

Erosión de Morenas y Diques Naturales

Rachel Chisolm, PhD

The University of Texas at Austin
Center for Research in Water Resources

8 de Agosto, 2016



La Cadena de Procesos de un Aluvión

- Avalancha hacia la Laguna
- Oleaje Desbordando la Morrena
- **Erosión de la Morrena**
- Inundación Río Abajo
- Peligro en la Ciudad

Modelo de la Cadena de Procesos

Simulación de la avalancha

Simulación de oleaje sobre la laguna

Simulación del colapso de la morrena

Simulación de la inundación



La Brecha de Palcococha del Evento de 1941



Video: Modelo de Brecha de un Dique

- Brecha de un dique pequeño con arena y LEGOs: <https://youtu.be/x75zUsT1cco?t=210>

Causas de la Desestabilización del Dique

- Oleaje
- Terremoto
- Filtración de agua
- Reducción rápida del nivel de agua

Factores: Erosión de la Morena

- Composición del dique (si es material erosionable)
- Morfología del dique (su forma)
 - Especialmente la pendiente en el lado distal
- Evento que causa la erosión y/o desestabilización del dique

¿PREGUNTAS?

Simulación de la Erosión del Dique

- Modelos de 1D
 - Modelos paramétricos y empíricos (usando estadísticos para describir la brecha)
 - Modelos hidráulicos
- Modelos “coupled”
 - Simulan los procesos hidráulicos y los procesos de erosión simultáneamente

Modelos Empíricos vs. Modelos Dinámicos

- Modelos empíricos/ paramétricos
 - Se asume que una brecha es posible
 - Mas sencillos
 - Menos tiempo y recursos para usarlos
 - Dependen de las opiniones de ingenieros
- Modelos dinámicos
 - Determinar *si es posible* una brecha
 - Mas complejos y requieren muchos recursos computacionales
 - Requieren mas datos de entrada

Desafíos en Modelamiento de Brechas Morénicas

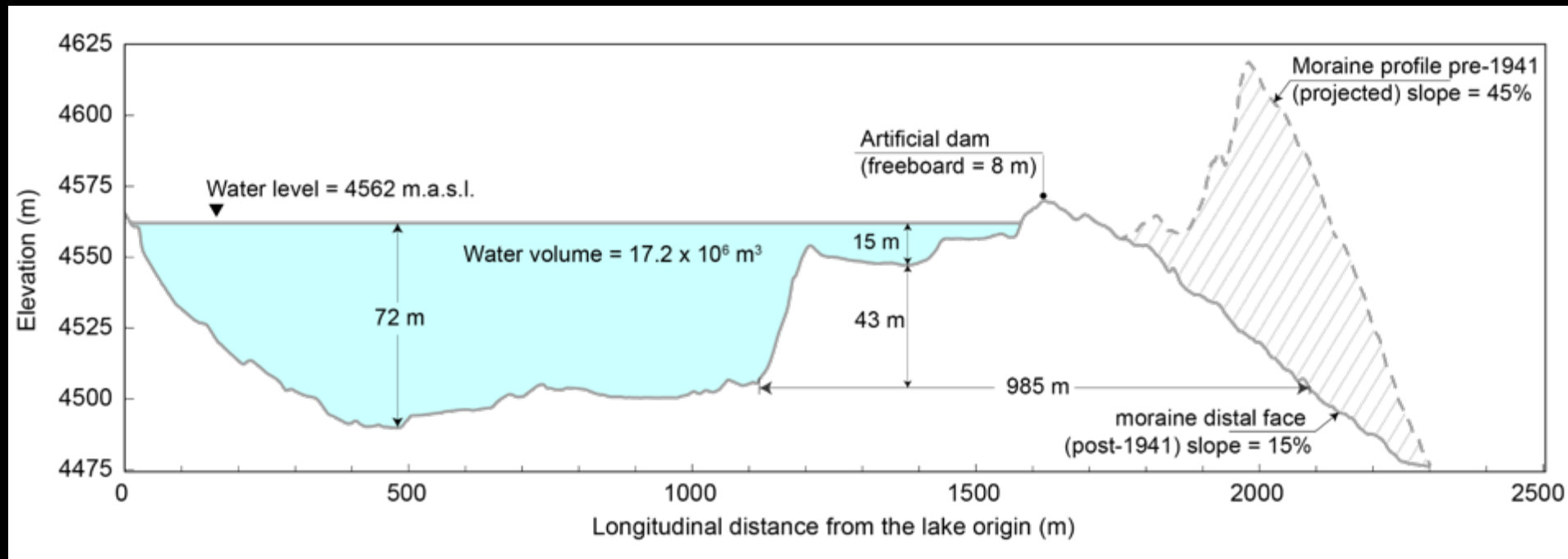
- Representación correcta de la erosión y sedimentación
- Modelamiento de erosión cuando una célula no esta sumergida todo el tiempo
- Fallas de pendiente (slope failure) que resultan de la erosión y cambios en la topografía por la erosión
- Tiempo de computación

