



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CARGUÍO Y TRANSPORTE DE LA MINA
RAJO SUR, DIVISIÓN EL TENIENTE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

GABRIEL ANTONIO OJEDA MAYORGA

PROFESOR GUÍA:

JAIME BAHAMONDES NAVARRETE

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

JUAN CARLOS SANHUEZA HERNANDEZ

JAVIER CORNEJO GONZÁLEZ

SANTIAGO DE CHILE

2021

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE: Ingeniero Civil de Minas
POR: Gabriel Antonio Ojeda Mayorga
FECHA: Septiembre 2021
PROFESOR GUÍA: Jaime Bahamondes Navarrete

SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CARGUÍO Y TRANSPORTE DE LA MINA RAJO SUR, DIVISIÓN EL TENIENTE

El sistema de manejo de materiales es uno de los aspectos más importantes en una operación cielo abierto. Según algunos autores, este sistema puede llegar a representar un alto porcentaje de los costos operativos de la mina, los cuales tienden a aumentar con el paso del tiempo debido a la profundización de la extracción, por lo que disminuir estos en un pequeño porcentaje resultaría en ahorros significativos.

En la minería cielo abierto estos sistemas corresponden principalmente a sistemas del tipo pala camión, los cuales son complejos de estudiar debido a sus características estocásticas y la interacción entre sus elementos. Varios métodos han sido empleados para analizar este sistema, sin embargo, el mejor establecido es la simulación ya que permite evaluar distintas alternativas incorporando la variabilidad y complejidad del sistema.

En este trabajo se desarrolla un modelo de simulación de la Mina Rajo Sur, con el objetivo de determinar el impacto de la disponibilidad de los equipos en el cumplimiento de los planes mineros para los periodos 2022-2023. Para ello se analizan diferentes escenarios de disponibilidad junto con distintas flotas de camiones.

Los resultados de las simulaciones muestran que, para poder cumplir el plan del año 2022 en cuanto a alimentación a planta y movimiento total, se necesita una disponibilidad mínima de 83, 78,8 y 70% para una flota de 12, 13 y 14 camiones, respectivamente. Además, para poder cumplir el tonelaje planificado de cada mes, se necesita en promedio 11 camiones operativos.

Por otro lado, para poder cumplir el plan del año 2023 en cuanto a alimentación a planta y movimiento total, se necesita una disponibilidad mínima de 88, 83 y 78,8% para una flota de 12, 13 y 14 camiones, respectivamente. Además, para poder cumplir el tonelaje planificado de cada mes, se necesita en promedio 11,44 camiones operativos.

Finalmente se presentan tres conclusiones principales. Estas son i) La probabilidad de cumplir el plan del año 2022 con una flota de 12 camiones y una disponibilidad promedio de 78,8%, como tiene previsto el área de planificación, es de 0%. Se recomienda mejorar esta disponibilidad hasta al menos un 83%. ii) La probabilidad de cumplir el plan del año 2023 con una flota de 12 camiones y una disponibilidad promedio de 83%, como tiene previsto el área de planificación, es de 0%. Se recomienda la compra de un camión adicional manteniendo la disponibilidad de 83%. iii) Si se mantiene la misma disponibilidad, incluir un camión más al sistema aumenta la alimentación a planta y el movimiento total en 750 y 1500 tpd, respectivamente. Además, para disponibilidades menores a 78,8%, aumentar la disponibilidad en 1% aumenta la alimentación a planta y movimiento total en 160 y 320 tpd, respectivamente. Mientras que para disponibilidades mayores o iguales a 78,8%, aumentar la disponibilidad en 1% aumenta la alimentación a planta y movimiento total en 100 y 200 tpd, respectivamente.

ABSTRACT OF THE THESIS TO OBTAIN THE
GRADE OF: Mining Engineer
BY: Gabriel Antonio Ojeda Mayorga
DATE: September 2021
THESIS ADVISOR: Jaime Bahamondes Navarrete

SIMULATION OF THE LOADING AND HAULING SYSTEM OF THE RAJO SUR MINE, EL TENIENTE DIVISION

The material handling system is one of the most important aspects in an open pit operation. According to some authors, this system may represent a high percentage of the operating costs of the mine, which tend to increase over time due to the deepening of the extraction, so reducing these by a small percentage would result in significant savings.

In open pit mining, these systems correspond mainly to truck shovel-type systems, which are complex to study due to their stochastic characteristics and the interaction between their elements. Several methods have been used to analyze this system, however, the best established is simulation since it allows evaluating different alternatives incorporating the variability and complexity of the system.

In this work, a simulation model of the Rajo Sur Mine is developed, with the objective of determining the impact of the availability of the equipment in the fulfillment of the mining plans for the periods 2022-2023. For this, different availability scenarios are analyzed together with different truck fleets.

The results of the simulations show that, to fulfill the 2022 plan in terms of plant feed and total movement, a minimum availability of 83, 78,8 and 70% is needed for a fleet of 12, 13 and 14 trucks, respectively. In addition, to fulfill the planned tonnage for each month, an average of 11 operational trucks are needed.

On the other hand, to fulfill the 2023 plan in terms of plant feed and total movement, a minimum availability of 88, 83 and 78,8% is needed for a fleet of 12, 13 and 14 trucks, respectively. In addition, to fulfill the planned tonnage for each month, an average of 11,44 operational trucks are needed.

Finally, three main conclusions are presented. These are i) The probability of fulfilling the 2022 plan with a fleet of 12 trucks and an average availability of 78,8%, as planned by the planning area, is 0%. It is recommended to improve this availability to at least 83%. ii) The probability of fulfilling the 2023 plan with a fleet of 12 trucks and an average availability of 83%, as planned by the planning area, is 0%. The purchase of an additional truck is recommended keeping the availability of 83%. iii) If the same availability is maintained, adding one more truck to the system increases the plant feed and the total movement by 750 and 1500 tpd, respectively. In addition, for availabilities lower than 78,8%, increasing availability by 1% increases the plant feed and total movement by 160 and 320 tpd, respectively. While for availabilities greater than or equal to 78,8%, increasing availability by 1% increases the plant feed and total movement by 100 and 200 tpd, respectively.

“Lo que importa verdaderamente en la vida no son los objetivos que nos marcamos, sino los caminos que seguimos para lograrlo”

- Peter Bamm -

A la memoria de Celestino Mayorga López y Ángel Ojeda Avendaño (Q.E.P.D)

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias a mi mamá y a mi abuela, por todo el apoyo que me han dado desde mi época en el colegio. También por el sacrificio que han hecho para que yo llegue hasta acá, sin ustedes nada de esto hubiese sido posible. Las amo.

A mi papá, que me ha apoyado desde lejos y se ha preocupado por mí en todo momento. Gracias por todos los consejos que me has dado.

A Mauro, mi tío y mi amigo, por su compañía desde que éramos chicos. Sin ti, claramente mi vida no hubiese sido la misma. Gracias por todos esos buenos momentos que pasamos juntos.

A Antonella, mi hermana, por ser una pieza clave en la familia. Has sido una bendición para todos nosotros. Te quiero, aunque a veces me culpes de la desaparición de los dulces en la casa.

A la mamá Azucena, por todo el cariño que me ha dado a la distancia. Gracias por haberme recibido con los brazos abiertos en mis viajes a Arequipa.

A mi tío Pedro, por ser la inspiración para convertirme en profesional. Desde muy chico te he admirado y espero algún día ser como tú.

A mi profesor guía Jaime, por confiar en mí y animarme a seguir adelante para terminar este trabajo. Considero que es un excelente profesor y aún una mejor persona, estoy muy agradecido de haber sido su alumno.

A mi tía Violeta, por siempre estar preocupada de mí y haber estado con nosotros en los momentos más difíciles. Gracias por todos los chocolates que siempre me traes.

A la señora Nancy y Don Gustavo, por su hospitalidad cuando estuve de práctica en Calama. Gracias de todo corazón a los dos por todo el apoyo que me han dado.

A Erick, Camila y Matías, con quienes he pasado muy buenos momentos. Como olvidar todas aquellas veces que fuimos a jugar a la biblioteca o las que fuimos a comer papas a los egipcios.

A Joaco, que nos conocimos en Chuqui y es un muy buen amigo mío. Gracias por todas esas roquitas que me regalaste y que aún conservo.

Y a muchos otros, que me han acompañado durante este proceso.

Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos	2
1.3. Alcances.....	2
1.4. Contenidos por capítulo	2
2. ANTECEDENTES	4
2.1. Antecedentes generales Mina Rajo Sur	4
2.1.1. Rajo.....	5
2.1.2. Camino Principal	5
2.1.3. Camino Infraestructura.....	5
2.1.4. Stock.....	5
2.1.5. Botadero	6
2.1.6. Infraestructura de apoyo	6
2.1.7. Sistema de traspaso.....	6
2.2. Norma Asarco	8
2.2.1. Definición de tiempos.....	8
2.3. Simulación de eventos discretos	9
2.3.1. Etapas de un estudio de simulación.....	9
2.3.2. ProModel	12
2.3.3. Elementos de Simulación	12
2.4. Teoría de colas	13
2.4.1. Características de un sistema de colas	13
2.4.2. Notación	14
2.4.3. Medidas de rendimiento	14
2.4.4. Resultados generales.....	15

2.4.5.	Distribución de Poisson y Distribución Exponencial	16
2.4.7.	Colas M/M/1.....	18
2.5.	Estrategias de despacho de camiones	19
2.5.1.	1 camión para n palas	19
2.5.2.	M camiones para 1 pala	21
2.5.3.	M camiones para n palas	22
3.	METODOLOGÍA.....	23
4.	MODELO DE SIMULACIÓN.....	24
4.1.	Definición del sistema	24
4.2.	Recolección y análisis de datos	25
4.3.	Construcción del modelo conceptual	32
4.3.1.	Layout.....	32
4.3.2.	Colación.....	33
4.3.3.	Cambio de turno	33
4.3.4.	Tronadura.....	33
4.3.5.	Tiempo ciclo camiones.....	33
4.3.6.	Disponibilidad camiones	37
4.3.7.	Capacidad camiones	38
4.3.8.	Disponibilidad palas	38
4.3.9.	Productividad máxima de las palas	38
4.3.10.	Productividad máxima chancador.....	39
4.3.11.	Capacidad stock	39
4.3.12.	Días de invierno	39
4.3.13.	Frentes.....	40
4.3.14.	Reservas	40
4.3.15.	Plan minero	40

4.3.16.	Sistema despacho palas.....	41
4.3.17.	Sistema despacho camiones.....	43
4.3.18.	Ciclo de las palas	45
4.3.19.	Ciclo de los camiones	46
4.4.	Validación del modelo	48
4.5.	Definición de los escenarios a simular	50
5.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	51
5.1.	Simulación año 2022	51
5.2.	Simulación año 2023	57
6.	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	64
6.1.	Conclusiones	64
6.2.	Trabajo Futuro	64
7.	BIBLIOGRAFÍA	66
8.	ANEXOS	68
8.1.	Anexo A: Fórmula número de réplicas necesarias	68
8.2.	Anexo B: Inputs	69
8.3.	Anexo C: Pruebas chi cuadrado.....	74
8.4.	Anexo D: Validación	81
8.5.	Anexo E: Simulaciones flota 12 camiones	82
8.6.	Anexo F: Simulaciones flota 13 camiones	112
8.7.	Anexo G: Simulaciones flota 14 camiones.....	142

