



**“Resultados y Aplicaciones de un Sistema en
Línea y Continuo de Monitoreo de
Deformaciones Lentas en Minería,
Usando BOTDR
(Brillouin Optical Time-Domain
Reflectometry)”**

**Mining Information Communications
and Monitoring S.**

Gabriel Arévalo
Juan Pablo González
Alejandra Alvarez
Luis Felipe Mujica



Este documento y su contenido son propiedad de MICOMO.
Se prohíbe su reproducción, distribución, uso y/o comercialización total o parcial.



- Aplicaciones Civiles
 - Túneles, caminos, puentes, edificios, etc.
- Estructuras mineras:
 - Implementación en El Teniente, cofinanciada
 - Túnel de servicio Chuquicamata

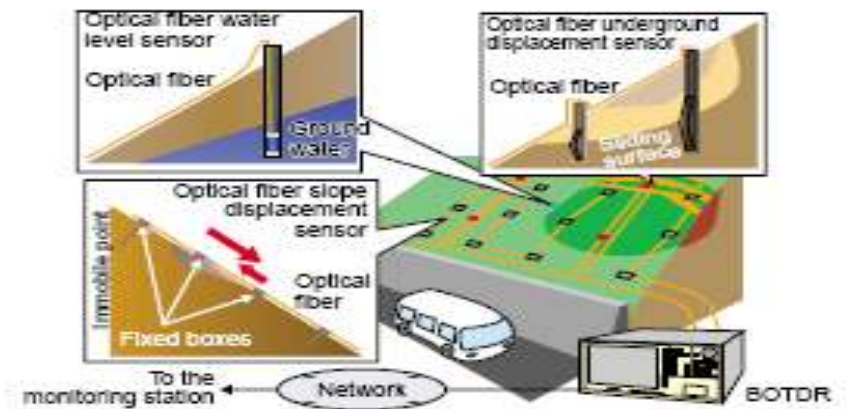
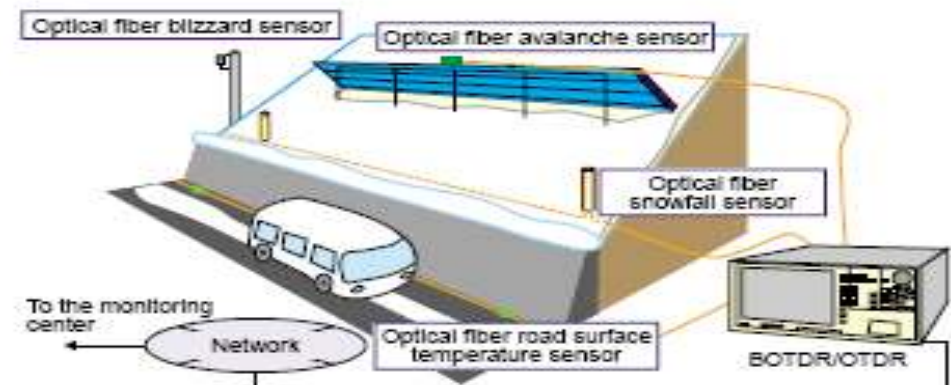
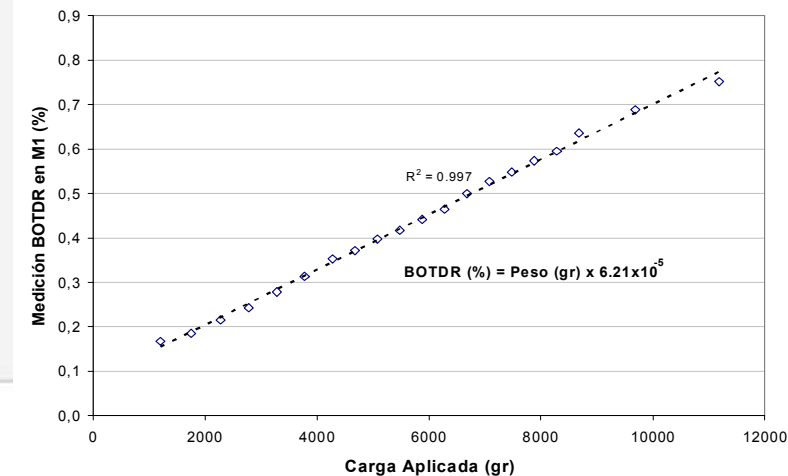


Fig. 3. Monitoring the collapse of a sloping surface layer.



