo al eje del túnel)*
- *Traslape vertical (perpendicular al eje del túnel)*



**Pruebas estáticas y dinámicas de mallas soldadas y tejidas para soporte de roca, E. Villaescusa Escuela de Minas de Australia Occidental, Universidad de Curtin/CRC Mining, Australia A.G. Escuela de Minas de Australia Occidental de Thompson, Universidad de Curtin/CRC Mining, Australia J.R. Player Ground Support 2013*

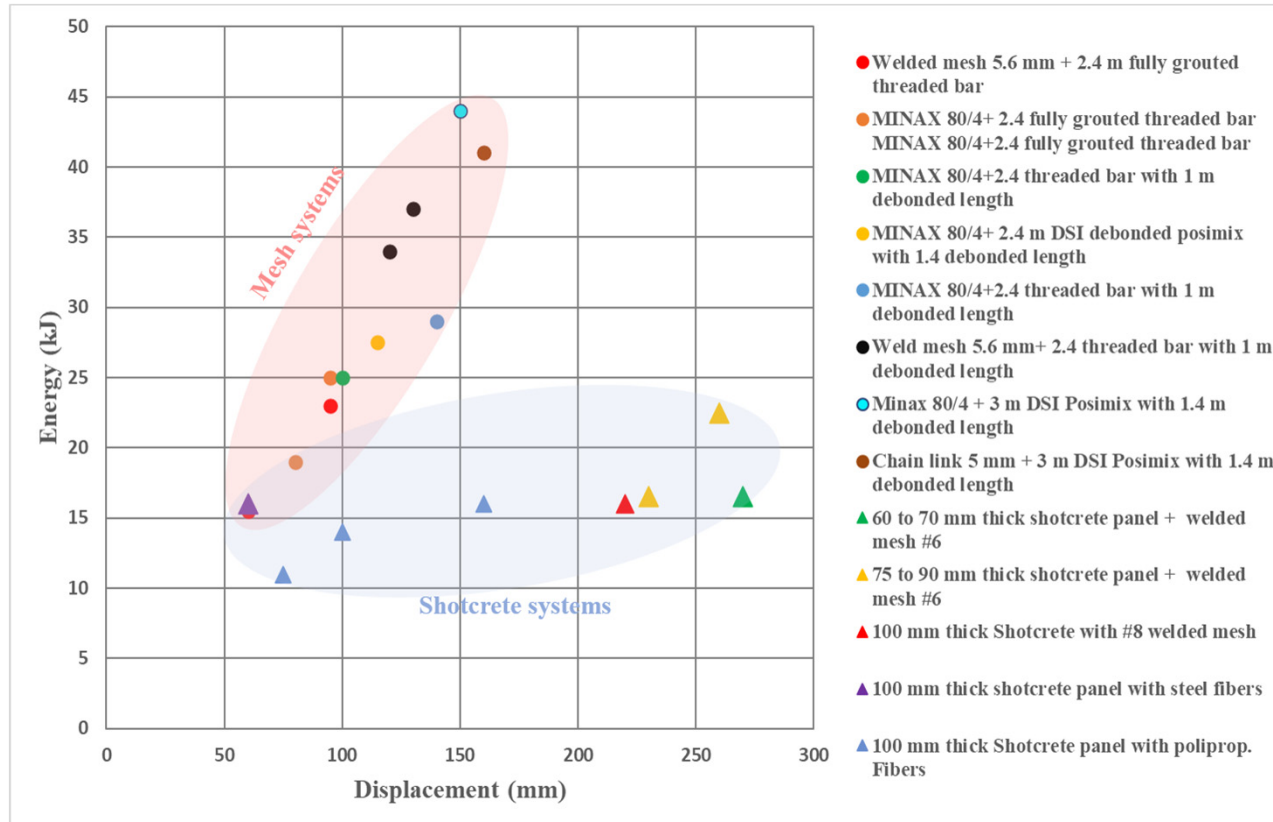
FORTIFICACION EN EXCAVACIONES SUBTERRANEAS



Ejemplo de un evento aislado de desprendimiento de roca y restitución del sistema de soporte dañado mediante un shotcrete armado con malla metálica embebida.



