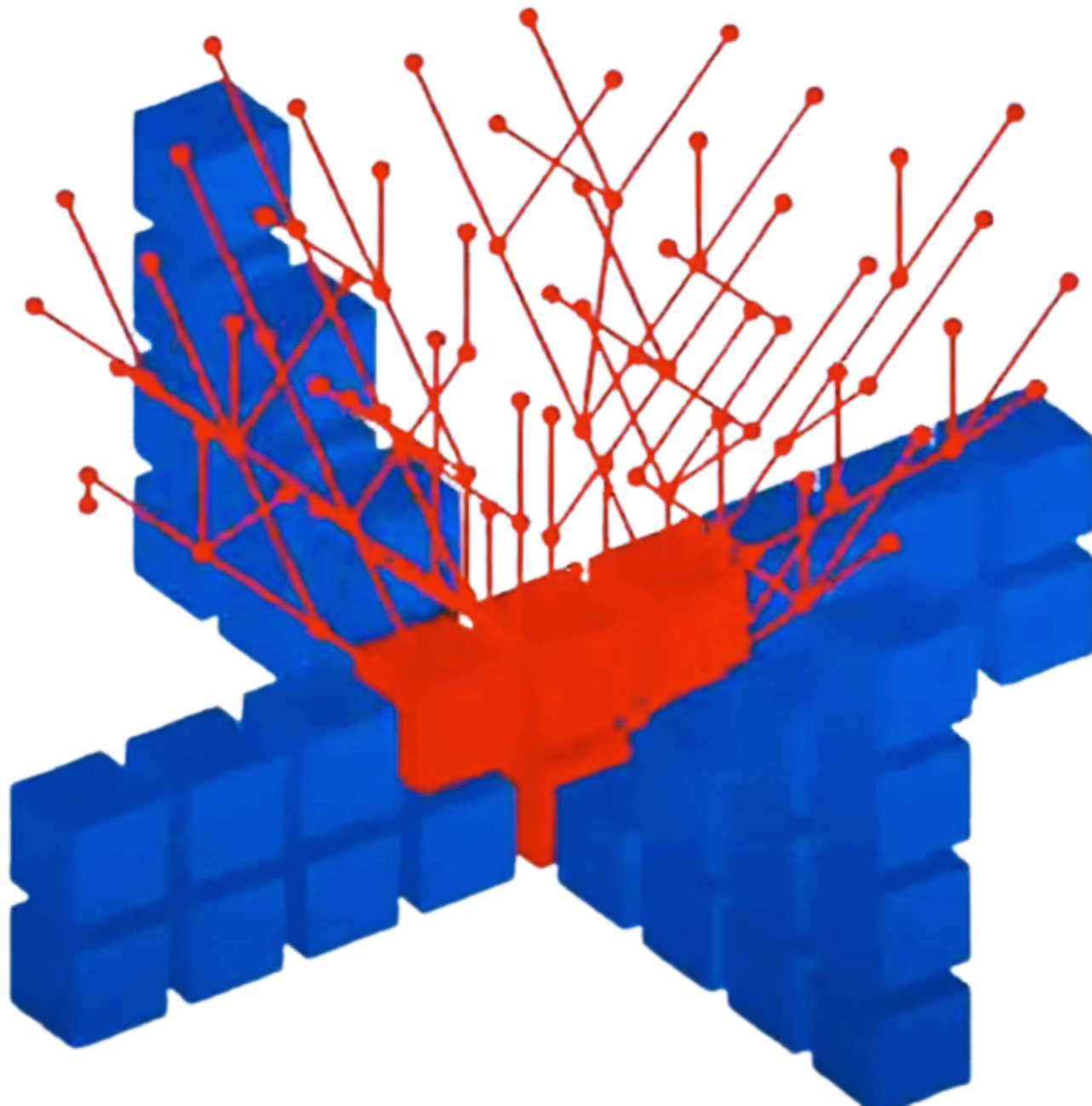
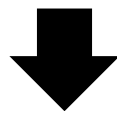