Índice de Figuras

Figura 2-1: Principales componentes de la Mina Rajo Sur. Fuente: Codelco (2009).	4
Figura 2-2: Rajo Sur. Fuente: Codelco (2009).	5
Figura 2-3: Botadero Cráter Sur. Fuente: Codelco (2019).	6
Figura 2-4: Sistema de traspaso Mina Rajo Sur. Fuente: Codelco (2020).	7
Figura 2-5: Etapas de un estudio de simulación. Fuente: Banks et al. (2010).	11
Figura 2-6: Sistema de colas. Fuente: Gross et al. (2008).	13
Figura 2-7: Diagrama de Tasas de Transición para la cola M/M/1. Fuente: Gross et al. (2008). .	16
Figura 4-1: Histograma tiempo de acuatamiento y carga.....	25
Figura 4-2: Histograma tiempo de acuatamiento y descarga	26
Figura 4-3: Distribución teórica tiempo de acuatamiento y carga	27
Figura 4-4: Gráfico Q-Q tiempo de acuatamiento y carga	28
Figura 4-5: Distribución teórica tiempo de acuatamiento y descarga	28
Figura 4-6: Gráfico Q-Q tiempo de acuatamiento y descarga.....	29
Figura 4-7: Modelo de velocidad camión cargado	29
Figura 4-8: Modelo de velocidad camión vacío	30
Figura 4-9: Rutas de transporte Mina Rajo Sur	30
Figura 4-10: Layout modelo de simulación.....	32
Figura 4-11: (a) Estado inicial del sistema. (b) Estado del sistema después de 2 minutos.	34
Figura 4-12: (a) Estado inicial del sistema. (b) Estado del sistema después de 4 minutos.	36
Figura 4-13: Sistema de despacho de palas	41
Figura 4-14: Sistema de despacho de camiones	43
Figura 4-15: Ciclo de las palas	46
Figura 4-16: Ciclo de los camiones	47
Figura 4-17: Validación número de camiones por turno.....	48
Figura 4-18: Validación tonelaje extraído de cada circuito.....	49
Figura 5-1: Plan minero 2022.....	51
Figura 5-2: Curvas de probabilidad alimentación a planta 2022. Flota 12 camiones	51
Figura 5-3: Curvas de probabilidad movimiento total 2022. Flota 12 camiones	52
Figura 5-4: Curvas de probabilidad alimentación a planta 2022. Flota 13 camiones	52
Figura 5-5: Curvas de probabilidad movimiento total 2022. Flota 13 camiones	53

Figura 5-6: Curvas de probabilidad alimentación a planta 2022. Flota 14 camiones	53
Figura 5-7: Curvas de probabilidad movimiento total 2022. Flota 14 camiones	54
Figura 5-8: Curvas de productividad alimentación a planta 2022.....	54
Figura 5-9: Curvas de productividad movimiento total 2022.....	55
Figura 5-10: Extracción mineral planificada por mes 2022	56
Figura 5-11: Extracción estéril planificada por mes 2022.....	56
Figura 5-12: Plan minero 2023.....	57
Figura 5-13: Curvas de probabilidad alimentación a planta 2023. Flota 12 camiones	57
Figura 5-14: Curvas de probabilidad movimiento total 2023. Flota 12 camiones	58
Figura 5-15: Curvas de probabilidad alimentación a planta 2023. Flota 13 camiones	58
Figura 5-16: Curvas de probabilidad movimiento total 2023. Flota 13 camiones	59
Figura 5-17: Curvas de probabilidad alimentación a planta 2023. Flota 14 camiones	59
Figura 5-18: Curvas de probabilidad movimiento total. Flota 14 camiones	60
Figura 5-19: Curvas de productividad alimentación a planta 2023.....	61
Figura 5-20: Curvas de productividad movimiento total 2023	61
Figura 5-21: Extracción mineral planificada por mes 2023	62
Figura 5-22: Extracción estéril planificada por mes 2023.....	63

Índice de Tablas

Tabla 2-1: Distribución de tiempos según norma ASARCO	8
Tabla 4-1: Estadísticas básicas tiempos de acuatamiento y carga.....	26
Tabla 4-2: Estadísticas básicas tiempos de acuatamiento y descarga	27
Tabla 4-3: Tiempos de viaje de los camiones.....	31
Tabla 4-4: Cálculo tiempo de espera camión C2.....	35
Tabla 4-5: Tiempo de espera inicial camión C1.....	37
Tabla 4-6: Tiempo de espera final camión C1	37
Tabla 4-7: Distribución tonelaje transportado por los camiones.....	38
Tabla 4-8: Cálculo probabilidad de que un día sea de invierno	39
Tabla 4-9: Reservas mineras.....	40
Tabla 4-10: Plan minero	41
Tabla 4-11: Escenarios a simular.....	50
Tabla 4-12 : Distribuciones triangulares de disponibilidad para cada escenario	50
Tabla 8-1: Tiempos de viaje camiones 2022-2023.....	69
Tabla 8-2: Reservas mineras 2022-2023	72
Tabla 8-3: Plan minero 2022-2023.....	73
Tabla 8-4: Estadísticos de las 1000 pruebas chi cuadrado. Tiempos de acuatamiento y carga ...	74
Tabla 8-5: Estadísticos de las 1000 pruebas chi cuadrado. Tiempos de acuatamiento y descarga	77
Tabla 8-6: Prueba chi cuadrado número de camiones por turno	80
Tabla 8-7: Prueba chi cuadrado tonelaje extraído de cada circuito.....	80
Tabla 8-8: Validación diciembre 2019	81
Tabla 8-9: Simulación 2022 disponibilidad 62%. Flota 12 camiones.....	82
Tabla 8-10: Simulación 2023 disponibilidad 62%. Flota 12 camiones.....	85
Tabla 8-11: Simulación 2022 disponibilidad 70%. Flota 12 camiones.....	88
Tabla 8-12: Simulación 2023 disponibilidad 70%. Flota 12 camiones.....	91
Tabla 8-13: Simulación 2022 disponibilidad 78,8%. Flota 12 camiones.....	94
Tabla 8-14: Simulación 2023 disponibilidad 78,8%. Flota 12 camiones.....	97
Tabla 8-15: Simulación 2022 disponibilidad 83%. Flota 12 camiones.....	100
Tabla 8-16: Simulación 2023 disponibilidad 83%. Flota 12 camiones.....	103

Tabla 8-17: Simulación 2022 disponibilidad 88%. Flota 12 camiones	106
Tabla 8-18: Simulación 2023 disponibilidad 88%. Flota 12 camiones	109
Tabla 8-19: Simulación 2022 disponibilidad 62%. Flota 13 camiones	112
Tabla 8-20: Simulación 2023 disponibilidad 62%. Flota 13 camiones	115
Tabla 8-21: Simulación 2022 disponibilidad 70%. Flota 13 camiones	118
Tabla 8-22: Simulación 2023 disponibilidad 70%. Flota 13 camiones	121
Tabla 8-23: Simulación 2022 disponibilidad 78,8%. Flota 13 camiones	124
Tabla 8-24: Simulación 2023 disponibilidad 78,8%. Flota 13 camiones	127
Tabla 8-25: Simulación 2022 disponibilidad 83%. Flota 13 camiones	130
Tabla 8-26: Simulación 2023 disponibilidad 83%. Flota 13 camiones	133
Tabla 8-27: Simulación 2022 disponibilidad 88%. Flota 13 camiones	136
Tabla 8-28: Simulación 2023 disponibilidad 88%. Flota 13 camiones	139
Tabla 8-29: Simulación 2022 disponibilidad 62%. Flota 14 camiones	142
Tabla 8-30: Simulación 2023 disponibilidad 62%. Flota 14 camiones	145
Tabla 8-31: Simulación 2022 disponibilidad 70%. Flota 14 camiones	148
Tabla 8-32: Simulación 2023 disponibilidad 70%. Flota 14 camiones	151
Tabla 8-33: Simulación 2022 disponibilidad 78,8%. Flota 14 camiones	154
Tabla 8-34: Simulación 2023 disponibilidad 78,8%. Flota 14 camiones	157
Tabla 8-35: Simulación 2022 disponibilidad 83%. Flota 14 camiones	160
Tabla 8-36: Simulación 2023 disponibilidad 83%. Flota 14 camiones	163
Tabla 8-37: Simulación 2022 disponibilidad 88%. Flota 14 camiones	166
Tabla 8-38: Simulación 2023 disponibilidad 88%. Flota 14 camiones	169

1. INTRODUCCIÓN

La minería a cielo abierto es aquella explotación minera que tiene lugar cerca de la superficie y que se caracteriza por la extracción de mineral en fase-bancos. Es uno de los métodos más antiguos y productivos donde una sobrecarga de lastre debe ser eliminada antes de que pueda comenzar la extracción del mineral (Newman et al., 2010).

El transporte de material es uno de los aspectos más importantes en una operación a cielo abierto. En la literatura, muchos autores están de acuerdo con que el transporte de material representa el 50% de los costos de operación, por lo que reducir estos costos en un pequeño porcentaje resultaría en ahorros significativos (Alarie & Gamache, 2001).

En esta línea, el sistema pala camión se presenta como la forma principal de manejo de materiales en minas cielo abierto debido a su alta tasa de producción, excelente flexibilidad, relativamente bajos costos capital y buena mantenibilidad (Dindarloo et al., 2015).

Un factor importante de este sistema es la disponibilidad de los equipos, que está directamente relacionada con la capacidad de producción ya que es una medida del tiempo en el que el equipo estará disponible para realizar las actividades asociadas a la operación (Silva, 2016). De esta forma, una baja disponibilidad de los equipos puede llegar a afectar directamente el cumplimiento de los planes de producción.

Por otro lado, el sistema pala camión es un sistema complejo debido a sus características estocásticas y la interacción entre sus elementos. Varios métodos han sido empleados para modelar este sistema. Algunos de estos métodos se basan en reglas empíricas y otros son altamente matemáticos requiriendo significativo esfuerzo computacional. Sin embargo, el método mejor establecido es la simulación ya que permite incorporar la inherente variabilidad y complejidad del sistema (Çetin, 2004).

Además, a través de experimentos de simulación varias preguntas del tipo “que pasaría si” pueden ser respondidas y distintas alternativas pueden ser comparadas mediante indicadores de desempeño. Sin embargo, hacer un buen modelo de simulación consume mucho tiempo y puede estar desactualizado cuando esté listo (Aalst, 2018).

La mina Rajo Sur es una explotación a cielo abierto de la División El Teniente dedicada a la extracción de mineral y producción de concentrados de cobre. Actualmente la flota requerida para cumplir sus planes de producción se calcula de forma determinística, considerando tiempos de acuatamiento, carguío y descarga constantes. Además, para la elaboración de estos planes se utiliza una disponibilidad entregada por la Superintendencia de Mantenimiento y Servicios de la Gerencia Rajo Sewell, la cual es solo una estimación, por lo que no hay certeza de su cumplimiento a futuro.

Dado lo anterior, en este trabajo se desarrolla un modelo de simulación del sistema de carguío y transporte de la Mina Rajo Sur con el fin de incorporar toda la aleatoriedad del sistema y analizar distintos escenarios de disponibilidad de los equipos para determinar su impacto en el cumplimiento de los planes mineros.

1.1. Objetivo general

- Modelar y simular el sistema de carguío y transporte de la Mina Rajo Sur de la División El Teniente para los periodos 2022-2023, mediante la simulación de eventos discretos

1.2. Objetivos específicos

- Diseñar un modelo de simulación del sistema de carguío y transporte de la Mina Rajo Sur
- Integrar al modelo un sistema de despacho de camiones y de palas
- Analizar diferentes escenarios de disponibilidad de camiones
- Recomendar o no la compra de camiones adicionales para asegurar el cumplimiento de los planes mineros

1.3. Alcances

- La simulación se realizará en el software ProModel para un horizonte de planificación de largo plazo
- No forman parte de este estudio procesos posteriores a la descarga de mineral en el chancador
- No se consideran detenciones de la planta, por temas de mantención o falla
- Los parámetros y variables utilizados en el análisis corresponden al levantamiento de información desde diciembre de 2019 a abril de 2020.

1.4. Contenidos por capítulo

A continuación, se describe de forma breve el contenido de cada capítulo presente en este trabajo.

El capítulo 2 muestra la revisión bibliográfica relacionada con los objetivos de este trabajo. Se realiza una revisión general de los antecedentes de la Mina Rajo Sur, simulación de eventos discretos, teoría de colas y estrategias de despacho de camiones.