RESULTADOS DE LA INVESTIGACION



Energía vs desplazamiento de varios sistemas de soporte (estallido) probados bajo cargas dinámicas reportadas en Villaescusa et al. (2016), Kaiser et al. (1996) y Ortlepp y Stacey (1997)

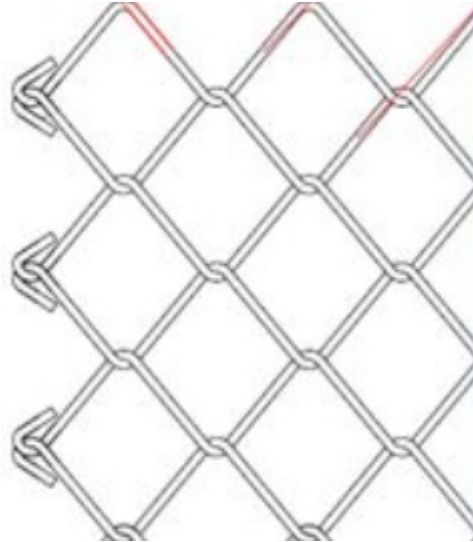
CONFIGURACION DEL ENSAYO



Weldmesh
(malla electrosoldada)



Chain-Link
(malla eslabonada)



High Tensile Steel Mesh
(malla acero alta resistencia)



No existen ensayos dinámicos 1:1 de estos 3 tipos de mallas, por lo que se ejecutó un plan de ensayos comparativos. Los ensayos se realizaron en el polígono ensayos dinámicos de Geobrugg en Walenstadt, Suiza

CONFIGURACION DEL ENSAYO



Configuración del Sistema de Soporte



- Los tres sistemas de soporte ensayados constan de una capa de hormigón proyectado con fibras de 100 mm de espesor.
- Shotcrete: UCS 40MPa medido y validado por VGH Flums
- Barras de refuerzo: Steel A630
- Diámetro Ø: 22 mm
- Longitud: 2,4 m
- Inyectado en tubos de acero divididos con una longitud libre de 0,7 m.
- Patrón de anclaje: 1,4 m x 1,4 m