- Transporte de información por medios ópticos
 - Transporte instantáneo: En un segundo recorre casi 300 mil kilómetros
- La interacción de la luz con la fibra tiene características que la hacen idónea para la medición de deformaciones
 - La fibra óptica es excitada con fotones a una frecuencia (ν_0)
 - Si se deforma axialmente, la frecuencia re-emitida por la fibra (backscattering) sufre un corrimiento: $\nu_0 + \Delta\nu$
 - La correlación corrimiento-deformación es lineal
 - Es posible también medir deformación por corrimiento de longitud de onda (λ)
- BOTDR: “Brillouin Optical Time Domain Reflectometry”



- Se fija la fibra óptica a la superficie o volumen a monitorear
- Con fibra de comunicaciones se conecta el punto de monitoreo con sala de adquisición de datos
- El sistema BOTDR mide desplazamientos lentos: mediciones que pueden ir cada unos pocos minutos hasta horas
- Visualización de perfiles de deformación y evolución temporal a través de un sistema de información en línea
- Mide desplazamiento relativo entre dos puntos o deformación distribuida en superficie o volumen
- Rango de medición BOTDR: 100 – 15000 $\mu\epsilon$ (en un metro hasta 2 centímetros)
- Resolución BOTDR: $\leq \pm 100 \mu\epsilon$ (en un metro 0.1 milímetros)
- Ejemplo
 - Mina El Teniente : Monitoreo de desplazamiento de falla N1 y volumen de la roca en mina Reservas Norte, sala de monitoreo en Barrio Cívico RENO, mediciones cada dos horas
 - DCN: Monitoreo de desplazamiento de grietas en túnel de servicio, sala de monitoreo en acceso a túnel, mediciones cada 2 horas



Fibra de comunicación

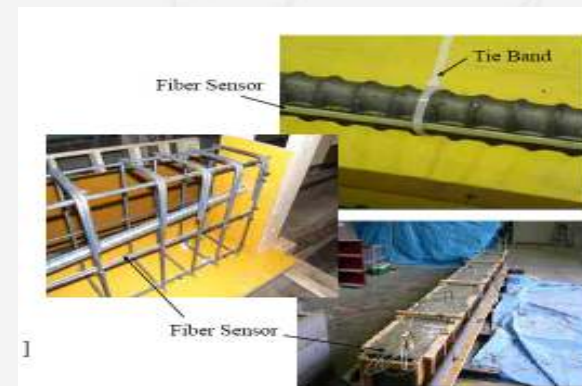


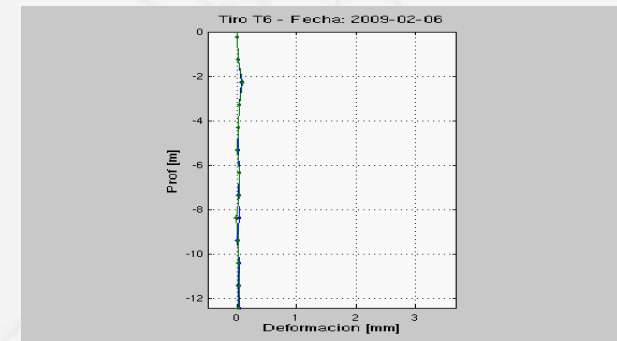
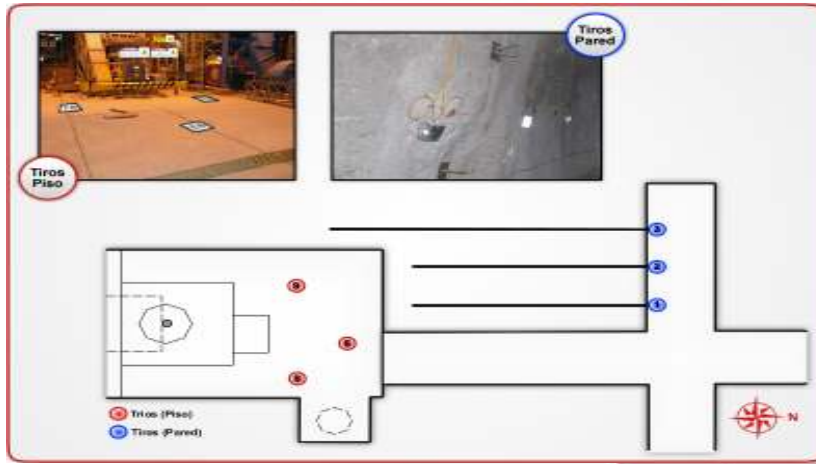
- Técnicas de monitoreo de deformaciones con fibra óptica