En el capítulo 3 se presenta la metodología que fue utilizada para obtener los resultados de este trabajo.

En el capítulo 4 se describe el desarrollo del modelo de simulación del sistema de carguío y transporte de la mina Rajo Sur. En este primero se entrega una descripción general del sistema a modelar para posteriormente entrar en el detalle de las etapas de recolección y análisis de datos, construcción del modelo conceptual, validación del modelo y definición de los escenarios a simular.

En el capítulo 5 se presentan y analizan los resultados obtenidos de las simulaciones de los años 2022 y 2023.

En el capítulo 6 se presentan las principales conclusiones de este trabajo y, además, se realizan recomendaciones para trabajos futuros.

Finalmente, en el capítulo 7 se presenta la bibliografía utilizada para la generación de este trabajo.

2. ANTECEDENTES

En este capítulo se muestra la revisión bibliográfica relacionada con el desarrollo de los objetivos de este trabajo. Se realiza una revisión general de los antecedentes de la Mina Rajo Sur, simulación de eventos discretos, teoría de colas y estrategias de despacho de camiones.

2.1. Antecedentes generales Mina Rajo Sur

La Mina Rajo Sur es una explotación a cielo abierto de la División El Teniente ubicada al sur de la cavidad generada por la subsidencia de la mina subterránea, en el Distrito Minero El Teniente, ubicado en la Cordillera de Los Andes, Región del Libertador Bernardo O'Higgins (Codelco, 2019).

La extracción de mineral desde el rajo se realiza por medio de 2 cargadores frontales de 14 yd^3 y 12 camiones mineros de 100 toneladas cortas que descargan en el sistema de traspaso o alternativamente en el stock. Actualmente cuenta con dos fases en operación alcanzando una producción en régimen de 20 ktpd. La operación de la mina se ve afectada por el cráter de subsidencia generado por la explotación subterránea en dos sectores, a saber: Diablo Regimiento y Esmeralda.

Se encuentran dos tipos de material dentro del rajo: Material roca in situ, aquel que no es afectado por la minería subterránea y mantiene sus características de cohesión inalteradas, y material quebrado, aquel que producto de la subsidencia de la mina subterránea ha perdido la cohesión, ha sufrido rotación, traslación y transporte de los fragmentos y se ha acumulado de forma aleatoria. En total las reservas, considerando material in situ y quebrado, se estiman en 28 Mt con una ley de Cu 0.5% (2021-2025).

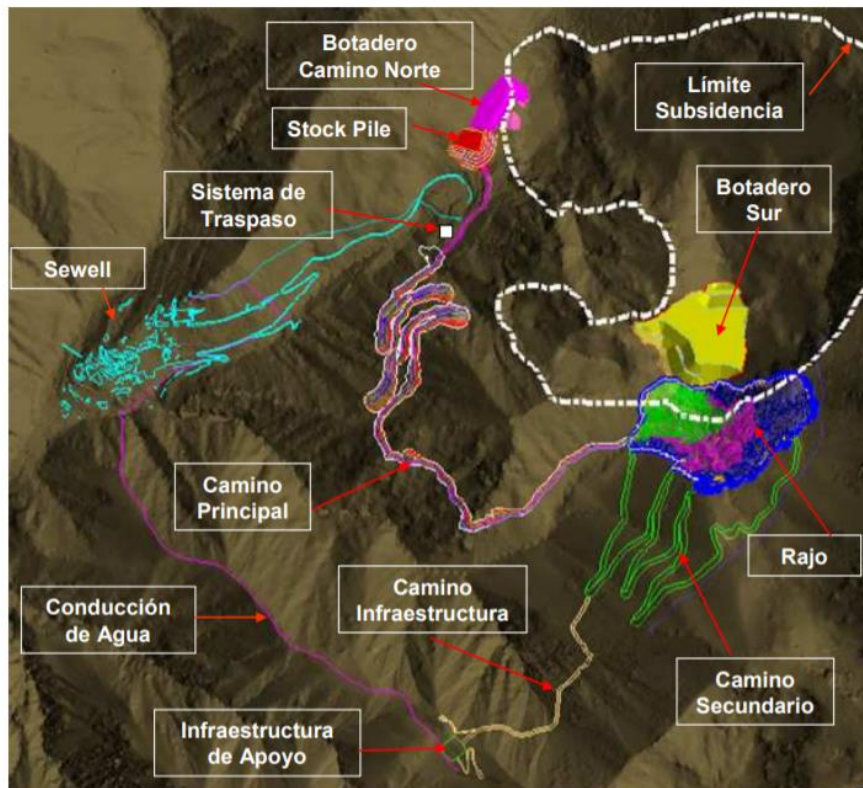


Figura 2-1: Principales componentes de la Mina Rajo Sur. Fuente: Codelco (2009).

2.1.1. Rajo

El rajo está compuesto por bancos de 10 m tipo cantera, es decir, forma de anfiteatro, con una altura máxima de 440 m. La rampa interior mina tiene una pendiente del 10% y un ancho de 21 m. Por otro lado, a diferencia de otras minas, en la mina Rajo Sur la entrada a esta se ubica en el fondo del pit y no en la superficie.

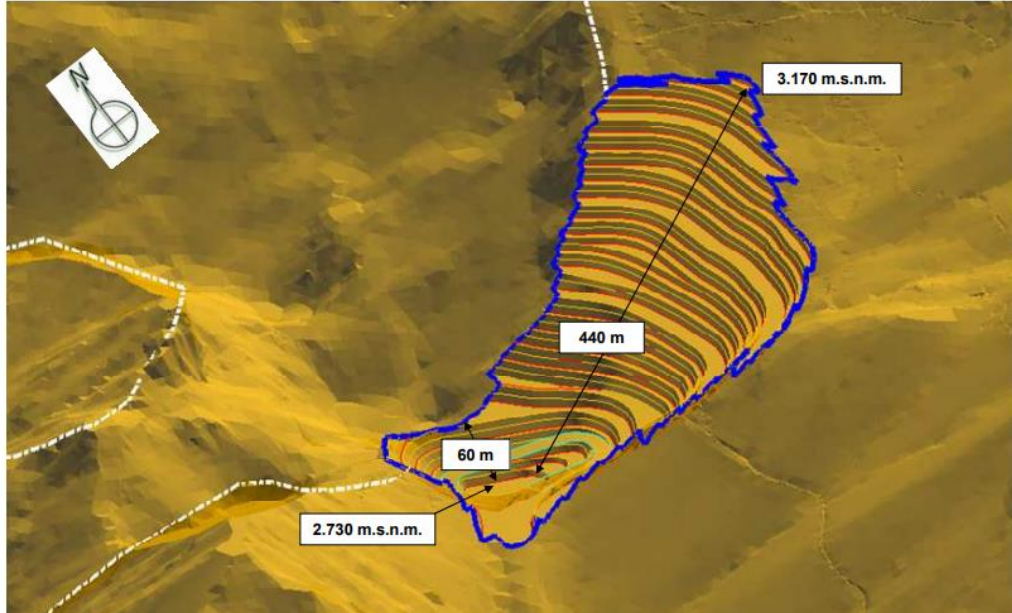


Figura 2-2: Rajo Sur. Fuente: Codelco (2009).

2.1.2. Camino Principal

Corresponde a un camino bidireccional de 6,3 km de longitud total y 21 m de ancho, de los cuales 5,7 km corresponden a la distancia entre el rajo y el sistema de traspaso, y 0,6 km corresponden a la separación entre el sistema de traspaso y el stock. Su objetivo es funcionar como una vía de transporte de mineral desde el rajo hacia el sistema de traspaso y el stock.

2.1.3. Camino Infraestructura

Corresponde a un camino de 2,3 km para acceder a la zona de infraestructura. Cuenta con un tramo de 1,5 km de largo y 15 m de ancho, que une el sector elegido como emplazamiento de la infraestructura y el sector del rajo. Este tramo permite el tránsito de camiones mineros y el equipo auxiliar hacia los talleres de mantención. Los 800 m de camino restante tienen un ancho de 7 m y unen el sector de la infraestructura con los polvorines y con la cancha de nitrato de amonio.

2.1.4. Stock

En el límite norponiente del cráter se ubica el stock de la mina donde se almacena el mineral para ser remanejado en días de invierno, tiene una capacidad máxima de 600.000 t.

2.1.5. Botadero

El material estéril proveniente de la explotación del rajo es transportado mediante camiones hacia el Botadero Cráter Sur ubicado en el sector sur de la zona de subsidencia. El botadero contempla dos frentes de vaciado, uno en la cota 2910 y otro en la cota 2850.

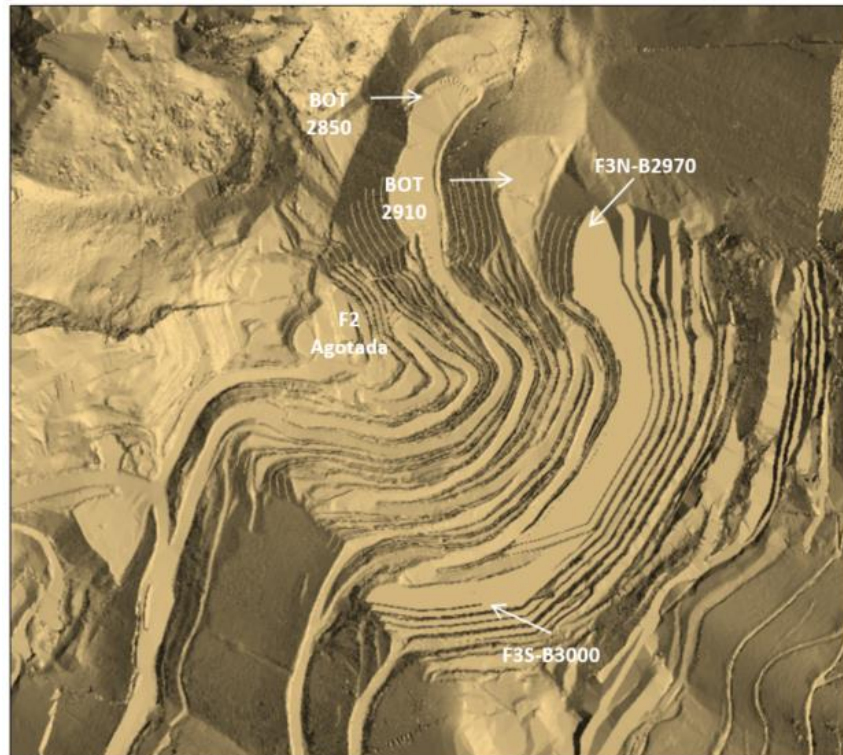


Figura 2-3: Botadero Cráter Sur. Fuente: Codelco (2019).

2.1.6. Infraestructura de apoyo

Corresponde a la zona donde se realiza la mantención de los equipos y maquinaria, abastecimiento de energía y agua, seguridad, primeros auxilios, baños, comedores, refugio, sistema contra incendio, redes de comunicación internas y disposición de residuos sólidos.

2.1.7. Sistema de traspaso

Es la vía por la cual el mineral es transferido al ferrocarril existente del nivel Teniente 5. Este sistema consta de 2 excavadoras que alimentan cada una a un chancador móvil con mineral proveniente del acopio ubicado en el sector. Los chancadores o UJs depositan el mineral a través de un chute de traspaso a la correa transportadora CV-100, la que posteriormente alimenta a la correa transportadora CV-101, que finaliza en un carro repartidor que puede alimentar ya sea a la correa transportadora CV-102 hacia el pique OP1 Norte o a la correa CV-103 hacia el pique OP1 Sur. El mineral almacenado en los piques es transportado posteriormente hacia la planta Sewell mediante el FFCC5N.

