

UNIDAD 3 — MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RELAVES

Christian Ihle

Departamento de Ingeniería de Minas
UNIVERSIDAD DE CHILE

MI5170 — Agua y Relaves

28 de marzo de 2023



1 Generalidades

2 Introducción al manejo de relaves

Comunidades relevantes

Congresos:

- Relaves
 - Tailings (Santiago)
 - Tailings & Mine Waste
 - IMPC
- Flujo y espesamiento de lodos
 - Hydrotransport
 - Paste
 - Fluimin
 - Optimus Pipe
 - SOCHID/IAHR
- Gestión y manejo de agua
 - Water in mining
 - LatAm Mine Waste Summit

Journals:

- Minerals Engineering
- Journal of Cleaner Production
- Int. J. of Water Reclamation
- Minerals
- Física de fluidos y mezclas (JFM, PoF, JNNFM, PT, JoR, RA, etc.)

Formas de manejo de relaves

- 1 Sistemas de transporte de material seco (relaves filtrados)
- 2 Sistema de transporte hidráulico (relaves convencionales/alta densidad/pasta)



Sistemas de transporte de material seco/húmedo



¿Cuándo usar sistemas de transporte hidráulico? (o sistemas de transporte a granel)

- 1 Distancias son muy largas
- 2 Desaguar no es opción (inversión, tecnología de planta, etc.)
- 3 No hay infraestructura auxiliar para el manejo de material seco

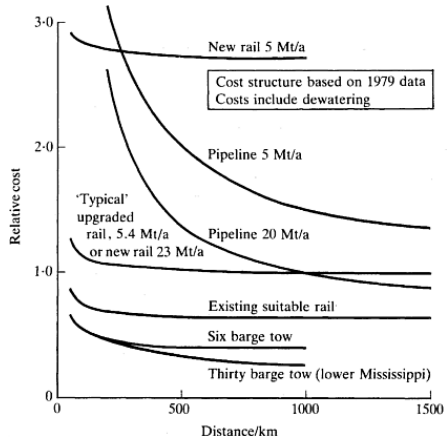
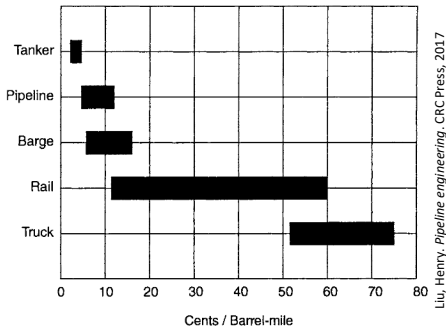


Figure 2 . Coal transportation costs (6)

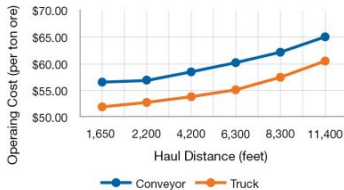
1,000 t/d: Haul Distance vs. Operating Costs

Figure 2: 1,000 t/d, Haul Distance, Method and Opex

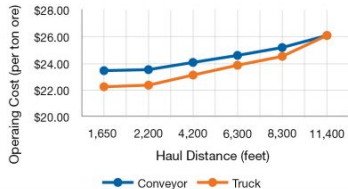
5,000 t/d: Haul Distance vs. Operating Costs

Figure 4: 5,000 t/d, Haul Distance, Method and Opex

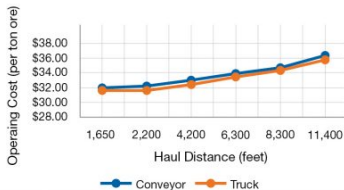
2,500 t/d: Haul Distance vs. Operating Costs

Figure 3: 2,500 t/d, Haul Distance, Method and Opex

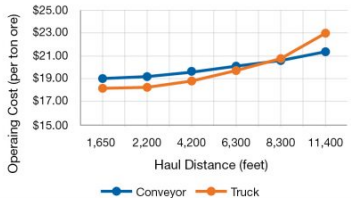
10,000 t/d: Haul Distance vs. Operating Costs