- Discreto



- Distribuido

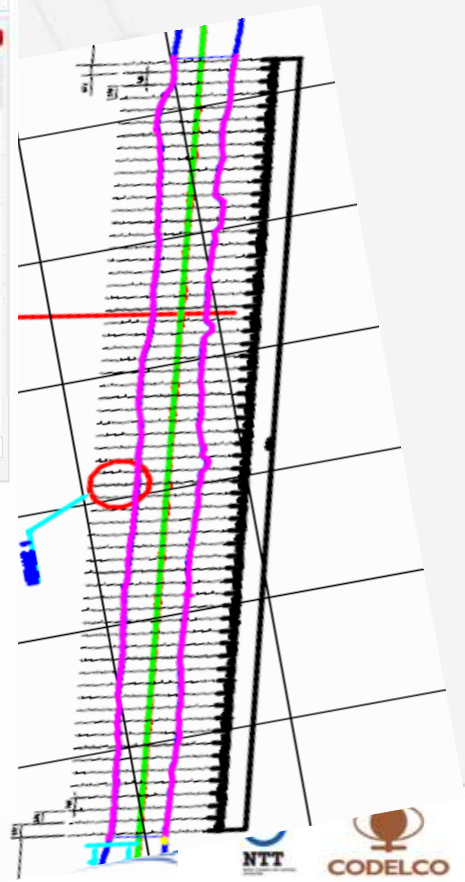
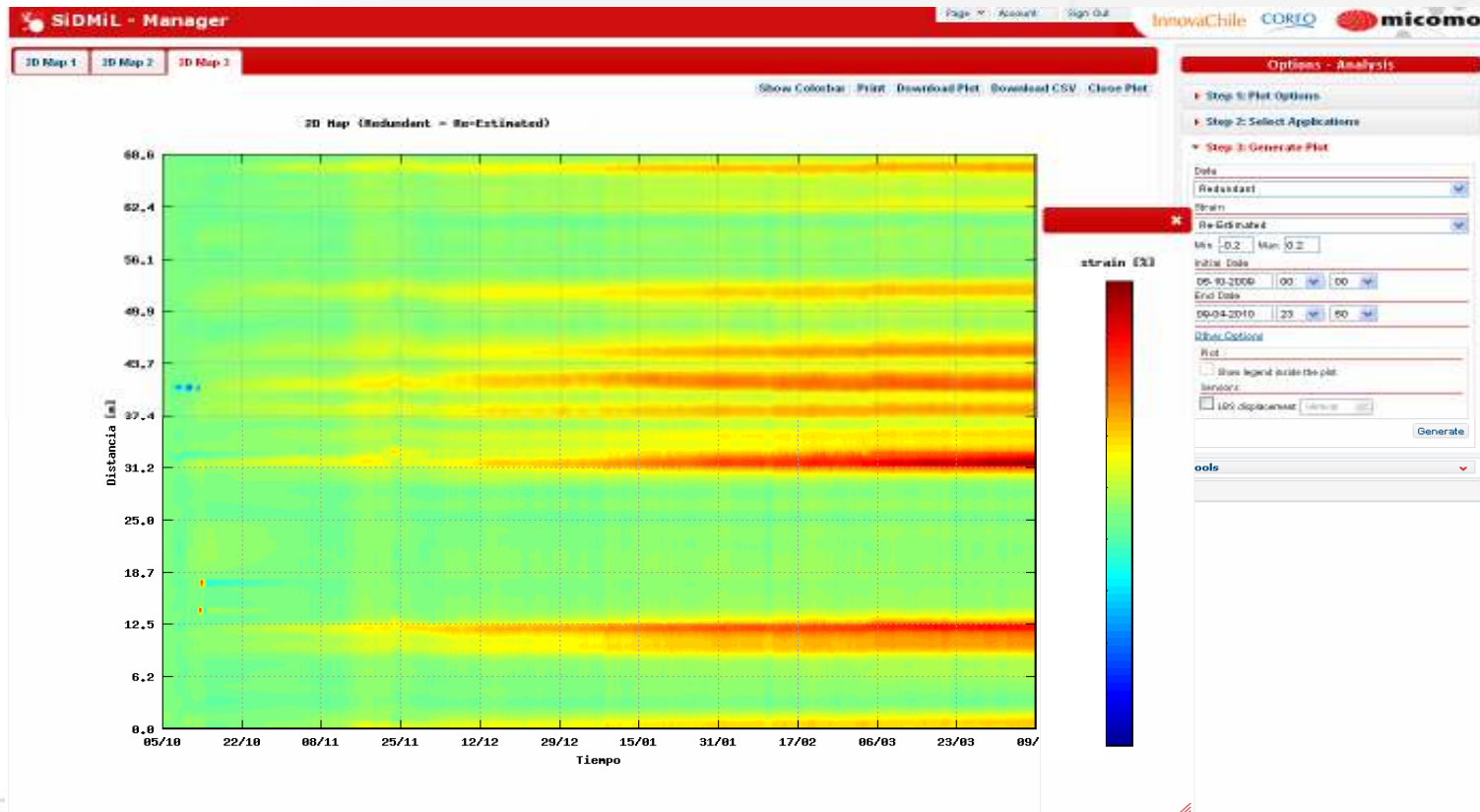