CONFIGURACION DEL ENSAYO

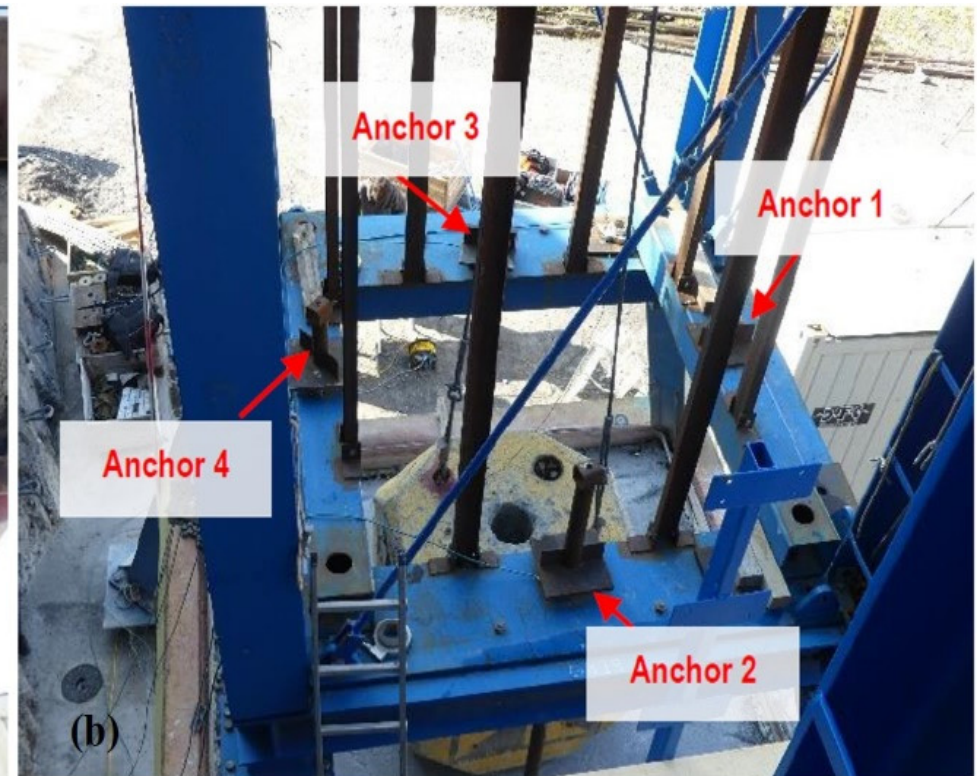
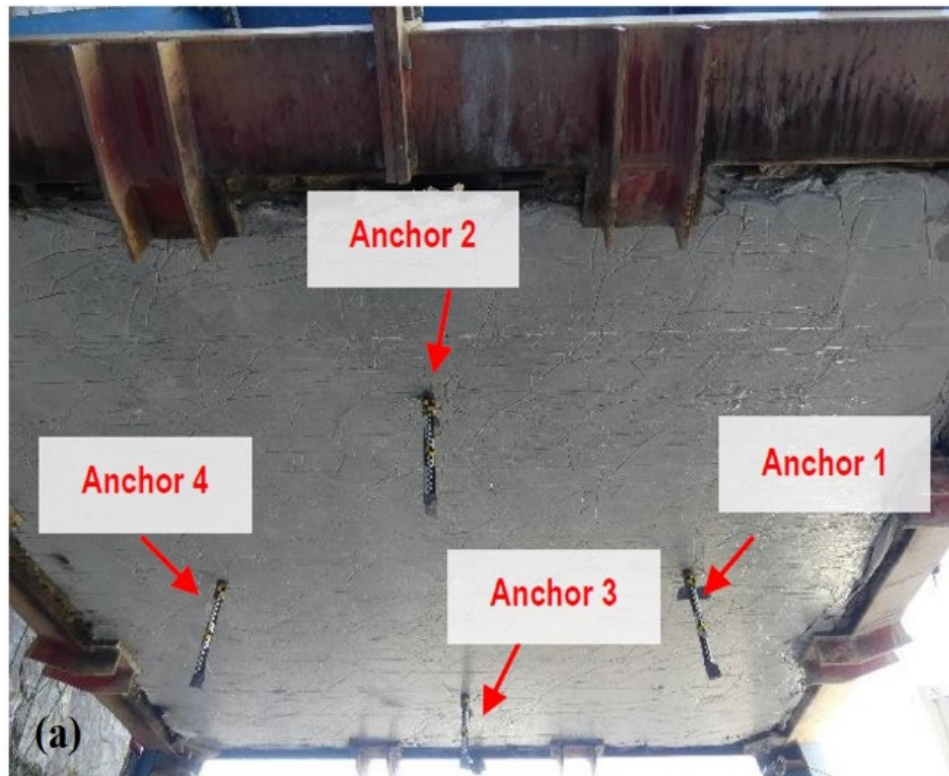


Tipo de mallas empleados

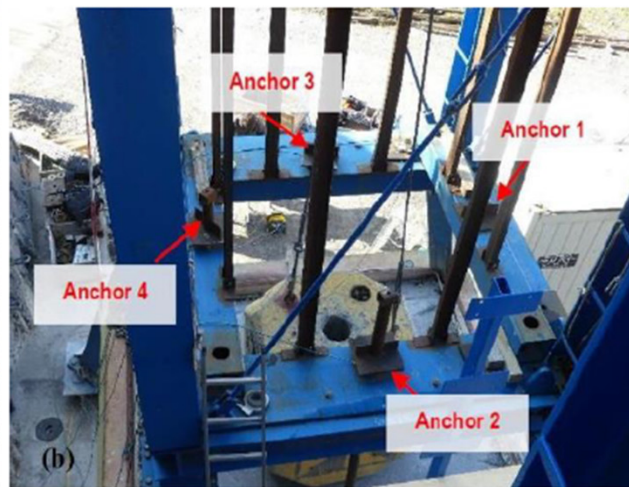
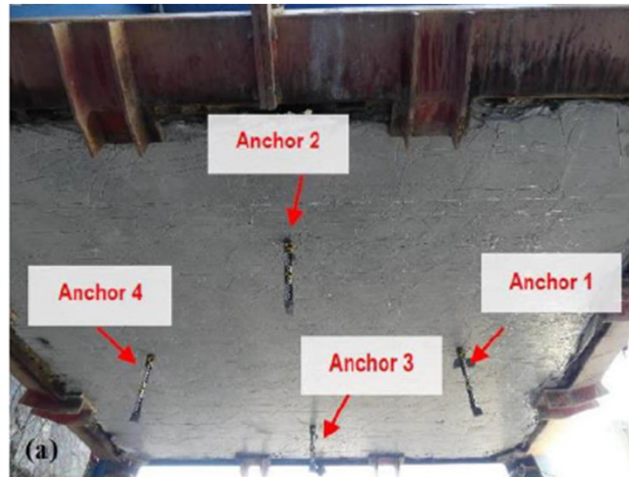
Carasteristicas	WSWM	CSWM	HTWM
Tipo	Weldmesh	Chainlink	High Tensile Chainlink
apertura [mm]	100	100	102 x 177 ($D_i = 80$)
Diametro del alambre [mm]	4,2	4,1	3,0
Área sección transversal [mm ²]	13,9	13,2	7,1
Calidad del acero [MPa]	480	895	1770