Figure 5: 10,000 t/d, Haul Distance, Method and Opex

SELECTION FACTOR	RAIL	PIPELINE
Distance	<ul style="list-style-type: none"> • Suited to 100+ km • Cut and fill quantities important 	<ul style="list-style-type: none"> • Suited to 100+ km • Potentially higher cost BEP
Constructability – Rugged Terrain	<ul style="list-style-type: none"> • Heavy equipment for sleeper plant (in country), track, and bridge construction • High earthworks 	<ul style="list-style-type: none"> • Pipeline simpler to construct, with minimal earthworks
River Crossings	<ul style="list-style-type: none"> • High cost for bridges and culverts 	<ul style="list-style-type: none"> • Stream crossings simpler and cheaper (buried under stream bed)
Water Requirements	<ul style="list-style-type: none"> • Minor 	<ul style="list-style-type: none"> • Water supply required for slurry preparation
Future Expansion	<ul style="list-style-type: none"> • Additional rolling stock • Sidings 	<ul style="list-style-type: none"> • No expansion unless initially undersized or designed as batch transfer • Large diameter for future use means significant extra quantities of water

Security and Interference	<ul style="list-style-type: none"> Exposed to risk from human and environmental influences 	<ul style="list-style-type: none"> Better protected and thus more secure because buried
Safety – Local Population	<ul style="list-style-type: none"> Exposure to moving equipment 	<ul style="list-style-type: none"> Bauxite is enclosed in buried pipeline
Environmental – Habitats	<ul style="list-style-type: none"> Can restrict fauna movement 	<ul style="list-style-type: none"> Low impact – Lower requirement for clearing because footprint is small Habitat not cut off or isolated
Environmental – Noise and Dust	<ul style="list-style-type: none"> Moderate to high impact 	<ul style="list-style-type: none"> Low impact – No noise or dust issues except during construction
Community – Impact of Route	<ul style="list-style-type: none"> High impact Larger deviations result in longer route 	<ul style="list-style-type: none"> Low impact – Can deviate easily Fewer resettlement issues

Tuberías vs canaletas

Característica	Canaletas	Tuberías
Fuerza motriz	gravedad	gravedad + bombas
Longitud de trazado	arbitraria	arbitraria
Pendiente de trazado	negativa	arbitraria (según impulsión disponible)
Control de flujo	limitado	flexible
Límite de operación	velocidad y altura	velocidad y presión
Mantenibilidad	fácil acceso a interior	sistema confinado
Capacidad	velocidad y altura	velocidad y presión

Disipación de energía

Canaletas



Tuberías



Gradiente hidráulico (HG)

Definición

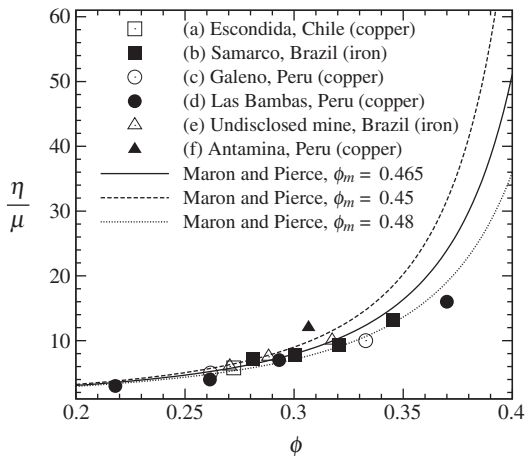
Pendiente de la línea de energía del sistema

- 1 Pérdidas singulares despreciables (a menos que se trate de instalaciones de disipación)
- 2 Altura de velocidad despreciable

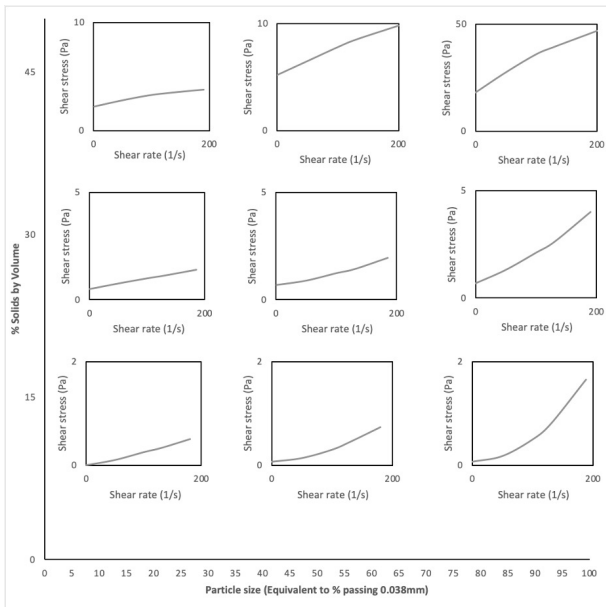
$$HG = \frac{B_1 - B_2}{L} \approx \frac{fL}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

En este caso se tiene que $f = F(Re, He)$.