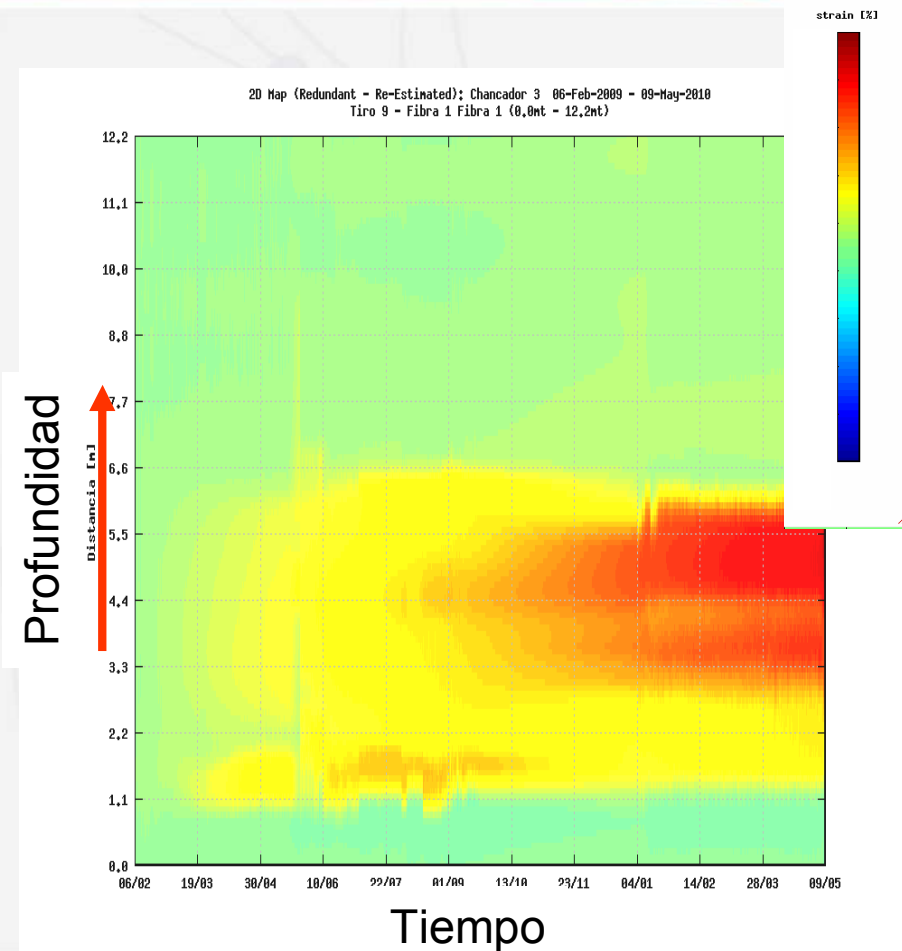
- Información en línea y continua al interior de la corporación
- Despliegue de perfiles de deformación y evolución temporal
- Sistema de alertas operacionales y deformaciones