CONFIGURACION DEL ENSAYO

Ensayos de impacto sobre el hormigón proyectado armado



CONFIGURACION DEL ENSAYO



- peso del bloque: 6280kg (13'816pound)
- altura de caída: 48cm (1ft 7inch)
- energía potencial: 30kJ
- 4 anclajes 22mm (A630) inyectados en los tubos

RESULTADOS DEL ENSAYO



GEOBRUGG/ DCR 2020 / 2021
@ dynamic Test Site Walenstadt
Switzerland

RESULTADOS DEL ENSAYO



WSWM



CSWM

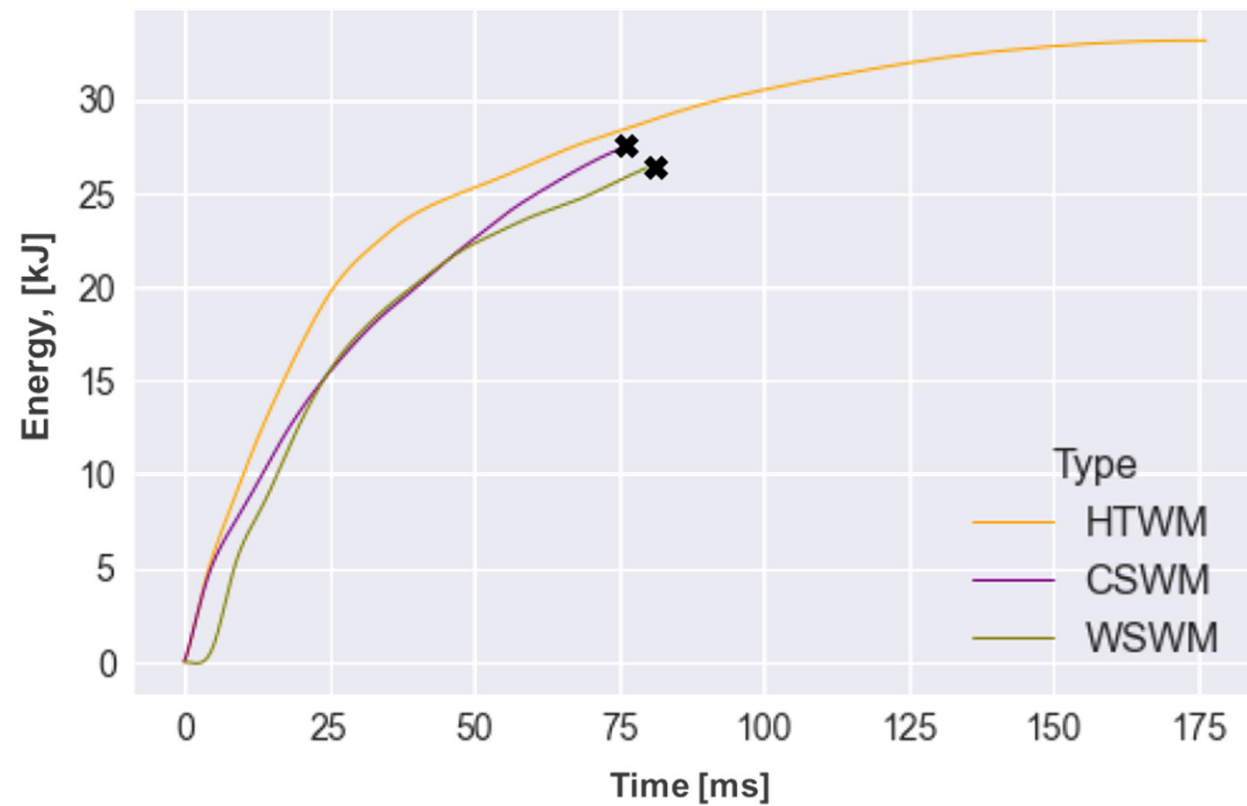


HTWM



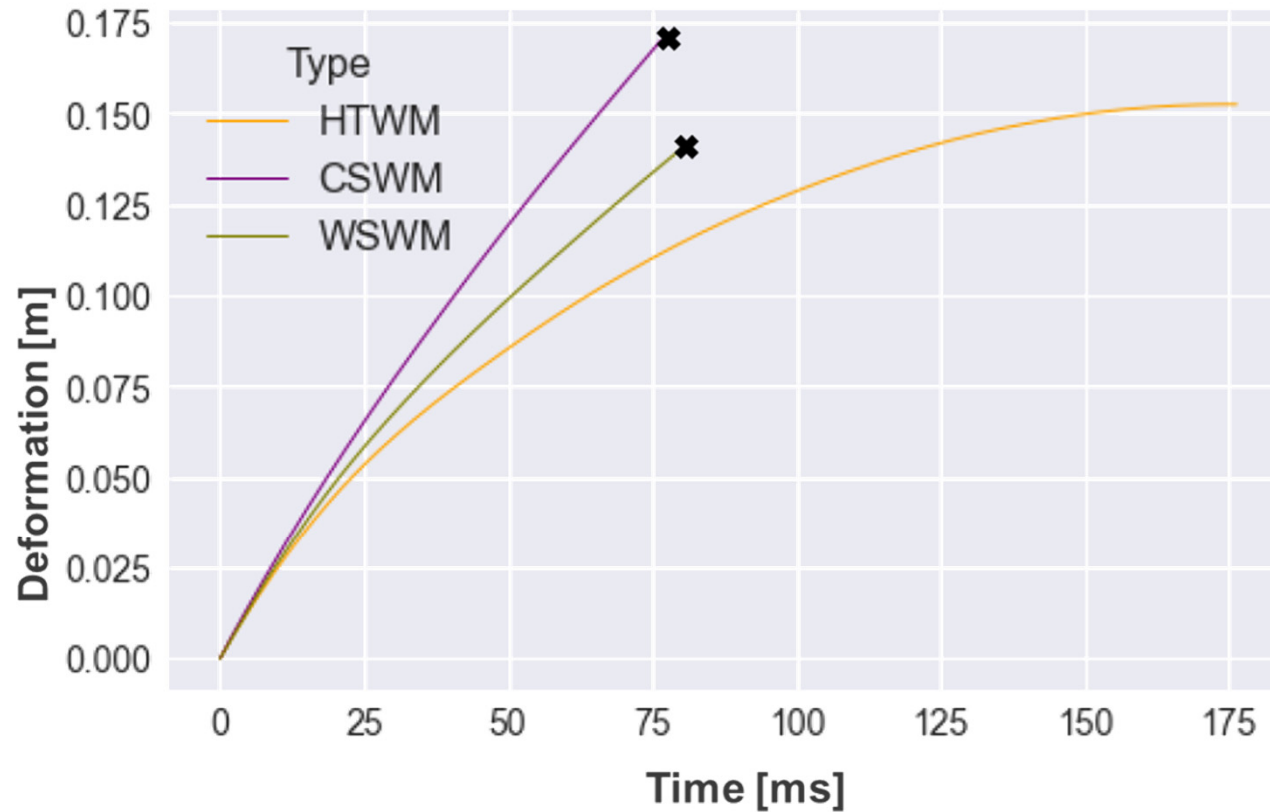
RESULTADOS DEL ENSAYO

Energía [kJ] vs. Tiempo [ms]



