

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Ingeniería de Minas
EDV2021 - Escuela de Verano DELPHOS2021

Proyecto DSIM OP

Simulación de Operaciones Mineras a Cielo Abierto

Profesor: Dr. Fabián Manríquez L.

Académico Ingeniería Civil en Minas – Universidad Central de Chile

fabian.manriquez@ucentral.cl – fmanriquez@ug.uchile.cl

Profesor Auxiliar: Daniel Mariño G.

Tesista Magister en Minería - Universidad de Chile

dmarino@ing.uchile.cl

Enunciado Proyecto

Considere los archivos de inputs de rutas y topografía usados en la clase práctica de DSIMOP para el desarrollo de este proyecto. Las ubicaciones físicas de los frentes de carga, frentes de descarga y locaciones están dadas en la Figura 1. Los parámetros de entrada de esta operación minera a cielo abierto están dados de la Tabla 1 a la Tabla 4. En el frente de descarga **FD_CH_S** existe un chancador de capacidad de 10000 [t/h]. Asuma que este chancador no posee mantenciones programadas ni fallas en todas las preguntas de este proyecto. Considere un tiempo de simulación de 24 [h] para cada una de las simulaciones a realizar. Asuma los valores por defecto para el consumo de combustible, ya que en este proyecto no se incorporará este consumo en el análisis.

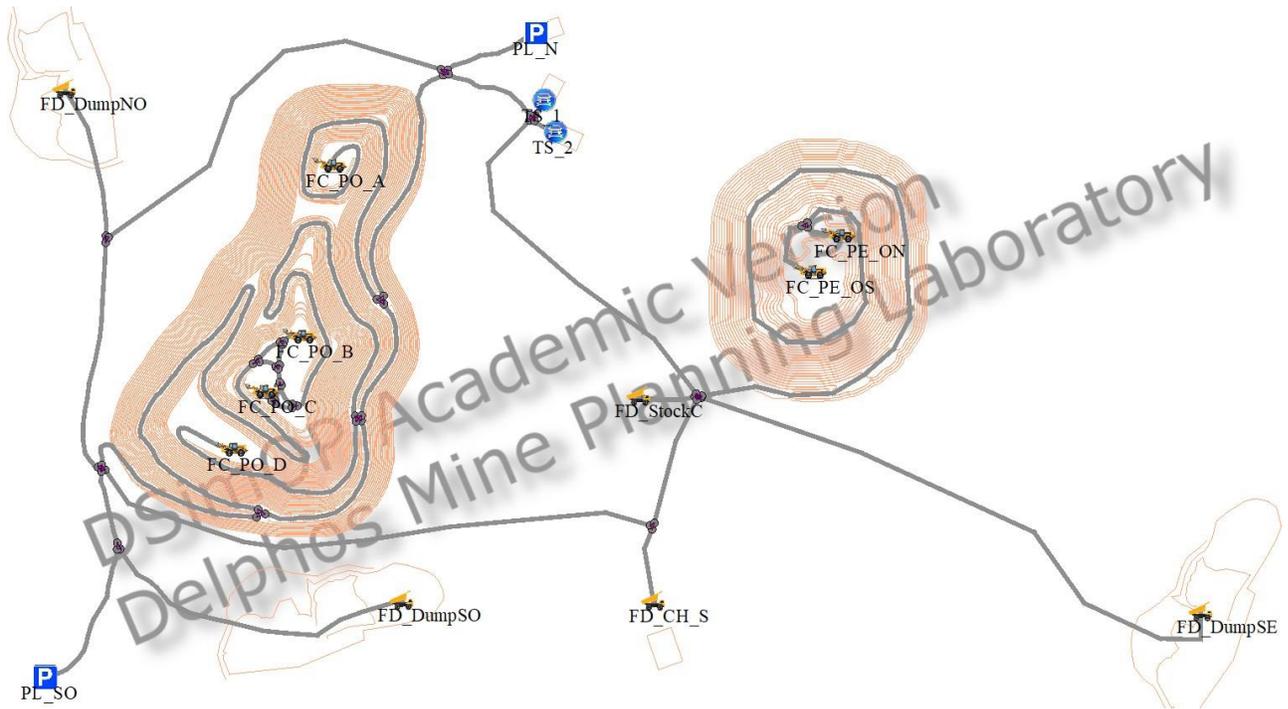


Figura 1: Ubicaciones frentes de carga, frentes de descarga y locaciones

Equipo de carga	Frente de carga	Frente de descarga	Tipo de material
Pala_1	FC_PO_A	FD_DumpNO	Estéril
Pala_2	FC_PO_B	FD_CH_S	Mineral
Pala_3	FC_PO_C	FD_CH_S	Mineral
Pala_4	FC_PO_D	FD_DumpSO	Estéril