¿PREGUNTAS?

Simulación de Erosión de la Morrena de Palcacocha

- **Objetivo:** *Determinar si es posible/probable una brecha en la morrena (el dique)*
- BASEMENT: un modelo hidro-morfodinámico que simula los procesos de erosión de sedimentos
 - Componente hidrodinámico- 2D con la aproximación Boussinesq (SWE)
 - Usa calibración para reproducir las condiciones del modelo 3D en el dique
 - Modelo Meyer-Peter and Müller (MPM)- para modelar el arrastre de fondo (funciones empíricas para simular la erosión y deposición de sedimentos)
- Se usaron las características más desfavorables (“peor caso”) para obtener un resultado conservador
 - Características del suelo
 - Taza de transporte de la carga del lecho
 - Características del fracaso de pendiente

Perfil longitudinal de la laguna y la morrena



Factor de exageración vertical de 5 (Somos-Valenzuela, et al. 2015).

Parámetros de la brecha potencial en la morrena

Parámetro	Magnitud	Unidades
Profundidad del agua	56	(m)
Volumen de agua embalsado	16.4×10^6	(m ³)
Volumen de material morrenico erosionable	3.65×10^6	(m ³)
Altura de la morrena	66	(m)

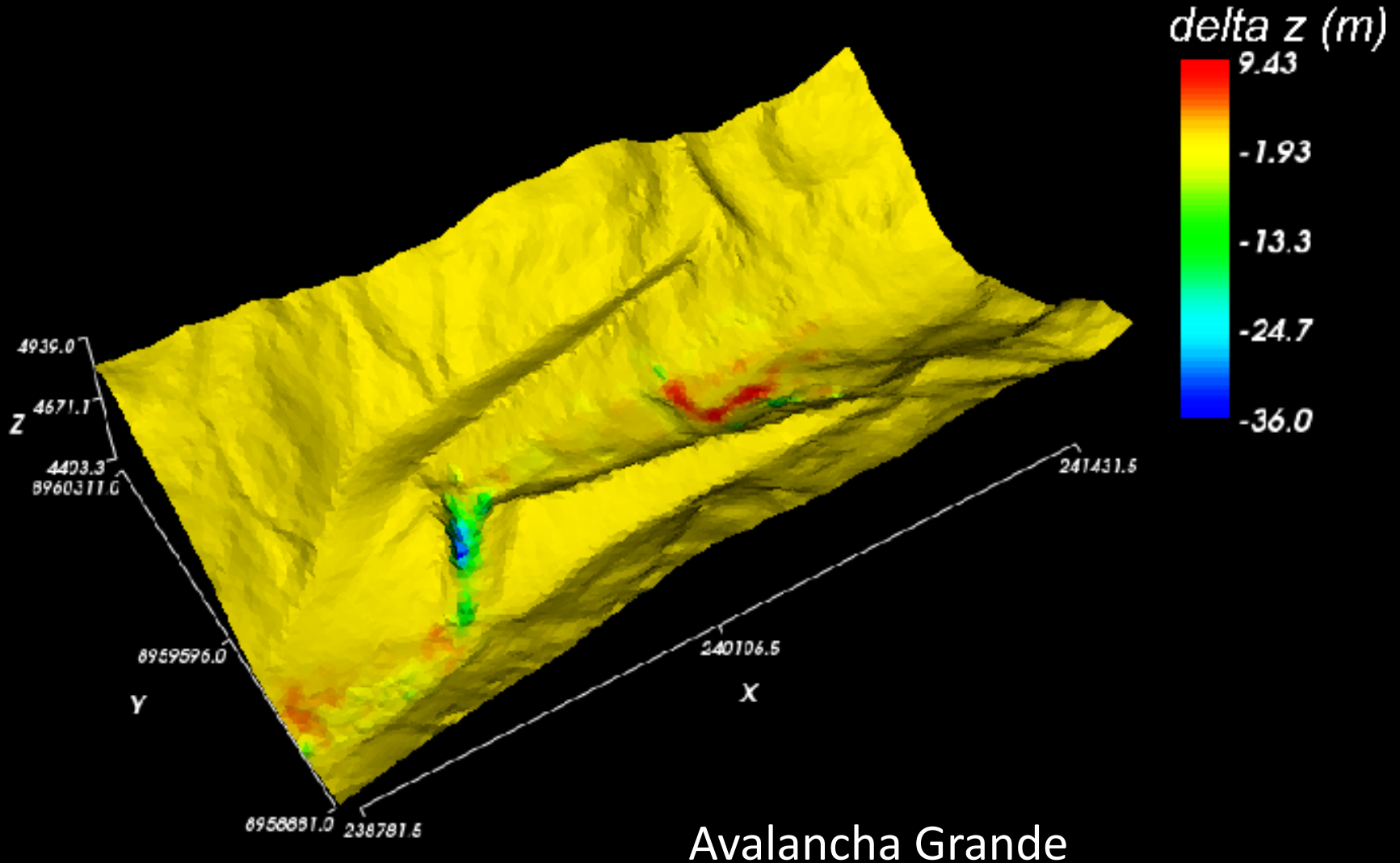
Parámetros de la Matriz de Suelo

Parámetro Morfodinámico	Valor	Fuente
Formula de transporte de sedimento	MPM de grano uniforme	Meyer-Peter and Müller (1948)