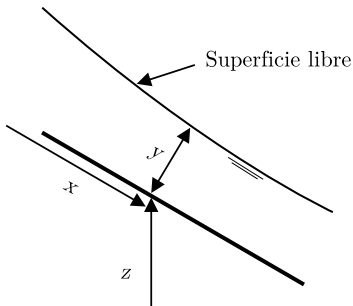
Viscosidad plástica



Tendencia general (reología)



Canaletas



- 1 Altura de escurrimiento puede variar
- 2 No necesariamente está alineada con la pendiente de fondo de la canaleta

i : Pendiente de fondo de la canaleta ($i > 0$ implica que la cota del fondo decrece)

$j \equiv HG$: Pendiente de fricción ($j > 0$), dada por las pérdidas de energía en la canaleta.

$$\frac{dH}{dx} = -j, \quad (2)$$

con

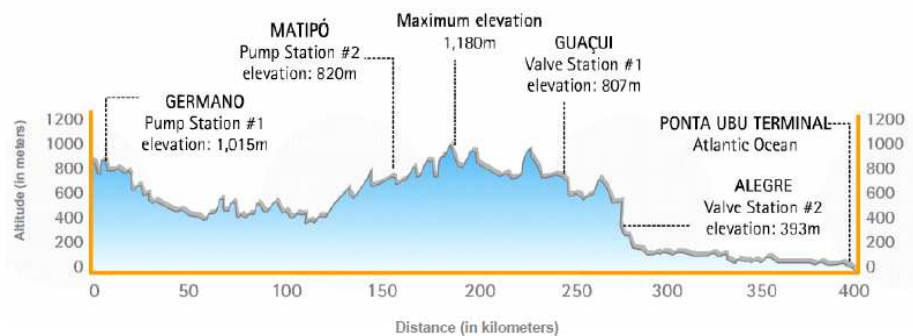
$$H = z + y + \frac{Q^2}{2gA^2} \quad (3)$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{i - j}{1 - Fr^2}, \quad (4)$$

con $Fr = \frac{Q}{A\sqrt{gy}}$ (número de Froude).

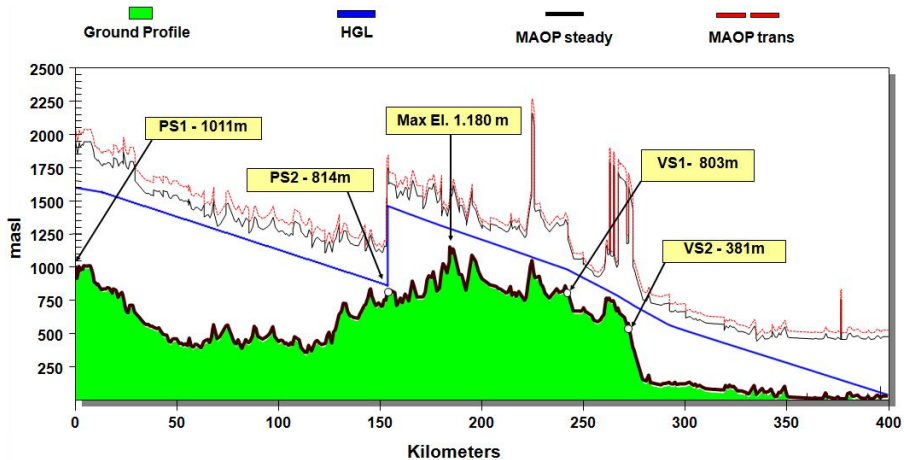
$$Fr \begin{cases} < 1 & \text{flujo subcrítico} \\ > 1 & \text{flujo supercrítico} \end{cases} \quad (5)$$