# ALGORITMO DE LERCHS & GROSSMAN

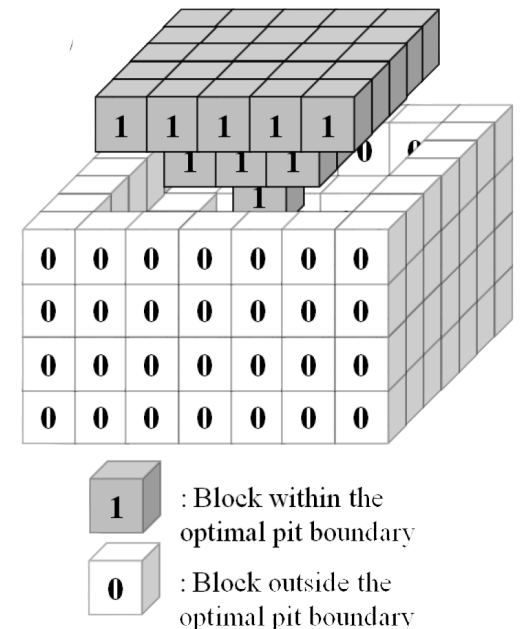


# ¿Qué es?

Un algoritmo matemático utilizado en la minería para determinar el límite óptimo del tajo, maximizando el beneficio económico de una mina a cielo abierto.



## Fundamentos del Algoritmo



El algoritmo se basa en los siguientes principios:

### Modelo de Bloques

Se representa como un modelo tridimensional, donde cada bloque tiene un valor económico asociado, positivo si contiene mineral rentable o negativo si representa costo de extracción y procesamiento.

### Teoría de Grafos

Se establece una red de dependencias entre los bloques, donde algunos deben ser extraídos antes que otros para garantizar la estabilidad del tajo.

### Programación Dinámica

Se utiliza este método matemático para evaluar cada combinación de extracción y seleccionar la que maximiza la rentabilidad total.

# Valoración de Bloques

Para la valoración de los bloques, se consideran tanto los ingresos generados por el mineral extraído como los costos asociados a su extracción, procesamiento y venta. La diferencia entre estos valores permite determinar la rentabilidad de cada bloque y su contribución al diseño óptimo del tajo.

Representación del modelo de bloques de un cuerpo mineral que muestra los valores económicos para cada bloque

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| -2 | -2 | -2 | -2 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| -2 | -2 | -2 | -2 | 8  | 15 | 10 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | 20 | 15 | 15 | 10 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | 5  | 15 | 15 | 10 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 |

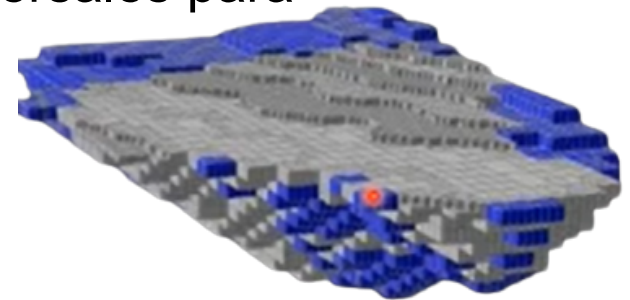
# Determinación del Límite Óptimo del Tajo

## Límite Óptimo

Se obtiene la configuración final del tajo que maximiza el valor presente neto (VPN).

El método bidimensional de Lerchs-Grossman permitirá diseñar, en una sección vertical, la geometría del pit que arroja la máxima utilidad neta.

- Se divide el modelo de bloques en cortes transversales para simplificar el análisis de precedencias.
- Si consideramos una sección vertical de un depósito con un ángulo de talud de  $45^\circ$



|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | 8  | 12 | 12 | 0  | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 |
| 2 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | 0  | 12 | 12 | 8  | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 |
| 3 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | 8  | 12 | 12 | 0  | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 |
| 4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | 0  | 12 | 12 | 8  | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 |
| 5 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | 8  | 12 | 12 | 0  | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 |
| 6 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | 0  | 12 | 12 | 8  | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 |
| 7 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | 8  | 12 | 12 | 0  | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 |
| 8 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | 0  | 12 | 12 | 8  | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 |
| 9 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | 12 | 12 | 12 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 |