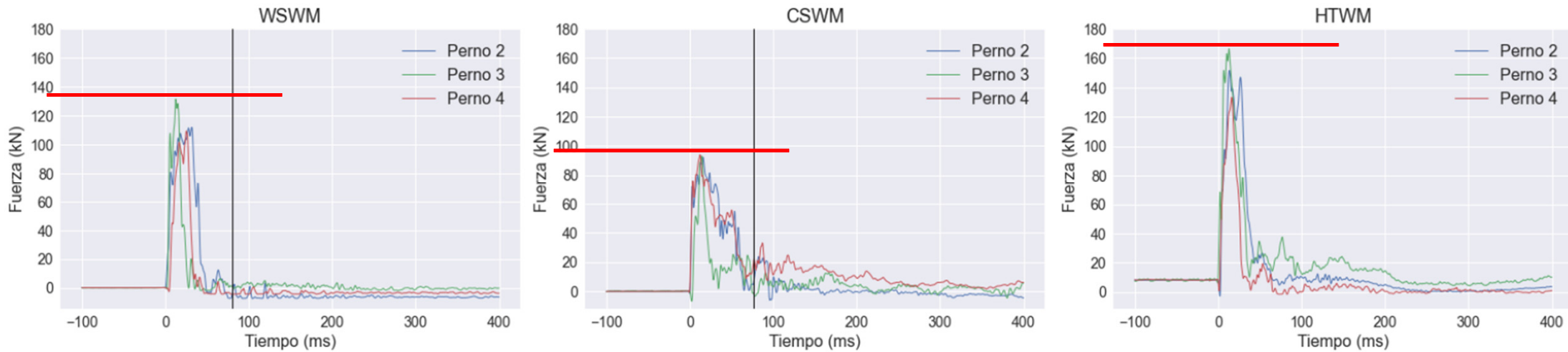
RESULTADOS DEL ENSAYO

Deformación [m] vs. Tiempo [ms]



