

# Un problema inverso de sismicidad en minería

Roberto Morales Ponce

**Laboratorio de Modelación Matemática I**

Departamento de Matemática  
Universidad Técnica Federico Santa María

**Segundo semestre de 2022**

# Introducción

# Introducción

La minería es una de las principales actividades económicas en países como Chile, Perú y China. Además es esperable que esto sea así por un largo tiempo.

En general, esta es una labor peligrosa, y por lo tanto se consideran muchas precauciones para prevenir accidentes.

En muchos casos, la falta de seguridad termina en accidentes que pueden ser de algunas heridas o muertes de personal.

En general, los derrumbes de rocas son la principal causa de tales accidentes.

La minería es una labor que induce actividad sísmica. En particular, se producen temblores o microsismos dependiendo de su magnitud al realizar Block caving.

Es por estas razones de que es importante saber cómo se lleva a cabo la propagación de las ondas sísmicas.

# Modelo matemático

# Modelo matemático

En lo que sigue, asumiremos que los eventos sísmicos son modelados por la ecuación de ondas en un medio isotrópico:

$$\begin{cases} \partial_t^2 u(x, t) - c^2(x) \Delta u(x, t) = f(x)g(t), & \text{en } \mathbb{R}^n \times (0, T), \\ u(x, 0) = 0, & \text{en } \mathbb{R}^n, \\ \partial_t u(x, 0) = 0, & \text{en } \mathbb{R}^n. \end{cases}$$

donde

- $c$  denota la velocidad de propagación de la onda,
- $f(x)g(t)$  es una fuerza externa de variables separadas.
- $u$  mide la amplitud de las ondas sísmicas.

# Formulación del problema

Consideremos un conjunto  $\Omega \subset \mathbb{R}^n$  y consideremos un conjunto de mediciones obtenidas por geófonos, dados por  $\partial_t u(x, t)$ , que son obtenidos por  $\partial\Omega$  para cada tiempo  $t \in [0, T]$ .

## Problema Inverso

El objetivo es reconstruir la parte espacial de la fuente  $f(x)$  a partir de las mediciones  $\partial_t u$  sobre  $\partial\Omega \times (0, T)$ .

## El operador $\Lambda$

Para expresar el problema anterior, podemos definir el operador  $\Lambda$  dado por

$$\Lambda f := \partial_t u|_{\partial\Omega \times (0,T)}.$$



# Trabajos

# Algunas aristas para trabajar

- Resultados teóricos.
- Problemas inversos bayesianos.
- Implementación y simulación.

# Referencias

## Problemas Inversos

- Brevis, R. I., Ortega, J. H., & Pardo, D. (2017). A source time reversal method for seismicity induced by mining. *Inverse Problems & Imaging*, 11(1), 25.
- Uhlmann, G. (2014). Inverse problems: seeing the unseen. *Bulletin of Mathematical Sciences*, 4(2), 209-279.

## Problemas Inversos Bayesianos

- Stuart, A. M. (2010). Inverse problems: a Bayesian perspective. *Acta numerica*, 19, 451-559.
- Chiachío-Ruano, J., Chiachio-Ruano, M., & Sankararaman, S. (Eds.). (2021). *Bayesian Inverse Problems: Fundamentals and Engineering Applications*. CRC Press.

# ¡Muchas gracias por su atención!

**Contacto:** roberto.moralesp@usm.cl