Tramos ascendentes no admiten flujo en canaleta



Consumo de energía

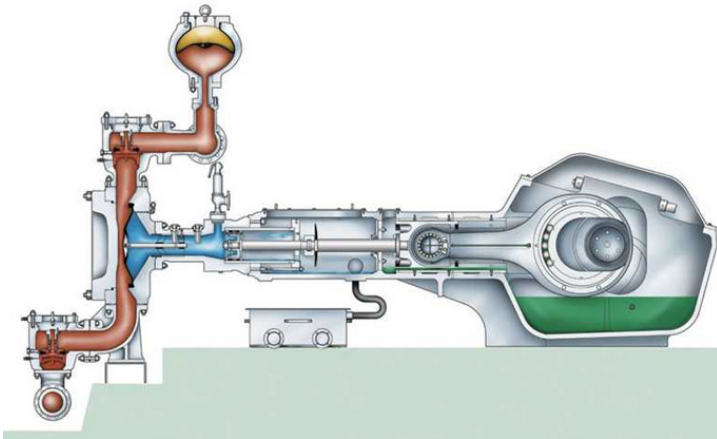
Sistemas presurizados

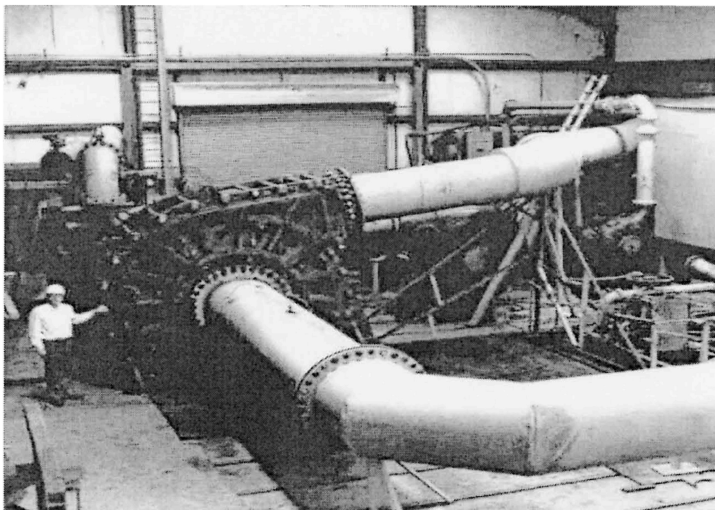


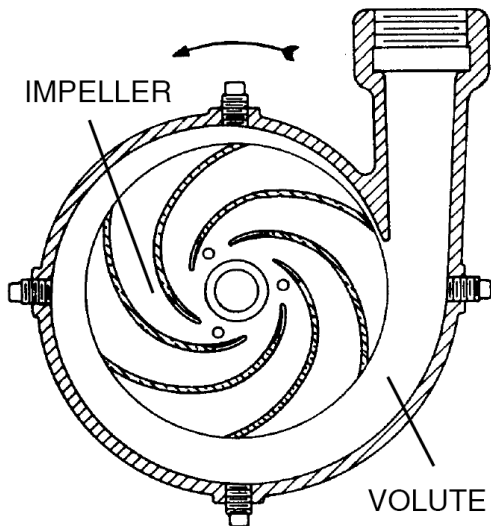
Bombas de desplazamiento positivo

Mineroductos

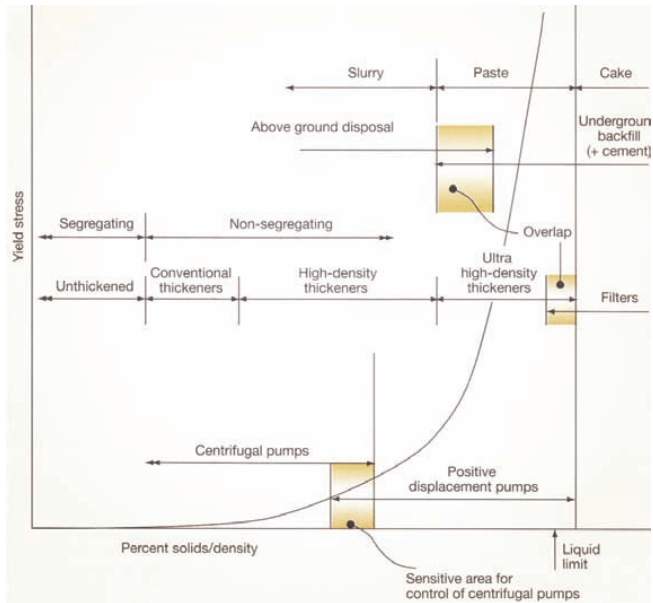








Relación lodo-condición de transporte



Algunos mineroductos/relaveductos

Faena	diám. (in)	servicio	largo (km)	cap. (kTPD)
MEL	6/7 y 9	conc. Cu	185	4 y 5,5
CMDIC	7 \rightarrow 8	conc. Cu	180	3 \rightarrow 4
CMP	10	conc. Fe	120	\sim 10
CNN		conc. Fe	82	\sim 4
SAMARCO 1 (Brasil)	20/22	conc. Fe	398	55,5
MAA (Argentina)	7	conc. Cu	320	3
MLP	7	conc. Cu	120	\sim 3,1
MLP	28/36	relave Cu	50	\sim 158
Antamina (Perú)	8-10	conc. Cu-Mo-Zn	302	3,1
Anglo Los Bronces	20/24	mineral Cu	56	60/75

UNIDAD 3 — MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RELAVES

Christian Ihle

Departamento de Ingeniería de Minas
UNIVERSIDAD DE CHILE

MI5170 — Agua y Relaves

28 de marzo de 2023