Tabla 1: Circuitos productivos

Parámetro / Grupo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
Cantidad de cambios de turno por día	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Duración de cada cambio de turno [min]	50	60	65	70	75	50	60	65	70	75	80
Cantidad de colaciones por día	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Duración de cada colación [min]	50	60	65	70	75	50	60	65	70	75	80

Tabla 2: Demoras programadas

Estado / Pendiente	Bajando	Horizontal	Subiendo
Lleno	24.0	16.0	12.0
Vacío	39.0	30.0	25.0

Tabla 3: Velocidades flota de camiones [km/h]

Parámetro / Grupo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
Disponibilidad flota de equipos de carga [%]	76	78	80	82	84	76	78	80	82	84	86
Disponibilidad flota camiones [%]	86	84	82	80	78	86	84	82	80	78	76
Capacidad carga camión [t]	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
Tiempo de carga camión [s]	170	172	174	176	178	170	172	174	176	178	180
Tiempo de descarga camión [s]	50	52	54	58	60	50	52	54	58	60	62
Tiempo de acuatamiento en carga [s]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Tiempo de acuatamiento en descarga [s]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Número de puntos de carga en cada frente de carga	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Número de puntos de descarga en cada frente de descarga	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1

Tabla 4: Parámetros operacionales

Parte A: Máxima productividad operativa por circuito productivo

En la parte A del proyecto se evalúa la máxima productividad **para cada** circuito productivo. (un circuito productivo se compone de una pala, un frente de carga y un frente de descarga). Para ello debe asumir los siguientes **supuestos** (solamente para las preguntas de la Parte A del proyecto):

- **No existen** mantenciones programadas, fallas, colaciones ni cambios de turno en palas, camiones y chancador.
- Para cada circuito productivo basta realizar solo una réplica.

Responda las siguientes preguntas:

1. Justifique por qué la opción de despacho Número 2 es la opción más conveniente para llevar a cabo la totalidad de las simulaciones de este proyecto.
2. Definir la mínima cantidad de camiones que maximiza la productividad nominal en [t/h] **de cada** circuito productivo. Para esto, debe simular cada uno de los circuitos productivos con diferente número de camiones, en forma incremental. Se debe realizar cada evaluación del circuito productivo en forma aislada, es decir, asumiendo que los otros circuitos productivos no están en operación.
3. Usando el número de camiones de pregunta 2, **para cada circuito productivo**:
 - a. Grafique la productividad en [t/h], en función del número de camiones.
 - b. Mencione el número de camiones que satura el circuito.
 - c. Grafique la media del tiempo de espera en el frente de carga de un camión, en función del número de camiones.
 - d. Grafique la media del tiempo de espera en el frente de descarga de un camión, en función del número de camiones.
 - e. Grafique el factor de utilización de la pala (tiempo efectivo partido por tiempo operativo), en función del número de camiones.
 - f. Grafique el factor de utilización promedio de la flota de camiones, en función del número de camiones.

Parte B: Máxima productividad operativa de todos los circuitos productivos

En la parte B del proyecto se evalúa la máxima productividad cuando la totalidad de los circuitos productivos están en operación. Para ello debe asumir los siguientes **supuestos** (solamente para las preguntas de la Parte B del proyecto):

- **No existen** mantenciones programadas, fallas, colaciones ni cambios de turno en palas, camiones y chancador.
- Para cada simulación en esta parte B del proyecto, basta realizar solo una réplica.

Responda las siguientes preguntas:

¿En qué porcentaje se ve afectada la productividad máxima de cada circuito productivo cuando la totalidad de los circuitos se encuentran en operación con sus flotas saturadas (definidas en la pregunta 1)?