Diámetro d_{50}	1 mm	Novotny and Klimes (2014)
Porosidad	40%	Valor tipico para sedimento esferico
Factor de carga del lecho	2	Modificado de Wong and Parker (2006) y Worni et al. (2012)
Ángulo de falla de taludes sumergidos	36.5 grados	Novotny and Klimes (2014)
Ángulo de falla de taludes secos	77 grados	Worni et al. (2014)
Ángulo de falla de sedimento depositado	15 grados	Worni et al. (2014)

Resultados: Erosión de la Morrena

- Buena similitud entre los hidrogramas del modelo 2D (BASEMENT) y 3D (FLOW-3D) con calibración del modelo BASEMENT
- Disminución o socavación del lecho del canal de descarga (abajo del dique) de hasta 36 m
- ***Una brecha es extremadamente improbable***
 - No se abre un canal en el dique para drenar la laguna en las simulaciones de BASEMENT

Resultados: Erosión de la Morrena



Construcción de Sistemas de Seguridad de Lagunas

Como prevenir brechas durante la construcción



Resumen

- Brechas pueden ser catastróficas
- Factores mas importantes:
 - Material del dique
 - La forma del dique
 - La pendiente del lado distal
 - El ancho

De todos los procesos de un aluvión, la brecha del dique es lo que tiene mas oportunidades y necesidades de investigación. Aun falta mucho en la tecnología de modelamiento de brechas.

¿PREGUNTAS?