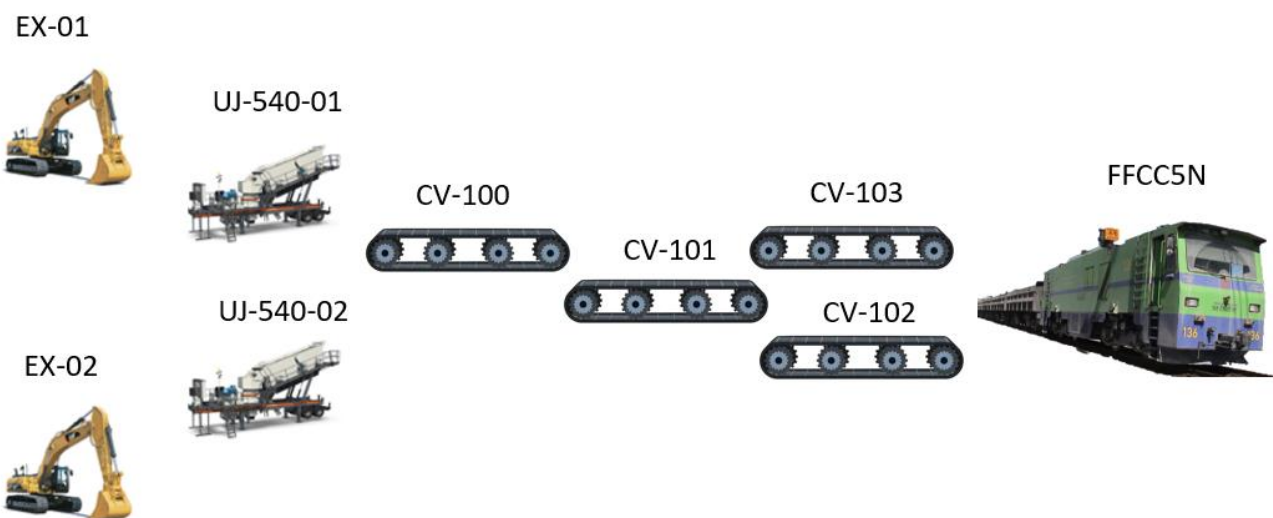


Figura 2-4: Sistema de traspaso Mina Rajo Sur. Fuente: Codelco (2020).

2.2. Norma Asarco

La norma ASARCO (American Smelting & Refining Co.) es el marco de referencia que se utiliza para la definición de conceptos y distribución de los tiempos en que los equipos incurren en la operación (Codelco, 2005).

2.2.1. Definición de tiempos

- **Tiempo Nominal:** Corresponde al tiempo calendario, 365 días/año
- **Tiempo Disponible:** Tiempo en el cual el equipo está habilitado y en buenas condiciones para operar.
- **Fuera de servicio:** Tiempo en el cual el equipo no se encuentra disponible, debido a una mantención programada o una falla imprevista.
- **Tiempo Operativo:** Tiempo en el cual el equipo se encuentra apto para operar y con un operador asignado, cumpliendo con las actividades asociadas a la operación.
- **Reservas:** Tiempo en el cual el equipo, estando en condiciones mecánicas para operar no es utilizado, ya sea por falta de operador, superávit de equipos o condiciones climáticas adversas.
- **Tiempo efectivo:** Tiempo en el cual el equipo se encuentra realizando las actividades para las cuales fue adquirido.
- **Perdidas operacionales:** Tiempos de espera en las colas en caso de los camiones y tiempo de espera por la llegada de un camión en caso de las palas.
- **Demoras programadas:** Colación y cambios de turno.
- **Demoras no programadas:** Demoras debido a despejes por tronaduras, limpieza de canchas o carga de petróleo.

Tabla 2-1: Distribución de tiempos según norma ASARCO

Tiempo Nominal			
Tiempo Disponible			Fuera de Servicio
			Programado
Tiempo Operativo		Reservas	
Tiempo Efectivo	Pérdidas Operacionales	Demoras	
		Programado	No Programado

2.3. Simulación de eventos discretos

De acuerdo con Banks et al. (2010) una simulación es la imitación del funcionamiento de un proceso o sistema del mundo real a lo largo del tiempo. La simulación involucra la generación de una historia artificial de un sistema y la observación de esa historia artificial para hacer inferencias sobre el funcionamiento de las características del sistema real. El comportamiento de un sistema puede ser estudiado mediante el desarrollo de un modelo de simulación.

Un modelo es definido como una representación del sistema que puede ser usado para investigar una amplia variedad de preguntas del tipo “qué pasaría si” sobre el sistema del mundo real. Los modelos pueden ser matemáticos o físicos. Un modelo matemático usa notación simbólica y ecuaciones matemáticas para representar el sistema, mientras que un modelo físico es una versión más grande o pequeña del sistema.

Los modelos también pueden ser clasificados como estáticos o dinámicos, determinísticos o estocásticos y discretos o continuos. Un modelo estático, a veces llamado simulación de Monte Carlo, representa un sistema en un punto particular en el tiempo, mientras que un modelo dinámico representa el sistema a medida que cambia en el tiempo.

Modelos de simulación que no contienen variables aleatorias son clasificados como determinísticos. Modelos determinísticos tienen un conjunto conocido de inputs que resultarían en un conjunto único de outputs. Un modelo de simulación estocástico tiene una o más variables aleatorias como inputs, que conducen a outputs aleatorios.

Un modelo de simulación discreto es aquel en el cual las variables de estado cambian solo en un conjunto discreto de puntos en el tiempo. El banco es un ejemplo de sistema discreto: La variable de estado, número de clientes en el banco, cambia solo cuando un nuevo cliente llega o cuando un cliente se marcha después de ser atendido, existen intervalos de tiempo en los que el número de clientes permanece constante y solo cuando alguno de los eventos anteriores ocurre el número de clientes cambia. Por otro lado, un modelo de simulación continuo es uno en el cual las variables de estado cambian constantemente en el tiempo.

La simulación de eventos discretos es el modelamiento de sistemas cuyos cambios de estado ocurren en puntos discretos en el tiempo (aquellos puntos donde un evento ocurre). Una simulación de eventos discretos produce una secuencia de imágenes del sistema, donde cada imagen representa el estado del sistema en un instante t . En este tipo de modelos el tiempo avanza a medida que los eventos van sucediendo, para ello se genera una lista con todos los eventos que ocurrirán en un futuro cercano y se ordenan según el tiempo en que van a suceder, posteriormente se determina cual es el evento más inmediato, este evento se remueve de la lista haciendo avanzar el tiempo de la simulación y actualizando el estado del sistema. El proceso se repite hasta que se llega a un evento de parada que finaliza la simulación.

2.3.1. Etapas de un estudio de simulación

Según Bank et al. (2010) existen 12 pasos principales para realizar un estudio de simulación:

- 1) **Formulación del problema:** El punto de partida es la formulación del problema, es decir, cual es el problema que se busca resolver con la simulación. Es muy importante que el problema este bien planteado y entendido tanto por el cliente como por el analista.

- 2) **Establecimiento de objetivos y plan general del proyecto:** En este paso se definen las preguntas a ser respondidas por el estudio de simulación. De acuerdo con la naturaleza de las preguntas y el problema a ser estudiado, debe comprobarse si la simulación es la herramienta adecuada. Si es el caso, se debe generar un plan que incluya un estimado de los costos, el número de personas incluidas en el estudio y el número de días requeridos para completar cada fase.
- 3) **Conceptualización del modelo:** Desarrollar diagramas de flujo de como el sistema opera facilitando el entendimiento de que variables están involucradas y como estas interactúan. La complejidad del modelo no debería exceder la mínima requerida para satisfacer los objetivos del estudio.
- 4) **Recolección de datos:** Esta fase implica recopilar los datos que se requerirán para el programa de simulación. Identificar fuentes de aleatoriedad en el sistema, es decir, variables estocásticas. Seleccionar una apropiada distribución de probabilidad para cada variable aleatoria y estimar los parámetros correspondientes.
- 5) **Codificación:** Trasladar el modelo conceptual a un software de simulación.
- 6) **Verificación:** Comprobar de que el modelo se comporte como se tenía planeado Usualmente se utiliza la animación o se analiza el comportamiento de ciertas variables para la verificación. La verificación es necesaria pero no suficiente para la validación, por lo tanto, un modelo puede ser verificado, pero no validado.
- 7) **Validación:** Comprobar de que no existen diferencias significativas entre el modelo y el sistema real, esto se puede hacer comparando el rendimiento del modelo bajo condiciones conocidas con el rendimiento del sistema real.
- 8) **Diseño de experimentos:** Definir los escenarios que serán simulados. En esta etapa se define el tiempo de simulación, número de corridas y la forma de inicialización.
- 9) **Corridas de producción y análisis:** Las corridas de producción y sus posteriores análisis son usados para estimar las medidas de rendimiento del sistema (el valor medio de las variables de salida del modelo de simulación).
- 10) **Mas corridas:** Dado el análisis de las corridas, el analista determina si corridas adicionales son necesarias o si escenarios adicionales deben ser simulados.
- 11) **Documentación del programa y reporte de resultados:** Realizar el reporte de los resultados junto con el análisis en base a los objetivos del proyecto.
- 12) **Implementación:** El cliente en base al reporte generado tomará una decisión.

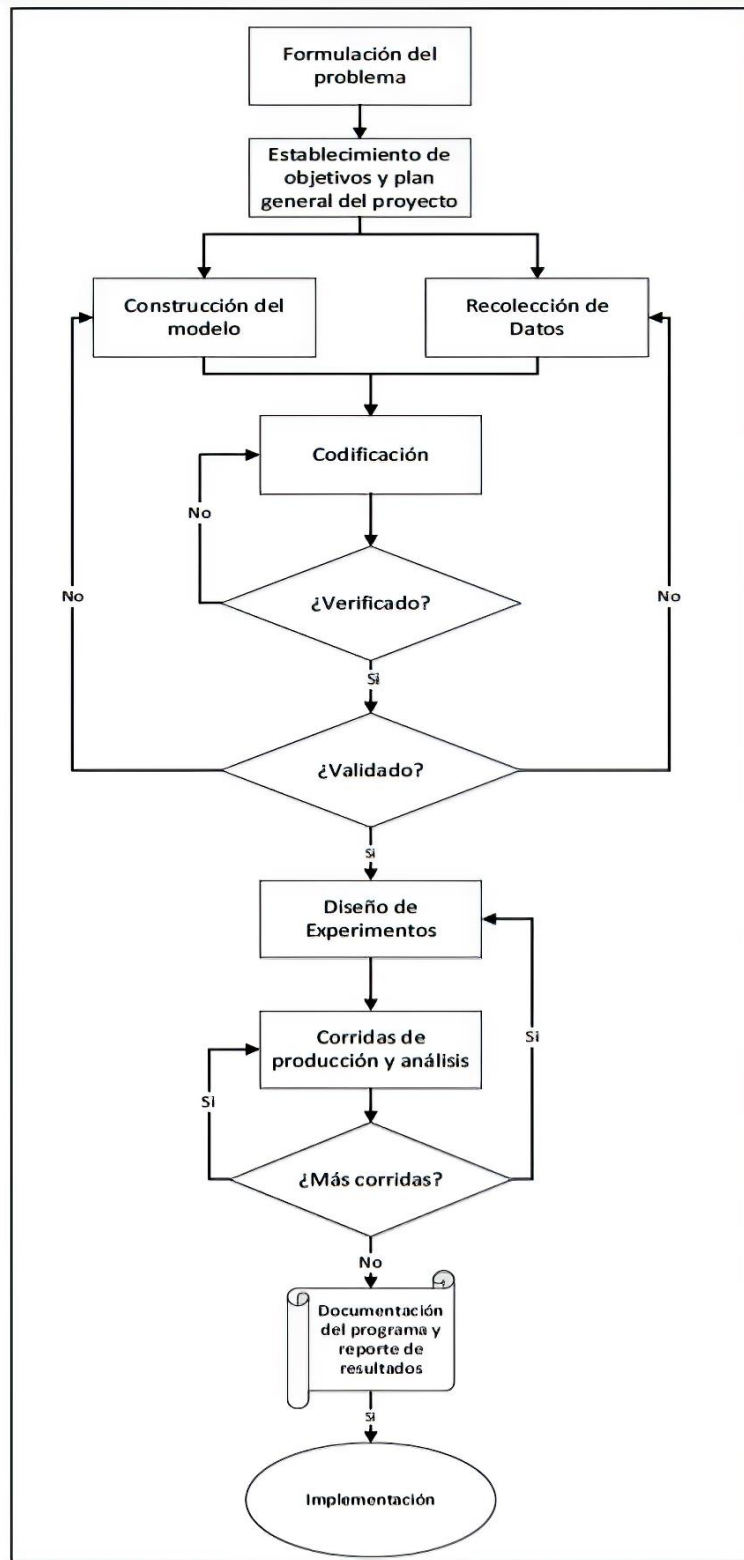


Figura 2-5: Etapas de un estudio de simulación. Fuente: Banks et al. (2010).