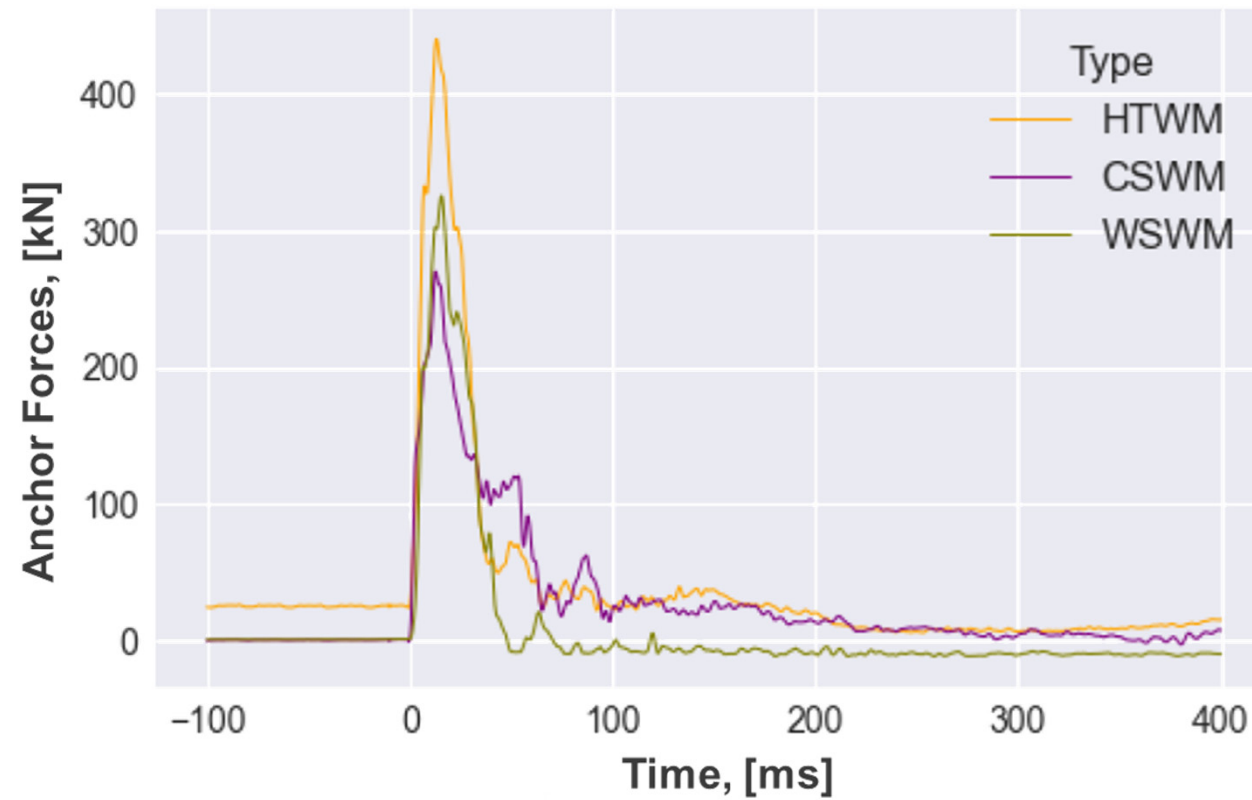
RESULTADOS DEL ENSAYO

Resistencia anclaje [kN] en las diferentes configuraciones



RESULTADOS DEL ENSAYO

Resistencia anclaje [kN] sumados



RESULTADOS DEL ENSAYO



Resumen

Características	WSWM	CSWM	HTWM
Tipo	Weldmesh	Chainlink	High Tensile Chainlink
Energía deformación [kJ/m ²]	13,0	14,0	16,5
Deformación	0,14m (ruptura)	0,16m (ruptura)	0,15m (peak)
¿Bloque retenido?	NO	NO	SI

Demand category	Reaction pressure (kPa)	Surface displacement (mm)	Energy (kJ/m ²)
Low	<100	<50	<5
Medium	100–150	50–100	5–15
High	150–200	100–200	15–25
Very high	200–400	200–300	25–35
Extremely high	>400	>300	>35

(Villaescusa, 2016)