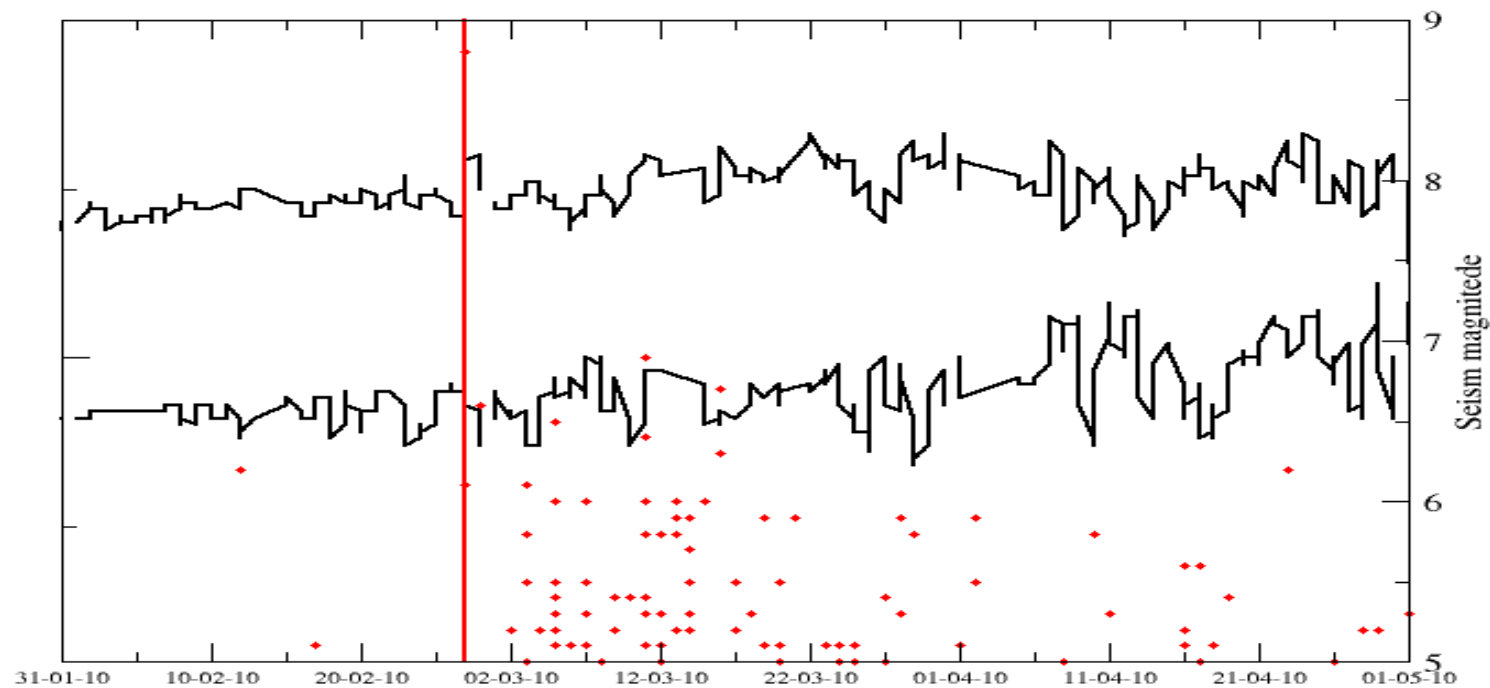
- Monitoreo de deformaciones longitudinales de un túnel