# Construcción del Modelo Matemático

- Se agregan ceros en la parte superior para representar la superficie y en los bordes como restricciones.
- Se aplica una suma acumulativa en las columnas para propagar los valores de rentabilidad.

|   |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0 | -4  | -4  | -4  | -4  | 8   | 12  | 12 | 0  | -4 | -4 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  |
| 0 | -4  | -8  | -4  | -4  | 0   | 12  | 12 | 8  | -4 | -4 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  |
| 0 | -4  | -4  | -12 | -4  | -4  | 8   | 12 | 12 | 0  | -4 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  |
| 0 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | 0   | 12 | 12 | 8  | -4 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  |
| 0 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | 8  | 12 | 12 | 0  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  |
| 0 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4 | 0  | 12 | 12 | 8   | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  |
| 0 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4 | -4 | 8  | 12 | 12  | 0   | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  |
| 0 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4 | -4 | -4 | 0  | 12  | 12  | 8   | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  |
| 0 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4 | -4 | -4 | -4 | 12  | 12  | 12  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  |
| 0 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | 8   | 12 | 12 | 0  | -4 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  |
| 0 | -8  | -8  | -8  | -8  | -8  | 8   | 24 | 24 | 8  | -8 | -8  | -8  | -8  | -8  | -8  | -8  | -8  | -8  | -8  |
| 0 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | 4   | 32 | 36 | 20 | -8 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 |
| 0 | -16 | -16 | -16 | -16 | -16 | 0   | 32 | 48 | 32 | 0  | -16 | -16 | -16 | -16 | -16 | -16 | -16 | -16 | -16 |
| 0 | -20 | -20 | -20 | -20 | -20 | -4  | 28 | 56 | 44 | 12 | -20 | -20 | -20 | -20 | -20 | -20 | -20 | -20 | -20 |
| 0 | -24 | -24 | -24 | -24 | -24 | -8  | 24 | 56 | 56 | 24 | -24 | -24 | -24 | -24 | -24 | -24 | -24 | -24 | -24 |
| 0 | -28 | -28 | -28 | -28 | -28 | -12 | 20 | 52 | 64 | 36 | -28 | -28 | -28 | -28 | -28 | -28 | -28 | -28 | -28 |
| 0 | -32 | -32 | -32 | -32 | -32 | -16 | 16 | 48 | 64 | 48 | -32 | -32 | -32 | -32 | -32 | -32 | -32 | -32 | -32 |
| 0 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -20 | 12 | 44 | 60 | 60 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 |

# Construcción del Modelo Matemático

- Se define la ecuación para evaluar cada bloque:  $P_{ij} = M_{ij} + \max(P_{i+k,j-1})$   
Donde:
  - $P_{ij}$  es el valor acumulado del bloque actual
  - $M_{ij}$  es el valor económico del bloque.
- Se elige el máximo entre los tres bloques a la izquierda (arriba, mismo nivel y abajo) para garantizar estabilidad en la extracción.
- Se inicia el cálculo desde la primera columna y se avanza hacia la derecha.
- Para cada bloque, se selecciona el máximo valor entre los tres bloques de la columna anterior y se suma el valor económico del bloque actual.
- Este proceso se repite hasta completar la matriz.

|   | 1 | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |
|---|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 1 | 0 | -4  | -4  | -4  | -4   | 8    | 20   | 44   | 60  | 76  | 92  | 96  | 104 | 108 | 104 |
| 2 | 0 | -8  | -8  | -8  | -8   | 4    | 32   | 60   | 80  | 96  | 100 | 108 | 112 | 108 | 108 |
| 3 | 0 | -12 | -20 | -24 | -24  | -24  | -8   | 36   | 72  | 104 | 108 | 116 | 120 | 116 | 104 |
| 4 | 0 | -16 | -28 | -36 | -40  | -40  | -24  | 24   | 84  | 116 | 128 | 132 | 128 | 128 | 116 |
| 5 | 0 | -20 | -36 | -48 | -56  | -60  | -44  | 4    | 80  | 128 | 148 | 144 | 144 | 132 | 112 |
| 6 | 0 | -24 | -44 | -60 | -72  | -80  | -68  | -20  | 60  | 136 | 160 | 164 | 152 | 140 | 112 |
| 7 | 0 | -28 | -52 | -72 | -88  | -100 | -92  | -48  | 32  | 124 | 172 | 176 | 164 | 156 | 108 |
| 8 | 0 | -32 | -60 | -84 | -104 | -120 | -116 | -76  | 0   | 96  | 172 | 188 | 184 | 164 | 104 |
| 9 | 0 | -36 | -68 | -96 | -120 | -140 | -140 | -104 | -32 | 60  | 156 | 200 | 196 | 160 | 96  |