RESULTADOS DEL ENSAYO

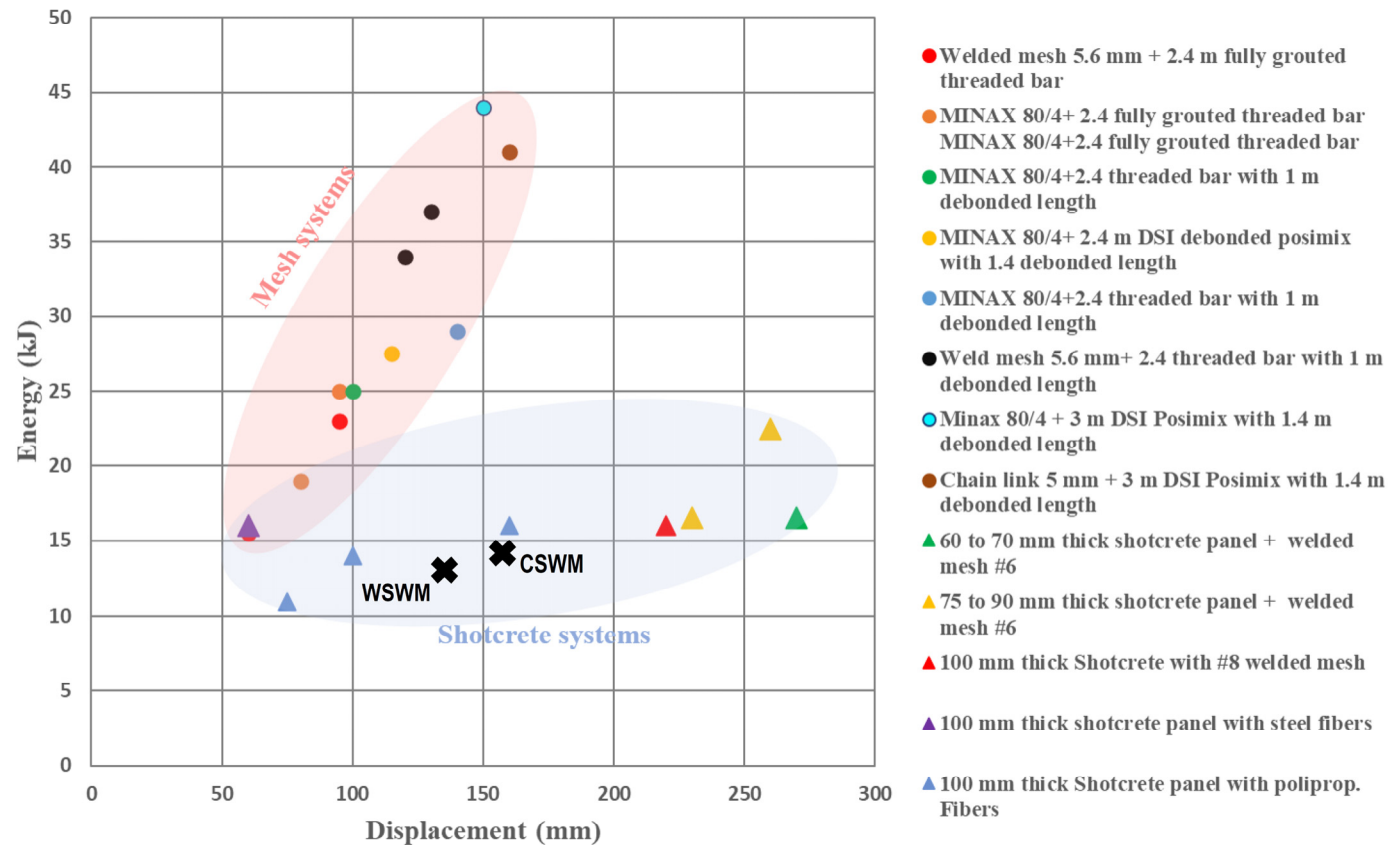
Resumen

Características	WSWM	CSWM	HTWM
Tipo	Weldmesh	Chainlink	High Tensile Chainlink
Energía deformación [kJ/m ²]	13	14	16,5
Deformación	0,14m (ruptura)	0,16m (ruptura)	0,15 (peak)
¿Bloque retenido?	NO	NO	SI

Demand category	Reaction pressure (kPa)	Surface displacement (mm)	Energy (kJ/m ²)
Low	<100	<50	<5
Medium	100–150	50–100	5–15
High	150–200	100–200	15–25
Very high	200–400	200–300	25–35
Extremely high	>400	>300	>35

(Villaescusa, 2016)

RESULTADOS DEL ENSAYO



Energía v/s desplazamiento de varios sistemas de soporte (rockburst) probados bajo cargas dinámicas reportadas en Villaescusa et al. (2016), Kaiser et al. (1996) y Ortlepp y Stacey (1997)

CONCLUSIONES



- Estos 3 tipos de ensayo se han realizado para comparar los diferentes tipos de materiales utilizados en los sistemas de soporte (UG) actualmente en el Perú. Una **energía de 30 kJ** no se considera una sobreestimación. Como los ensayos con **WSWM** y **CSWM** provocaron un fallo, se realizó una estimación del valor máximo de energía disipada posible. Para **HTWM** los valores máximos no se pudieron alcanzar con el ensayo.
- La **disipación de energía** reportada en los ensayos del presente estudio tiene una **magnitud similar de energía** por metro cuadrado reportada en Kaiser et al. (1996) y Ortlepp y Stacey (1997); aunque, las pruebas reportadas tienen diferentes configuraciones geométricas y diferente **espaciamiento de pernos**. Una buena referencia para ver la variación en la capacidad de los sistemas bajo diferentes espaciamientos de pernos es Ortlepp & Swart (2002).
- La **medición de la resistencia en los pernos para roca** muestra que la transferencia de carga desde los paneles con **WSWM** y **CSWM** a los pernos para roca es menor que la transferencia de carga desde el panel con **HTWM**. Esta rotura en el punto de conexión es más notoria en el hormigón proyectado con **CSWM**.
- La malla de acero de alta resistencia **HTWM** funciona de **forma racional**, a diferencia de las otras dos mallas en comparación. La **HTWM** puede transmitir la mayor parte de las tensiones al sistema de pernos, dejando de ser un simple elemento de retención, para convertirse en protagonista del sistema de soporte como una clara herramienta de transmisión de cargas.

¡Gracias por su atención!