- UN arreglo de sensores miden las deformaciones de la roca debajo de una cámara de chancado en la Mina El Teniente. Los colores representan la deformación:
 - Rojo: extensión
 - Azul: Compresión
- El tiro T9 muestra una zona alrededor de los 4.5 m de profundidad que se encuentra bajo tensión
- Se realiza cada 2 horas una medición BOTDR, del tiro de 12 metros. El algoritmo de análisis es capaz de detectar una deformación cada 10 cm, por lo tanto es posible tener un perfil de la deformación (12 puntos de medición)

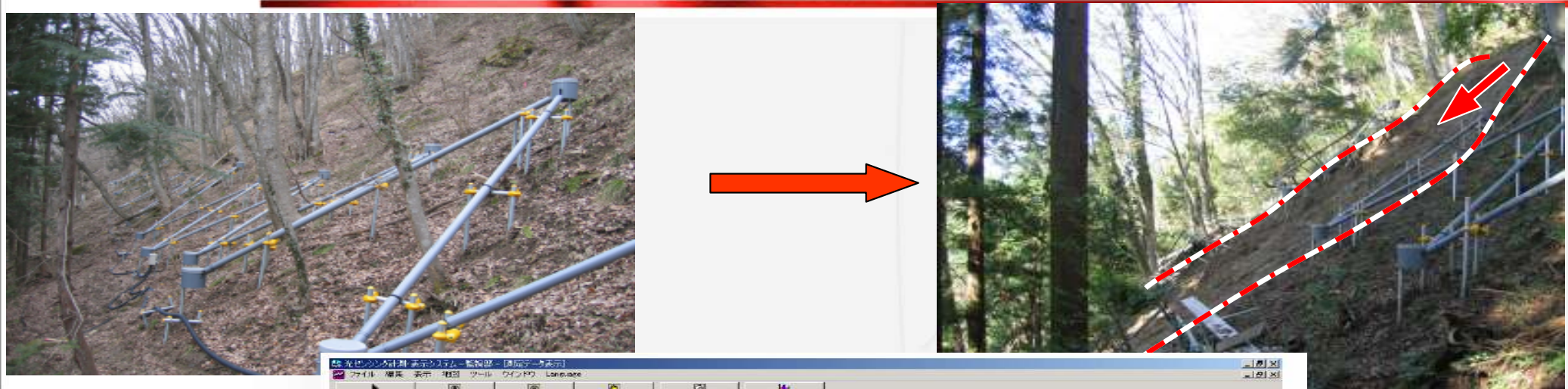


D



- Camino situado bajo ladera que sufre desplazamientos





- La implementación de esta tecnología se realizó gracias al co-financiamiento por parte de Innova-Corfo
- Conclusiones
 - Herramienta de gran impacto en el control de “Sanidad estructural” de grandes obras civiles y mineras.
 - Aplicación directa al control de calidad y operaciones de las grandes estructuras
 - Codelco Chile cuenta con el primer instrumento que le permite medir en línea la conducta geomecánica de sus complejos yacimientos. El aprendizaje de conductas que esta herramienta entrega permitirá incrementar la seguridad, rentabilidad y eficiencia de sus activos mineros.
- Perspectivas futuras.
 - La masificación de este novedoso método de medición de deformaciones en la minería y su validación como herramienta de tipo predictiva tiene importantes y masivas aplicaciones en el ámbito de las obras civiles publicas y construcción en general.
 - La capacidad para establecer el estado de una gran estructura civil antes y después de un sismo convierten a esta herramienta en una gran oportunidad para aumentar la seguridad de la infraestructura nacional.