2.3.2. ProModel

ProModel es una herramienta de simulación y animación diseñada principalmente para modelar sistemas de fabricación. Es un sistema basado en Windows con una intuitiva interfaz gráfica y construcciones de modelado orientadas a objetos que eliminan la necesidad de programación (Price & Harrel, 1999).

ProModel cuenta con una interfaz de resultados que facilita la administración, el manejo y el análisis de la información. En este módulo se pueden ver los resultados de todas las variables del modelo. Además, el módulo permite la interacción con programas de hoja de cálculo, como Excel.

El software incluye una herramienta estadística llamada Stat::Fit, que permite hacer pruebas de bondad de ajuste sobre datos muestra, produciendo información muy importante para determinar las distribuciones asociadas a las variables aleatorias del modelo.

Además, cuenta con Simrunner, que es una herramienta que permite evaluar diferentes combinaciones de valores de un conjunto de variables con el fin de encontrar aquella combinación que logre maximizar o minimizar las medidas de interés de dicho sistema.

2.3.3. Elementos de Simulación

A continuación, se nombran y describen los elementos básicos que componen un modelo de simulación (García et al., 2013):

Sistema: Conjunto de elementos que se interrelacionan para funcionar como un todo.

Estado del sistema: Es la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento de tiempo determinado, es como una fotografía de lo que está pasando en el sistema en cierto instante.

Evento: Es el cambio en el estado actual del sistema, por ejemplo, la entrada o salida de una entidad, la finalización de un proceso de un equipo, la interrupción o reactivación de un equipo o la falla de una máquina.

Locaciones: Representan lugares en el sistema donde las entidades se envían para su procesamiento, almacenamiento o alguna otra actividad.

Entidades: Son elementos que se procesan en el sistema. Estas pueden ser materias primas, piezas, cargas o cualquier otro tipo de producto que puede necesitar ser rastreado a medida que se mueve en el sistema.

Atributos: Son las características particulares de una entidad. Por ejemplo, si la entidad es un motor, los atributos serían su color, peso y tamaño.

Recursos: Es una persona, equipo o algún otro dispositivo que puede ser usado para transportar entidades, realizar operaciones sobre las entidades en una locación, realizar mantenimiento en las locaciones o realizar mantenimiento en otros recursos.

Reloj de simulación: Es el contador de tiempo de la simulación.

2.4. Teoría de colas

Gross et al. (2008) señala que un sistema de colas puede ser descrito como clientes llegando por un servicio, esperando por el servicio si este no es inmediato y dejando el sistema después de ser servidos. El término cliente es usado en sentido general y no involucra necesariamente un cliente humano. Dicho sistema se muestra en la siguiente figura.

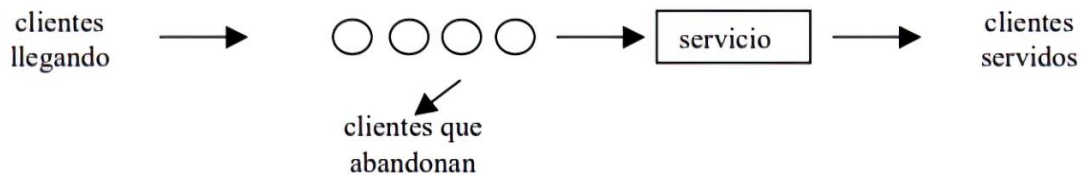


Figura 2-6: Sistema de colas. Fuente: Gross et al. (2008).

La teoría de colas fue desarrollada para proporcionar modelos para predecir el comportamiento de sistemas que intentan dar servicio a demandas que surgen de forma aleatoria. Los primeros problemas estudiados fueron aquellos de la congestión del tráfico telefónico, siendo Erlang el investigador pionero quien en 1909 publicó "*The Theory of Probabilities and Telephone Conversations.*"

2.4.1. Características de un sistema de colas

Según Gross et al. (2008) son seis las características necesarias que permiten describir de forma adecuada un sistema de colas.

- 1) **Patrón de llegada de los clientes:** En situaciones de cola usuales, el proceso de llegada es estocástico y por lo tanto es necesario saber la distribución de probabilidad que describe los tiempos entre llegadas de los clientes. También es posible que los clientes sean "impacientes", es decir, que lleguen a la cola y si es demasiado larga se vayan, o que tras esperar mucho rato en la cola decidan abandonar. Por último, es necesario considerar la forma en la cual el patrón de llegadas cambia con el tiempo. Si el patrón no cambia con el tiempo (es decir, la distribución de probabilidad describiendo el proceso es independiente del tiempo) se dice que es estacionario y si por el contrario cambia entonces se dice que es no estacionario.
- 2) **Patrón de servicio:** Del mismo modo que con el patrón de llegadas, se necesita una distribución de probabilidad para describir los tiempos de servicio de los clientes. El proceso de servicio puede depender del número de clientes esperando por el servicio, en tal caso se dice que es estado dependiente, además el servicio puede ser estacionario o no estacionario con respecto al tiempo.
- 3) **Disciplina de cola:** Se refiere a la manera en la cual los clientes son seleccionados para el servicio. La disciplina más común observada es FIFO (se atiende al que llegó primero). Otras disciplinas comunes son LIFO (se atiende al último en llegar), RRS (se selecciona un cliente de forma aleatoria independiente del tiempo de llegada a la cola) y una variedad de esquemas de prioridad, donde los clientes tienen prioridades al entrar al sistema, los que tienen prioridad más alta son seleccionados para el servicio por sobre los que tienen prioridad más baja, sin importar el tiempo de llegada al sistema.

- 4) **Capacidad del sistema:** En algunos procesos hay una limitación física de la cantidad de clientes que pueden estar en la cola, así cuando la cola alcanza un cierto largo, ningún cliente es permitido de entrar hasta que exista espacio disponible como resultado de la finalización de una atención.
- 5) **Numero de canales de servicio:** Se refiere al número de estaciones de servicio paralelas que pueden servir clientes simultáneamente. Puede haber sistemas que tengan una sola cola para todos los servidores o sistemas que tengan una cola para cada servidor.
- 6) **Etapas de servicio:** Un sistema de colas puede tener una sola etapa o varias etapas. En los sistemas multietapa los clientes pasan por varias etapas consecutivas antes de completar el servicio, pudiendo haber etapas en donde se decida enviar al cliente a una etapa anterior, lo que se conoce como reflujo o reciclaje.

2.4.2. Notación

Se utiliza la notación de Kendall (1953) para describir un sistema de colas mediante una serie de símbolos y barras:

$$A/B/X/Y/Z$$

Donde:

A: Indica la distribución del tiempo entre llegadas

B: Indica la distribución de los tiempos de servicio

X: Indica el número de servidores del sistema

Y: Indica la restricción de capacidad del sistema

Z: Indica la disciplina de cola

Si no existe restricción de la capacidad de servicio ($Y = \infty$) y la disciplina de cola es primero en llegar, primero en ser servido ($Z = FIFO$), no se acostumbra a escribir esos términos, restringiendo la notación a los tres primeros ($A/B/X$). Algunas distribuciones posibles para las características A y B son M (exponencial), E (Erlang), G (general) y D (determinística). El símbolo G representa una distribución de probabilidad general, donde ninguna suposición es hecha sobre la forma de la distribución.

2.4.3. Medidas de rendimiento

El propósito de analizar las colas es obtener medidas de las propiedades de un sistema. Existen tres tipos de medidas que a uno le gustaría conocer: El tiempo de espera de los clientes (en la cola y en el sistema), el número de clientes (en la cola y en el sistema) y el tiempo de inactividad de los servidores. Ya que la mayoría de los sistemas de colas tienen elementos estocásticos, estas medidas son a menudo variables aleatorias y sus distribuciones de probabilidad o al menos sus valores esperados, son deseados (Gross et al., 2008).

2.4.4. Resultados generales

En esta sección se presentan algunos resultados generales y relaciones para colas tipo G/G/1 y G/G/c. Estos resultados son válidos para cualquier problema de colas (Gross et al., 2008)

En una cola con un solo servidor ($c = 1$), tasa de llegadas λ y tasa de servicios μ , la utilización del sistema se define como $\rho = \lambda/\mu$.

Sea N el número de clientes en el sistema, N_q el número de clientes en la cola, ambas variables aleatorias y p_n la probabilidad de que haya n clientes en el sistema, entonces:

$$L = E[N] = \sum_{n=0}^{\infty} np_n$$
$$L_q = E[N_q] = \sum_{n=c+1}^{\infty} (n - c)p_n$$

Sea T el tiempo total que un cliente pasa en el sistema, T_q el tiempo que un cliente pasa en la cola y S el tiempo de servicio, todas variables aleatorias, entonces:

$$E[T] = E[T_q] + E[S]$$

O equivalentemente,

$$W = W_q + 1/\mu$$

Por otro lado, Little (1996) demuestra que en estado estacionario se cumple:

$$L = \lambda W$$

$$L_q = \lambda W_q$$

El número promedio de clientes que se están atendiendo en cualquier momento es:

$$L - L_q = \lambda(W - W_q) = \lambda/\mu = \rho$$

Además, en un sistema de un único servidor se tiene que:

$$L - L_q = \sum_{n=1}^{\infty} np_n - \sum_{n=1}^{\infty} (n - 1)p_n = \sum_{n=1}^{\infty} p_n = 1 - p_0$$

Por lo tanto, la probabilidad de que un sistema de un único servidor este vacío (en estado estacionario) es:

$$p_0 = 1 - \rho$$

2.4.5. Distribución de Poisson y Distribución Exponencial

Gross et al. (2008) demuestra que asumir que el número de ocurrencias en algún intervalo de tiempo sea una variable aleatoria de Poisson es equivalente a asumir que el tiempo entre ocurrencias sucesivas sea una variable aleatoria distribuida exponencialmente. Por lo tanto, asumir que el tiempo entre llegadas y el tiempo de servicio obedece una distribución exponencial es lo mismo que asumir que el número de llegadas y el número de servicios sigue una distribución de Poisson.

2.4.6. Procesos de nacimiento y muerte

Una cola se puede modelar como un proceso de nacimiento y muerte, donde un nacimiento corresponde a la llegada de un cliente y una muerte a la salida de uno. Es un tipo de cadena de Markov, donde los estados del sistema son el número de clientes que hay en cada instante de tiempo t y se denota como $X(t)$. Se define $p_n(t)$ a la probabilidad de que haya n clientes en el sistema en el tiempo t :

$$p_n(t) = \Pr\{X(t) = n\}$$

Como se puede observar en la siguiente figura, pasar de un estado a otro dependerá del estado actual del sistema. Por ejemplo, si en un momento dado hay 1 cliente en el sistema y ocurre una muerte, entonces el sistema pasará del estado 1 al estado 0, por el contrario, si ocurre un nacimiento el sistema pasará del estado 1 al estado 2. Se dice entonces que ocurren transiciones entre los estados del sistema.