$-36 + \text{Máx}(-36, -32) = -68$

En la última fila, solo se elige entre la izquierda arriba y la izquierda al lado debido a que no hay valores debajo

# Construcción del Modelo Matemático

|   |   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9  | 10 | 11  | 12  | 13  | 14  |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
|   | 0 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 1 | 0 | -4  | -4  | -4  | -4  | -4  | 8   | 12 | 12 | 0  | -4 | -4  | -4  | -4  | -4  |
| 2 | 0 | -8  | -8  | -8  | -8  | -8  | 8   | 24 | 24 | 8  | -8 | -8  | -8  | -8  | -8  |
| 3 | 0 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | 4   | 32 | 36 | 20 | -8 | -12 | -12 | -12 | -12 |
| 4 | 0 | -16 | -16 | -16 | -16 | -16 | 0   | 32 | 48 | 32 | 0  | -16 | -16 | -16 | -16 |
| 5 | 0 | -20 | -20 | -20 | -20 | -20 | -4  | 28 | 56 | 44 | 12 | -16 | -20 | -20 | -20 |
| 6 | 0 | -24 | -24 | -24 | -24 | -24 | -8  | 24 | 56 | 56 | 24 | -8  | -24 | -24 | -24 |
| 7 | 0 | -28 | -28 | -28 | -28 | -28 | -12 | 20 | 52 | 64 | 36 | 4   | -24 | -28 | -28 |
| 8 | 0 | -32 | -32 | -32 | -32 | -32 | -16 | 16 | 48 | 64 | 48 | 16  | -16 | -32 | -32 |
| 9 | 0 | -36 | -36 | -36 | -36 | -36 | -20 | 12 | 44 | 60 | 60 | 28  | -4  | -36 | -36 |

|   |   | 1   | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |
|---|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | 0 | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 1 | 0 | -4  | -4  | -4  | -4   | -4   | 32   | 32   | 92  | 96  | 104 | 108 | 108 | 108 | 108 |
| 2 | 0 | -8  | -12 | -12 | -12  | -12  | 4    | 32   | 60  | 80  | 96  | 100 | 108 | 112 | 108 |
| 3 | 0 | -12 | -20 | -24 | -24  | -24  | -8   | 32   | 72  | 104 | 108 | 116 | 120 | 116 | 116 |
| 4 | 0 | -16 | -28 | -36 | -40  | -40  | -24  | 24   | 84  | 116 | 128 | 132 | 128 | 128 | 116 |
| 5 | 0 | -20 | -36 | -48 | -56  | -60  | -44  | 4    | 80  | 128 | 148 | 144 | 144 | 132 | 120 |
| 6 | 0 | -24 | -44 | -60 | -72  | -80  | -68  | -20  | 60  | 136 | 160 | 164 | 152 | 140 | 132 |
| 7 | 0 | -28 | -52 | -72 | -88  | -100 | -92  | -48  | 32  | 124 | 172 | 176 | 164 | 156 | 136 |
| 8 | 0 | -32 | -60 | -84 | -104 | -120 | -116 | -76  | 0   | 96  | 172 | 188 | 184 | 164 | 132 |
| 9 | 0 | -36 | -68 | -96 | -120 | -140 | -140 | -104 | -32 | 60  | 156 | 200 | 196 | 160 | 128 |

$$32 + \text{Máx}(-8, -24, -44) = 24$$

# Identificación del Pit Final

- Se observa la primera fila y se identifica el valor máximo, en este caso 108.
- Se marca este valor y se indica que aquí inicia el pit.