1. Responda:
 - a. Para cada frente de carga, calcular la media del tiempo de espera de un camión.
 - b. Para cada frente de descarga, calcularla media del tiempo de espera de un camión.
 - c. Para cada equipo de carga, calcular el factor de utilización.
 - d. Calcular el factor de utilización promedio de la flota de camiones.
2. Corrija el número de camiones debido al efecto de la operación conjunta de todos los circuitos productivos.
3. Usando el número de camiones de definido en la pregunta 2:
 - a. Grafique la media del tiempo de espera para cada frente de carga de un camión, en función del número de camiones.
 - b. Grafique la media del tiempo de espera para cada frente de descarga de un camión, en función del número de camiones.
 - c. Grafique el factor de utilización para cada pala (tiempo efectivo partido por tiempo operativo), en función del número de camiones.
 - d. Grafique el factor de utilización promedio de la flota de camiones, en función del número de camiones.

Parte C: Máxima productividad nominal de todos los circuitos productivos (opcional)

En la parte C del proyecto, debe realizar la evaluación del sistema de movimiento de material ahora **considerando fallas, cambios de turno y colaciones de la flota de palas y camiones**. Asuma que la no disponibilidad de camiones y palas corresponde solamente a fallas (es decir, no hay mantenciones programadas). Considere que los parámetros de entrada de esta operación minera a cielo abierto están dados de la Tabla 1 hasta la Tabla 4.

Responda las siguientes preguntas:

1. ¿En qué porcentaje se ve afectada la productividad nominal en de cada frente de descarga cuando se **consideran fallas, cambios de turno y colaciones de la flota de palas y camiones**?
2. Responda:
 - a. Para cada frente de carga, calcular la media del tiempo de espera de un camión de camiones.
 - b. Para cada frente de descarga, calcularla media del tiempo de espera de un camión.
 - c. Para cada equipo de carga, calcular el factor de utilización.
 - d. Calcular el factor de utilización promedio de la flota de camiones.
3. Calcular los siguientes índices operacionales para cada pala y para la flota de camiones:
 4. Disponibilidad.
 5. Utilización Operativa.
 6. Factor de Utilización.
 7. Utilización en Base Nominal.
 8. Utilización en Base Disponible.

Parte D: Análisis de sensibilidad (opcional)

En la parte D del proyecto, se busca analizar el impacto de diferentes escenarios operacionales en el desempeño productivo de la flota definida en la parte C del proyecto.

Grupo	A1	A2	A3	A4	A5
Escenario	La velocidad de la flota de camiones en las rutas fuera del pit es un 5 % mayor que las rutas dentro del pit.	La velocidad de la flota de camiones en las rutas fuera del pit es un 2.5% mayor que las velocidades del caso base.	El tiempo de carga de las palas aumenta en 20 [s].	Los cambios de turno disminuyen un 5% su duración.	El tiempo de carga de las palas disminuye en 20 [s].
A6	A7	A8	A9	A10	A11
Los cambios de turno aumentan un 5% su duración.	Se consideran tres cambios de turno en vez de dos cambios de turno. Cada cambio de turno dura 60 [min].	Los cambios de turno disminuyen un 5% su duración.	La disponibilidad de la flota de camiones disminuye en un 5.0%.	La velocidad de la flota de camiones en las rutas fuera del pit es un 10% mayor que las rutas dentro del pit.	La velocidad de la flota de camiones en las rutas fuera del pit es un 2% mayor que las rutas dentro del pit.

Tabla 5: Escenarios de sensibilidad de parámetros operacionales

1. Responda las preguntas de la parte C del proyecto, para el escenario correspondiente a su grupo.
2. ¿Existe un ajuste del número de camiones para cada uno de los escenarios estudiados en la pregunta 1? Justifique. Si fuese afirmativa, corrija el número de camiones.
3. Usando el número de camiones de definido en la pregunta 2:
 - a. Grafique la media del tiempo de espera para cada frente de carga de un camión, en función del número de camiones.
 - b. Grafique la media del tiempo de espera para cada frente de descarga de un

camión, en función del número de camiones.

- c. Grafique el factor de utilización para cada pala (tiempo efectivo partido por tiempo operativo), en función del número de camiones.
- d. Grafique el factor de utilización promedio de la flota de camiones, en función del número de camiones.