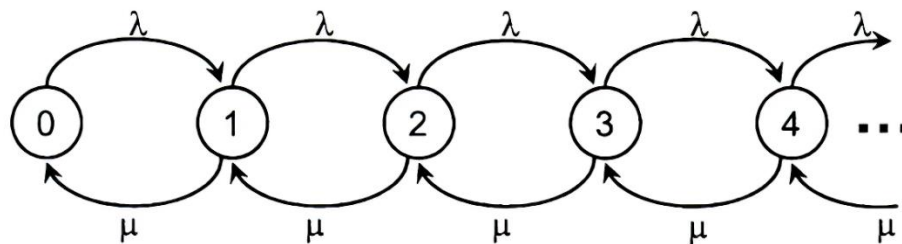


Figura 2-7: Diagrama de Tasas de Transición para la cola M/M/1. Fuente: Gross et al. (2008).

Dado lo anterior, se define $p_{ij}(h)$ a la probabilidad de pasar desde un estado i a un estado j en un intervalo de tiempo h :

$$p_{ij}(h) = \Pr\{X(t+h) = j | X(t) = i\}, h \geq 0$$

Luego, utilizando la ley de probabilidades totales se puede escribir (Karlin & Taylor, 1975):

$$\begin{aligned} p_n(t+h) &= \sum_{i=0}^{\infty} \Pr\{X(t+h) = n | X(t) = i\} \Pr\{X(t) = i\} \\ &= \sum_{i=0}^{\infty} p_{in}(h) p_i(t) \end{aligned}$$

Por otro lado, Saaty (1961) muestra que, si el tiempo entre llegadas y el tiempo de servicio de clientes son exponenciales con media λ y μ , respectivamente, se tiene:

$$p_{in}(h) = \begin{cases} \lambda h + o(h), & i = n - 1 \\ \mu h + o(h), & i = n + 1 \\ 1 - (\lambda + \mu)h + o(h), & i = n \\ o(h), & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

Reemplazando se obtiene:

$$p_n(t+h) = [\lambda h + o(h)]p_{n-1}(t) + [1 - (\lambda + \mu)h + o(h)]p_n(t) + [\mu h + o(h)]p_{n+1}(t) + \sum_i o(h)p_i(t)$$

$$p_n(t+h) - p_n(t) = [\lambda h + o(h)]p_{n-1}(t) + [-(\lambda + \mu)h + o(h)]p_n(t) + [\mu h + o(h)]p_{n+1}(t) + \sum_i o(h)p_i(t)$$

Dividiendo por h y sacando el limite cuando $h \rightarrow 0$, se obtiene:

$$\frac{dp_n}{dt} = \lambda p_{n-1} - (\lambda + \mu)p_n + \mu p_{n+1}$$

Por otro lado, cuando t es muy grande se dice que el sistema está en estado estacionario por lo que la probabilidad de estar en cada uno de los estados no varía, es decir:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{dp_n}{dt} = 0$$

Utilizando esto, con la ecuación anterior se llega a:

$$0 = -\lambda p_0 + \mu p_1$$

$$0 = \lambda p_{n-1} - (\lambda + \mu)p_n + \mu p_{n+1}, \quad n \geq 1$$

Resolviendo estas ecuaciones, se puede encontrar por inducción que:

$$p_n = p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$$

Para obtener p_0 se puede usar el hecho de que las probabilidades deben sumar 1:

$$1 = \sum_{n=0}^{\infty} p_n = \sum_{n=0}^{\infty} p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n = p_0 \sum_{n=0}^{\infty} \rho^n$$

Se sabe que $\sum_{n=0}^{\infty} \rho^n = \frac{1}{1-\rho}$ sí y solo si $\rho < 1$. Por lo tanto, se tiene que:

$$p_0 = 1 - \rho \quad (\rho < 1)$$

2.4.7. Colas M/M/1

Una cola M/M/1 tiene un único servidor y los tiempos entre llegadas y servicios siguen una distribución exponencial con funciones de densidad dadas respectivamente como:

$$a(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

$$b(t) = \mu e^{-\mu t}$$

La probabilidad de que haya n clientes en el sistema (en el estado estacionario) está dada por:

$$p_n = p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n = (1 - \rho)\rho^n \quad (\rho = \lambda/\mu < 1)$$

Medidas de rendimiento

Cantidad de clientes en el sistema: Sea N la variable aleatoria que describe el número de clientes en el sistema en estado estacionario y $L = E[N]$, entonces:

$$\begin{aligned} L &= \sum_{n=0}^{\infty} np_n = \sum_{n=0}^{\infty} n\rho^n(1 - \rho) = \rho(1 - \rho) \sum_{n=0}^{\infty} n\rho^{n-1} \\ &= \rho(1 - \rho) \frac{1}{(1 - \rho)^2} = \frac{\rho}{(1 - \rho)} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \end{aligned}$$

Cantidad de clientes en cola: Sea N_q la variable aleatoria que describe el número de clientes en cola y $L_q = E[N_q]$, entonces:

$$\begin{aligned} L_q &= \sum_{n=1}^{\infty} (n - 1)p_n = \sum_{n=1}^{\infty} np_n - \sum_{n=1}^{\infty} p_n = L - (1 - p_0) \\ &= \frac{\lambda}{\mu - \lambda} - \rho = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \end{aligned}$$

Tiempo en el sistema: Sea T la variable aleatoria que describe el tiempo que un cliente pasa en el sistema y $W = E[T]$, entonces:

$$W = \frac{L}{\lambda} = \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)} = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

Tiempo en la cola: Sea T_q la variable aleatoria que describe el tiempo que un cliente pasa en la cola y $W_q = E[T_q]$, entonces:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{\rho}{\mu(1 - \rho)} = \frac{\rho}{\mu - \lambda}$$

2.5. Estrategias de despacho de camiones

Alarie y Gamache (2001) indican que el problema de despacho de camiones en minas cielo abierto consiste en responder la siguiente pregunta cada vez que un camión descarga en un destino: “¿Donde debería ir este camión ahora?” Es trabajo del sistema de despacho encontrar el mejor destino para enviar el camión, siendo este aquel que satisface uno o varios criterios de despacho, entre los cuales están maximizar la producción y la utilización de los equipos (minimizar el tiempo de espera de los camiones y el tiempo de inactividad de las palas).

Los autores señalan que hay dos enfoques principales para el despacho de camiones, los sistemas de una sola etapa y los de múltiples etapas. Los sistemas que usan un enfoque de una sola etapa son aquellos que despachan los camiones a las palas de acuerdo con uno o varios criterios sin tomar en cuenta objetivos de producción específicos o restricciones, estos a menudo son métodos heurísticos basados en reglas generales. Por otra parte, los sistemas que usan un enfoque de múltiples etapas dividen el problema en subproblemas o etapas: una etapa superior que consiste en establecer los objetivos de producción para cada pala y una etapa inferior que asigna los camiones a las palas para minimizar la desviación de los objetivos de producción sugeridos por la etapa superior. Un modelo de programación lineal o no lineal es usado para determinar los objetivos de producción en la etapa superior mientras que un método heurístico es utilizado en la etapa inferior debido a que una solución exacta consume demasiado tiempo.

Por último, los autores identifican tres tipos de estrategias para el despacho de camiones:

2.5.1. 1 camión para n palas

En este tipo de estrategia cuando un camión solicita una nueva asignación, se consideran las n palas a las que el camión puede ser despachado y el sistema evalúa los costos o beneficios de asignar los camiones a cada una de las palas de acuerdo con un criterio de selección, posteriormente el camión es enviado a la pala que ofrece el menor costo o el mayor beneficio. Este proceso es repetido cada vez que un camión solicita una nueva asignación. En esta estrategia, el impacto que tendrá la decisión de despacho del camión actual sobre el despacho de los siguientes camiones no se considera.

Munirathinam y Yingling (1994) describen los principales sistemas de despacho con este tipo de estrategia encontrados en la literatura. Cabe destacar, que estos sistemas están basados en reglas heurísticas por lo que no hay evidencia de que entreguen soluciones óptimas, sin embargo, son fáciles de implementar y no requieren mucho cálculo computacional.

1) Asignación de camión fijo: Cada camión es asignado a una pala y el camión se mueve en un circuito cerrado entre la pala correspondiente y un punto de vaciado. El número de camiones que es asignado a una pala particular es una función de variables de rendimiento de la pala en cuestión, el nivel de producción deseado de esa pala y el tiempo de viaje y de espera esperado de los camiones en la red de transporte. Debido a la naturaleza estocástica de las operaciones de transporte, formación de largas colas en una pala específica ocurre con frecuencia.

- 2) **Minimizar tiempo de espera de camiones:** Se asigna el camión vacío a la pala donde se espera que este tenga el menor tiempo de espera. Esto es la pala que minimiza la diferencia entre el *shovel-ready-time* y el *truck-ready-time*. El *truck-ready-time* es el tiempo que demorará el camión en viajar desde el punto de despacho a la pala en cuestión. El *shovel-ready-time* es el tiempo que la pala demorará en cargar todos los camiones que le han sido asignados, incluyendo el camión que está siendo cargado, los que están en espera y los que se dirigen a la pala. El problema de esta heurística es que tiende a la generación de circuitos cortos entre las palas que se encuentran más cerca del punto de vaciado, dejando subutilizadas las que se encuentran más lejos.
- 3) **Maximizar camiones:** Se asigna el camión vacío a la pala donde se espera que sea cargado lo antes posible. Computacionalmente esto involucra encontrar la pala que minimiza el máximo entre el *truck-ready-time* y el *shovel-ready-time*. Esta regla tiende a reducir el tiempo inactivo del camión y previene colas de espera largas, pero también puede conducir a una producción desequilibrada entre las palas ya que fomenta el despacho de camiones a las palas más cercanas al punto de vaciado.
- 4) **Minimizar tiempo de espera de las palas:** Se asigna el camión a la pala que ha estado esperando por más tiempo o a la pala que se espera esté disponible lo antes posible. El algoritmo requiere encontrar la pala que maximiza la diferencia entre el *truck-ready-time* y el *shovel-ready-time*. Esta regla provoca una disminución de la producción, ya que algunos camiones estarán sujetos a tiempos de viaje más largos, aunque exista una pala inactiva más cercana, que sin embargo no es la que ha estado esperando por más tiempo.
- 5) **Maximizar la productividad momentánea del camión:** La productividad momentánea del camión es definida como la razón entre la capacidad del camión y su tiempo de ciclo. La primera observación es que la razón será más alta para valores pequeños de tiempos de ciclo, resultando en una acumulación indeseada de camiones en las palas más cercanas al punto de vaciado. Además, cuando los camiones son homogéneos con respecto a su capacidad, este problema se reduce a minimizar el tiempo de ciclo de los camiones. El tiempo de ciclo del camión es una función del tiempo de viaje desde el punto de vaciado a la pala, tiempo de espera en la pala, tiempo de carguío del camión, tiempo de viaje desde la pala al punto de vaciado y tiempo de descarga del camión.
- 6) **Minimizar la saturación de las palas:** Se asigna el camión a la pala que tiene el menor grado de saturación. El grado de saturación es definido como la razón entre el número de camiones que han sido asignados y el número deseado de camiones que deberían haber sido asignado a la pala en consideración. El número deseado, también referido como el número de saturación, es el número de camiones dado por la razón entre el tiempo de viaje del camión desde el punto de vaciado hasta la pala y el tiempo de carga del camión.
- 7) **Minimizar la desviación de la producción objetivo de las palas:** Se asigna el camión a la pala que está más por debajo de la producción objetivo. El problema de esta regla es que varios camiones podrían ser enviados a la misma pala que esta atrasada en producción debido a una falla temprana en el turno, formando una cola en la pala mientras otras pueden estar inactivas.

2.5.2. M camiones para 1 pala

De acuerdo con esta estrategia las decisiones de despacho son hechas tomando en cuenta los siguientes m camiones a despachar en el futuro cercano, pero solo considerando una pala a la vez. En esta estrategia primero se ordenan las palas de acuerdo con una medida que indica cuan debajo están de la producción objetivo, luego considerando cada pala en ese orden, se asignara de los m camiones disponibles el que minimice esa medida. El sistema de despacho más conocido disponible en la literatura que utiliza esta estrategia corresponde a DISPATCH® desarrollado por Modular Mining Systems. Ya que DISPATCH® es un paquete comercial, todos los detalles de su método de despacho no son divulgados en la literatura, sin embargo, a continuación, se describen algunas de sus características más significativas.