|   | 1 | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9                  | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |     |
|---|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | AQUI INICIA EL PIT |     |     | 0   | 0   | 0   |     |     |
| 1 | 0 | -4  | -4  | -4  | -4   | 8    | 20   | 44   | 60                 | 76  | 92  | 96  | 104 | 108 | 104 |     |
| 2 | 0 | -8  | -12 | -12 | -12  | 4    | 32   | 60   | 80                 | 96  | 100 | 108 | 112 | 108 | 108 |     |
| 3 | 0 | -12 | -20 | -24 | -24  | -8   | 36   | 72   | 104                | 108 | 116 | 120 | 116 | 116 | 104 |     |
| 4 | 0 | -16 | -28 | -36 | -40  | -40  | -24  | 24   | 84                 | 116 | 128 | 132 | 128 | 128 | 116 | 104 |
| 5 | 0 | -20 | -36 | -48 | -56  | -60  | -44  | 4    | 80                 | 128 | 148 | 144 | 144 | 132 | 120 | 112 |
| 6 | 0 | -24 | -44 | -60 | -72  | -80  | -68  | -20  | 60                 | 136 | 160 | 164 | 152 | 140 | 132 | 112 |
| 7 | 0 | -28 | -52 | -72 | -88  | -100 | -92  | -48  | 32                 | 124 | 172 | 176 | 164 | 156 | 136 | 108 |
| 8 | 0 | -32 | -60 | -84 | -104 | -120 | -116 | -76  | 0                  | 96  | 172 | 188 | 184 | 164 | 132 | 104 |
| 9 | 0 | -36 | -68 | -96 | -120 | -140 | -140 | -104 | -32                | 60  | 156 | 200 | 196 | 160 | 128 | 96  |

- Desde el valor máximo identificado, se sigue un recorrido seleccionando el mayor valor entre los tres bloques de la izquierda (arriba, al lado y abajo) hasta llegar al final de la matriz.

|   | 1 | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9                  | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |     |
|---|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | AQUI INICIA EL PIT |     |     | 0   | 0   | 0   |     |     |
| 1 | 0 | -4  | -4  | -4  | -4   | 8    | 20   | 44   | 60                 | 76  | 92  | 96  | 104 | 108 | 104 |     |
| 2 | 0 | -8  | -12 | -12 | -12  | 4    | 32   | 60   | 80                 | 96  | 100 | 108 | 112 | 108 | 108 |     |
| 3 | 0 | -12 | -20 | -24 | -24  | -8   | 36   | 72   | 104                | 108 | 116 | 120 | 116 | 116 | 104 |     |
| 4 | 0 | -16 | -28 | -36 | -40  | -40  | -24  | 24   | 84                 | 116 | 128 | 132 | 128 | 128 | 116 | 104 |
| 5 | 0 | -20 | -36 | -48 | -56  | -60  | -44  | 4    | 80                 | 128 | 148 | 144 | 144 | 132 | 120 | 112 |
| 6 | 0 | -24 | -44 | -60 | -72  | -80  | -68  | -20  | 60                 | 136 | 160 | 164 | 152 | 140 | 132 | 112 |
| 7 | 0 | -28 | -52 | -72 | -88  | -100 | -92  | -48  | 32                 | 124 | 172 | 176 | 164 | 156 | 136 | 108 |
| 8 | 0 | -32 | -60 | -84 | -104 | -120 | -116 | -76  | 0                  | 96  | 172 | 188 | 184 | 164 | 132 | 104 |
| 9 | 0 | -36 | -68 | -96 | -120 | -140 | -140 | -104 | -32                | 60  | 156 | 200 | 196 | 160 | 128 | 96  |

# Pit Final

|   | 1 | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19 |    |
|---|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| 0 | 0 | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  |    |
| 1 | 0 | -4  | -4  | -4  | -4   | -4   | 8    | 20   | 44  | 60  | 76  | 92  | 96  | 104 | 108 | 104 | 104 | 100 | 96 | 92 |
| 2 | 0 | -8  | -12 | -12 | -12  | -12  | 4    | 32   | 60  | 80  | 96  | 100 | 108 | 112 | 108 | 108 | 100 | 96  | 92 | 88 |
| 3 | 0 | -12 | -20 | -24 | -24  | -24  | -8   | 36   | 72  | 104 | 108 | 116 | 120 | 116 | 116 | 104 | 96  | 88  | 84 | 80 |
| 4 | 0 | -16 | -28 | -36 | -40  | -40  | -24  | 24   | 84  | 116 | 128 | 132 | 128 | 128 | 116 | 104 | 96  | 80  | 72 | 68 |
| 5 | 0 | -20 | -36 | -48 | -56  | -60  | -44  | 4    | 80  | 128 | 148 | 144 | 144 | 132 | 120 | 112 | 92  | 76  | 60 | 52 |
| 6 | 0 | -24 | -44 | -60 | -72  | -80  | -68  | -20  | 60  | 136 | 160 | 164 | 152 | 140 | 132 | 112 | 88  | 68  | 52 | 36 |
| 7 | 0 | -28 | -52 | -72 | -88  | -100 | -92  | -48  | 32  | 124 | 172 | 176 | 164 | 156 | 136 | 108 | 84  | 60  | 40 | 24 |
| 8 | 0 | -32 | -60 | -84 | -104 | -120 | -116 | -76  | 0   | 96  | 172 | 188 | 184 | 164 | 132 | 104 | 76  | 52  | 28 | 8  |
| 9 | 0 | -36 | -68 | -96 | -120 | -140 | -140 | -104 | -32 | 60  | 156 | 200 | 196 | 160 | 128 | 96  | 68  | 40  | 16 | -8 |

|   | 1 | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19 |    |
|---|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| 0 | 0 | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  |    |
| 1 | 0 | -4  | -4  | -4  | -4   | -4   | 8    | 20   | 44  | 60  | 76  | 92  | 96  | 104 | 108 | 104 | 104 | 100 | 96 | 92 |
| 2 | 0 | -8  | -12 | -12 | -12  | -12  | 4    | 32   | 60  | 80  | 96  | 100 | 108 | 112 | 108 | 108 | 100 | 96  | 92 | 88 |
| 3 | 0 | -12 | -20 | -24 | -24  | -24  | -8   | 36   | 72  | 104 | 108 | 116 | 120 | 116 | 116 | 104 | 96  | 88  | 84 | 80 |
| 4 | 0 | -16 | -28 | -36 | -40  | -40  | -24  | 24   | 84  | 116 | 128 | 132 | 128 | 128 | 116 | 104 | 96  | 80  | 72 | 68 |
| 5 | 0 | -20 | -36 | -48 | -56  | -60  | -44  | 4    | 80  | 128 | 148 | 144 | 144 | 132 | 120 | 112 | 92  | 76  | 60 | 52 |
| 6 | 0 | -24 | -44 | -60 | -72  | -80  | -68  | -20  | 60  | 136 | 160 | 164 | 152 | 140 | 132 | 112 | 88  | 68  | 52 | 36 |
| 7 | 0 | -28 | -52 | -72 | -88  | -100 | -92  | -48  | 32  | 124 | 172 | 176 | 164 | 156 | 136 | 108 | 84  | 60  | 40 | 24 |
| 8 | 0 | -32 | -60 | -84 | -104 | -120 | -116 | -76  | 0   | 96  | 172 | 188 | 184 | 164 | 132 | 104 | 76  | 52  | 28 | 8  |
| 9 | 0 | -36 | -68 | -96 | -120 | -140 | -140 | -104 | -32 | 60  | 156 | 200 | 196 | 160 | 128 | 96  | 68  | 40  | 16 | -8 |

## Principales softwares que implementan Lerchs & Grossmann

MinePlan (Hexagon): Optimización de pits y secuenciamiento estratégico.

Deswik (Deswik.CAD y Deswik.Sched): Diseño y planificación con integración en fases de minado.

Vulcan (Maptek): Modelado geológico y optimización de pits.

NPV Scheduler (Datamine): Optimización avanzada con análisis de sensibilidad.

**Si te ha gustado comparte  
y síguenos para más  
contenido**



**GEIPLAMIN**

GRUPO DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DE  
PLANEAMIENTO MINERO