La asignación de camiones por DISPATCH® está basado en un enfoque de múltiples etapas. En la etapa superior, programación lineal es usada para determinar la producción optima en toneladas por hora entre cada pala y punto de vaciado. El programa lineal toma en cuenta la configuración actual del pit, máxima tasa de extracción de cada pala, máxima capacidad de los puntos de vaciado y requerimientos de mezcla en stocks y chancadores. Su función objetivo incluye pseudocostos mediante los cuales se establece la tasa de extracción de las palas. Para mantener las tasas de extracción de cada uno de los caminos lo más preciso posible, la etapa superior es llamada cada vez que ocurre un cambio significativo, por ejemplo, cuando ocurre una falla de un chancador o una pala, cuando se añade un nuevo camino, cuando el tiempo de viaje entre dos puntos varia, cada vez que cambian los requerimientos de ley de la planta, entre otros.

Los camiones son despachados por la etapa inferior, que intenta alcanzar lo más cerca posible las tasas de extracción determinadas en la etapa superior. Para esto dos listas son creadas al comienzo del proceso de despacho, una para los caminos y otra para los camiones. La lista de caminos es ordenada de acuerdo con el *need-time*, que es una medida que indica cuan atrasada esta la producción de un camino con respecto a la producción optima obtenida en la etapa superior. El camino con el menor *need-time* es el primero en la lista. La lista de camiones contiene todos los camiones actualmente descargando en un punto de vaciado y los que se dirigen a uno. Se asigna al camino con el menor *need-time* el camión que minimice el *lost-tons*, que es una medida de improductividad considerando el tiempo de inactividad de la pala, el tiempo de espera del camión, el tiempo de viaje adicional que el camión debe hacer para alcanzar la pala en cuestión en lugar de ir a la más cercana y las tasas de extracción determinadas en la etapa superior. Después de que el mejor camión es asignado al camino más necesitado, el camión es removido de la lista de camiones y el camino se mueve al final de la lista de caminos dejando que el segundo camino más necesitado sea el nuevo más necesitado. El proceso de asignación se repite siempre que la lista de camiones no esté vacía.

2.5.3. M camiones para n palas

En esta estrategia se considera simultáneamente la asignación de los próximos m camiones a ser despachados en el futuro a las n palas en operación. Esto es posible usando métodos de optimización combinatoria. Por lo tanto, esta estrategia debería de producir decisiones de despacho de acuerdo con una visión global debido a que toma en cuenta la interconexión de los diferentes aspectos del problema. En esta estrategia el problema de despacho se formula como un problema de transporte, donde se considera transportar algunos productos desde un grupo de proveedores hacia un grupo de receptores. El objetivo es minimizar el costo total de transporte satisfaciendo tanto la capacidad de suministro como los requerimientos de demanda. En este problema los proveedores son los m camiones, los receptores las n palas y la unidad de producto un camión. Cada proveedor ofrece una unidad de producto y cada receptor demanda un número de unidades tal que el número total de unidades demandadas es igual a m .

Un sistema de despacho con un enfoque de múltiples etapas que utiliza esta estrategia es descrito por Temeng et al. (1997) y Temeng et al. (1998). En la etapa superior se resuelven un modelo de programación de objetivos con el fin determinar la cantidad óptima de toneladas a transportar entre cada pala y cada punto de vaciado para el periodo de producción. Un modelo de programación de objetivos es un modelo de programación lineal cuya función objetivo incluye penalizaciones. Tales modelos de programación son muy útiles cuando es prácticamente imposible encontrar una solución factible que satisfaga todas las restricciones del problema, por lo tanto, se quiere obtener una solución que viole el menor número de restricciones o las menos importantes. El programa de objetivos es formulado para mantener las palas lo más cerca posible a su máxima capacidad y los materiales de mezcla producidos en los puntos de vaciado lo más cerca posible a los requerimientos de mezcla. También son considerados por el programa requerimientos de producción mínimos en las palas, máxima capacidad de los puntos de vaciado, razón estéril mineral y capacidad de la flota.

En la etapa inferior se toman decisiones de despacho resolviendo un problema de transporte. Los proveedores son los camiones a transportar en el futuro cercano y los receptores son las palas. La demanda de los receptores es expresada en términos del número de camiones necesarios para cumplir los objetivos de producción, que fueron especificados en la etapa superior. El costo de enviar un camión a una pala está dado por el tiempo de espera que resultara de asignar ese camión a la pala. Por lo tanto, el modelo busca minimizar la suma de tiempos de espera. El mayor inconveniente con este sistema es que el tiempo de espera se calcula solo en base a los camiones que se dirigen o ya han llegado a la pala correspondiente, y no considera la espera adicional debido a la asignación futura de varios camiones a la misma pala, por lo que el tiempo de espera es subestimado.

3. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología utilizada para obtener los resultados de este trabajo, la cual consta de siete etapas que son detalladas a continuación:

1. Definición del sistema

En esta etapa se establece cuál es el motivo del estudio de simulación y cuál será el sistema a modelar, es decir, cuáles son los elementos que lo componen y cómo estos interactúan entre sí. También se deben establecer los supuestos del modelo junto con sus alcances y limitaciones, así como las variables de entrada y de salida del modelo.

2. Recolección y análisis de datos

En esta etapa se reúne toda la información necesaria para realizar el modelo de simulación, tanto datos como lógica operacional. Además de identificar las variables aleatorias y seleccionar una apropiada distribución de probabilidad para cada una de estas.

3. Construcción del modelo conceptual

Consiste en realizar diagramas de flujo de cómo opera el sistema y que servirán como guía para la construcción del modelo computacional.

4. Codificación

Es trasladar el modelo conceptual a un software de simulación con el objetivo de crear un modelo lo más cercano a la realidad. En caso de utilizar animación, en esta etapa también se define que gráfico representará mejor el sistema modelado.

5. Validación del modelo

En esta etapa se comprueba de que no existan diferencias significativas entre el modelo y el sistema real, esto se puede hacer comparando el rendimiento del modelo bajo condiciones conocidas con el rendimiento del sistema real.

6. Definición de los escenarios a simular

Es básicamente determinar que parámetros o variables del sistema se van a cambiar, para observar su comportamiento bajo estas nuevas condiciones. Una forma sencilla de determinarlos consiste en utilizar un escenario pesimista, uno optimista y uno intermedio para la variable de salida más importante.

7. Análisis y reporte de los resultados

En esta etapa se realiza el reporte de los resultados junto con el análisis en base a los objetivos del estudio de simulación. También se incluyen sugerencias tanto del uso del modelo como de los resultados obtenidos, con el propósito de realizar un reporte más completo. Por último, se presentan las conclusiones del proyecto de simulación.

4. MODELO DE SIMULACIÓN

En este capítulo se describe el desarrollo del modelo de simulación del sistema de carguío y transporte de la mina Rajo Sur. Primero se entrega una descripción general del sistema a modelar para posteriormente entrar en el detalle de las etapas de recolección y análisis de datos, construcción del modelo conceptual, validación del modelo y definición de los escenarios a simular.

4.1. Definición del sistema

Se consideran como componentes del sistema las operaciones de carguío y transporte. El carguío se produce en dos fases operativas, F3n y F3s, mediante cargadores frontales de 14 yd^3 , mientras que el transporte se realiza con camiones de $100 t_c$. Si el material es estéril, este es descargado en alguno de los dos botaderos ubicados al interior mina, específicamente en los bancos 2850 y 2910. Por otro lado, si el material es mineral este puede ser descargado en un chancador para su procesamiento o en un stock para su almacenamiento.

La mina cuenta con un estacionamiento para aparcar los camiones cuando es horario de colación o cambio de turno. Además, cuando se realiza una tronadura, tanto camiones como palas deben esperar en el estacionamiento hasta que esta termine, por lo que en ese periodo de tiempo no existen equipos dentro de la mina, salvo perforadoras que se ubican fuera del radio de evacuación. Esto se hace con el fin de proteger a los equipos de las proyecciones de roca y así evitar posibles daños.

Por otro lado, existen 25 días distribuidos entre los meses abril y octubre donde no es posible ingresar a la mina debido a condiciones climáticas adversas asociadas a tormentas y nevadas intensas, por lo que, en estos días, conocidos como días de invierno, se alimenta a la planta solo con mineral del stock. Es por esta razón que se procura almacenar el mineral suficiente en los meses anteriores para que no se detenga la operación. Existe otra ocasión en la que se extrae mineral del stock y es cuando hay una baja disponibilidad de camiones. En estas situaciones, el área de operaciones en conjunto con el área de planificación de corto plazo decide extraer mineral desde el stock para asegurar el cumplimiento del tonelaje de alimentación a planta planificado.

Según los planes mineros de los años 2022 y 2023, la mina contará con una flota de 12 camiones y se estima que las disponibilidades medias para estos años serán de 78,8 y 83%, respectivamente. El objetivo de este estudio es determinar el impacto de la disponibilidad en el cumplimiento de estos planes y recomendar o no la compra de camiones adicionales para asegurar que esto pase. Con respecto a los supuestos del modelo, se considera que la planta siempre está operativa, es decir, no se consideran detenciones por temas de mantención o fallas. Dentro de los alcances se tiene que la simulación se realiza para un horizonte de largo plazo y no forman parte del estudio procesos posteriores a la descarga de mineral en el chancador.

Por último, las variables de entrada que se requieren para el modelo son las siguientes:

- 1) Capacidad del chancador y del stock
- 2) Productividad de las palas
- 3) Disponibilidad de los camiones
- 4) Cantidad de días de invierno por mes

- 5) Horarios de colación, cambio de turno y tronadura
- 6) Capacidad de los camiones
- 7) Tiempos de carga, descarga, aculatamiento en la zona de carga y aculatamiento en la zona de descarga
- 8) Modelo de velocidades camiones cargados y vacíos
- 9) Perfil rutas de transporte
- 10) Reservas por fase banco
- 11) Plan mensual

Mientras que las variables de salida del modelo son:

- 1) Mineral extraído de las fases con destino a stock
- 2) Mineral extraído de las fases con destino a chancado
- 3) Estéril extraído de las fases con destino a botadero
- 4) Mineral extraído del stock con destino a chancado

4.2. Recolección y análisis de datos

Parte fundamental de la construcción del modelo es la recolección de datos que alimentarán a este. En particular, se recolectaron datos de los tiempos de carga, descarga, aculatamiento, viaje cargado y vacío de los camiones correspondientes a los meses de diciembre de 2019 a abril de 2020.

Posteriormente, con el fin de disminuir el número de variables aleatorias a modelar y dado que los tiempos de aculatamiento en la zona de carga y descarga eran del orden de segundos, se decidió sumar estos últimos a los tiempos de carga y descarga respectivamente, pasando así de cuatro a dos variables aleatorias.

Luego, se filtraron los datos para eliminar los valores atípicos que pudieran afectar en las estadísticas y en la estimación de los parámetros de las distribuciones de probabilidad. Para decidir que filtros utilizar primero se hizo una visualización de los histogramas, los cuales se muestran en las figuras 4-1 y 4-2.

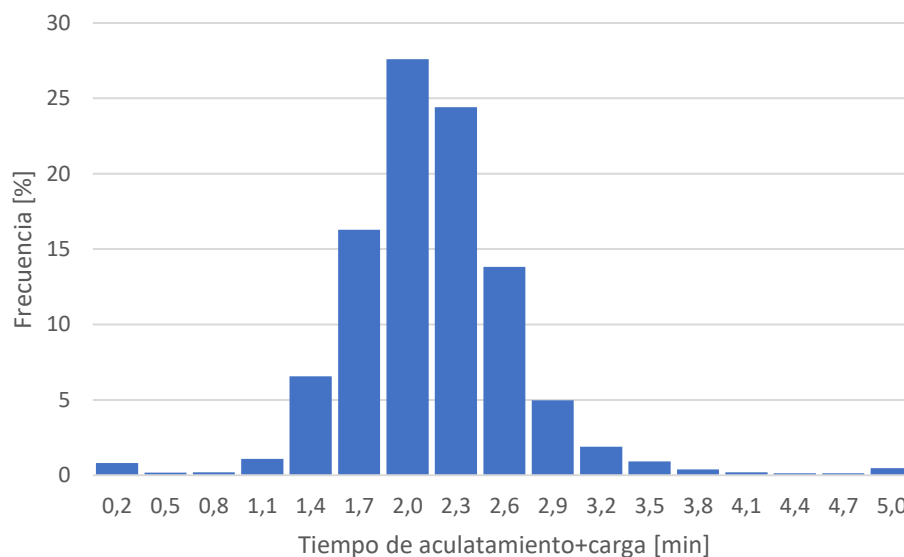


Figura 4-1: Histograma tiempo de aculatamiento y carga

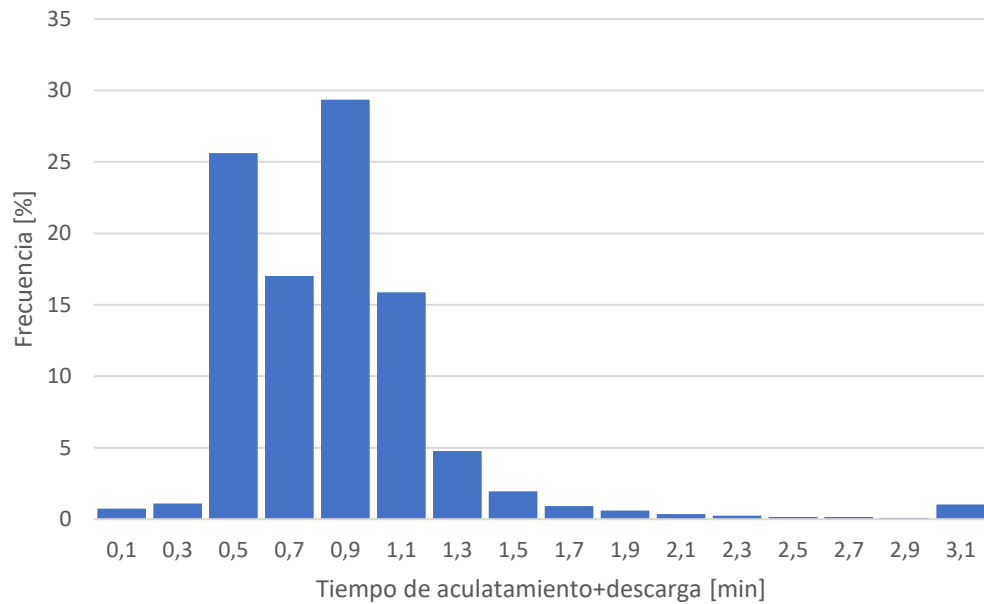


Figura 4-2: Histograma tiempo de aculatamiento y descarga

Como se puede observar en la figura 4-1, la mayoría de los tiempos de aculatamiento y carga de los camiones se concentran entre los 1 y 4 minutos quedando pocos datos en las colas. Por otro lado, en la figura 4-2 se puede observar que la mayoría de los tiempos de aculatamiento y descarga de los camiones se concentran entre los 0,3 y 2 minutos quedando pocos datos fuera de este rango. Es por esta razón que se escogieron estos valores para poder filtrar los datos.

Una vez filtrados los datos, se obtuvieron las estadísticas básicas que se muestran en las tablas 4-1 y 4-2, de las cuales se puede observar que el tiempo medio de aculatamiento y carga de los camiones es de 2,12 minutos, mientras que el tiempo medio de aculatamiento y descarga es de 0,84 minutos.

Tabla 4-1: Estadísticas básicas tiempos de aculatamiento y carga

aculatamiento+carga	
Número de datos	24.285
Media	2,12
Mediana	2,08
Moda	2,08
Desviación estándar	0,43
Mínimo	1
Máximo	4

Tabla 4-2: Estadísticas básicas tiempos de aculatamiento y descarga

aculatamiento+descarga	
Número de datos	24.285
Media	0,84
Mediana	0,83
Moda	0,58
Desviación estándar	0,28
Mínimo	0,3
Máximo	2

Posteriormente, se ajustaron distribuciones de probabilidad a estas dos variables aleatorias. En el caso, de los tiempos de aculatamiento y carga de los camiones, la distribución que mejor ajusto fue una lognormal de parámetros $\mu = 0,73$ y $\sigma = 0,21$ como se muestra en la figura 4-3. Además, en la figura 4-4 se puede observar que la distribución teórica es similar a la real al estar los puntos cerca de la línea recta.

Por otro lado, dado que se vuelve difícil aceptar las pruebas de bondad de ajuste cuando hay muchos datos, porque una pequeña desviación experimental con respecto a la distribución teórica se vuelve significativa y hace que se rechace el test, se decidió usar un método alternativo descrito por Nurmi et al. (2005). Este método consiste en repetir el test de bondad de ajuste 1000 veces con diferentes submuestras escogidas aleatoriamente del conjunto de datos, donde cada una de estas submuestras debe de tener 100 datos. Luego calcular el estadístico de prueba promedio para rechazar o no la hipótesis nula.

En este caso se realizaron 1000 pruebas chi cuadrado utilizando 8 clases y se obtuvo un estadístico de prueba promedio de 9,53 siendo el valor crítico 14,07 para 7 grados de libertad y un nivel de significancia de 5%. Dado que el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que la distribución teórica se ajusta a la distribución real.

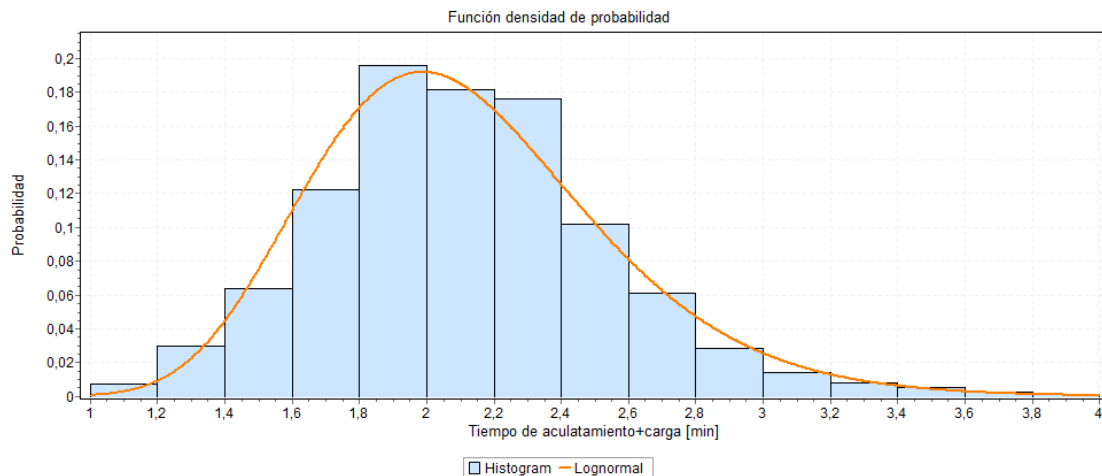


Figura 4-3: Distribución teórica tiempo de aculatamiento y carga

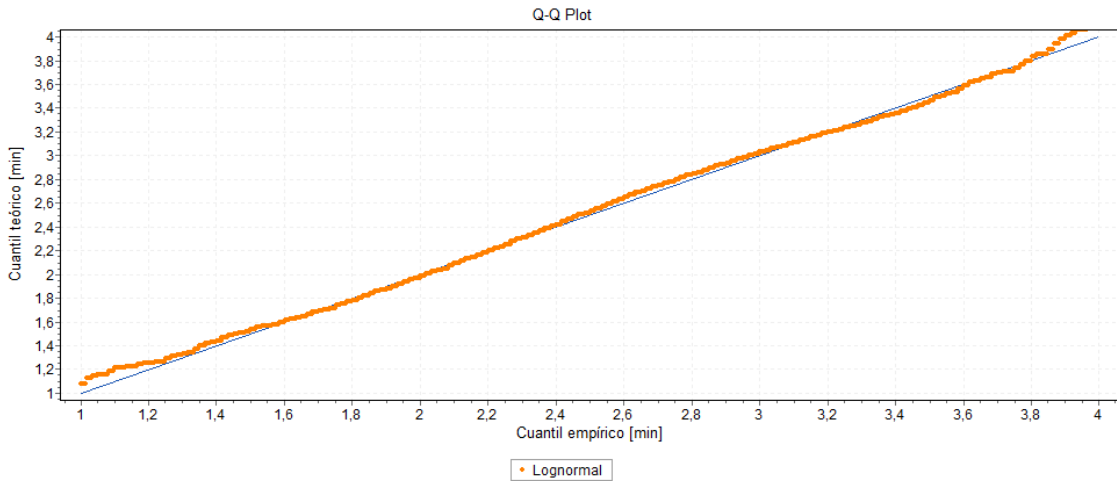


Figura 4-4: Gráfico Q-Q tiempo de acuatamiento y carga

Por otra parte, para los tiempos de acuatamiento y descarga de los camiones, la distribución que mejor ajusto fue una inversa gaussiana de parámetros $\mu = 0,84$ y $\lambda = 7,7$ como se muestra en la figura 4-5. Además, en la figura 4-6 se puede observar que la distribución teórica es similar a la real al estar los puntos cerca de la línea recta.

Al igual que en el caso anterior, se realizaron 1000 pruebas chi cuadrado utilizando 8 clases y se obtuvo un estadístico de prueba promedio de 17,33 siendo el valor crítico 18,48 para 7 grados de libertad y un nivel de significancia de 1%. Dado que el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que la distribución teórica se ajusta a la distribución real.

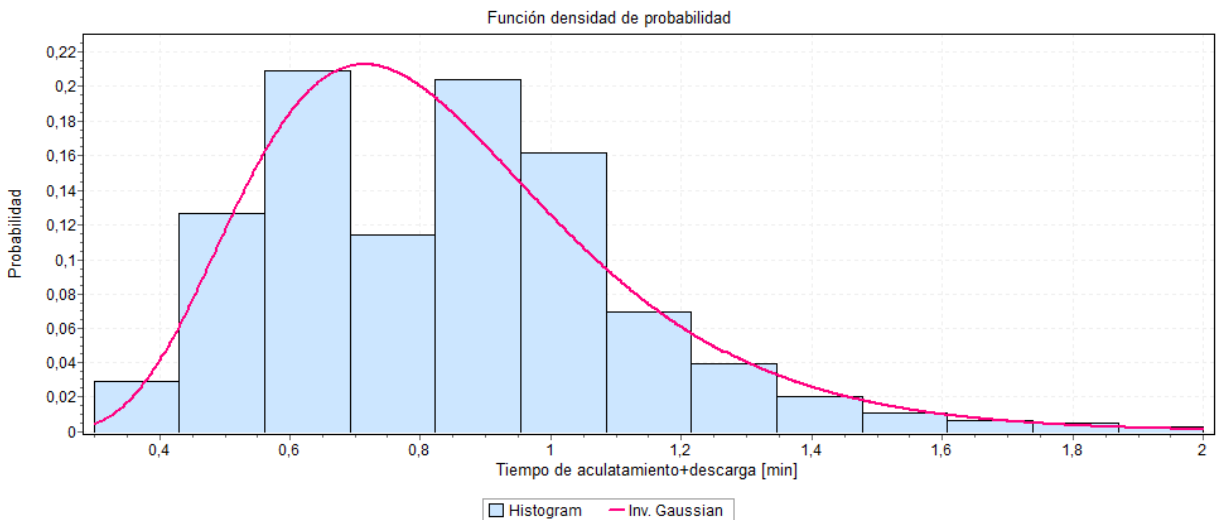


Figura 4-5: Distribución teórica tiempo de acuatamiento y descarga

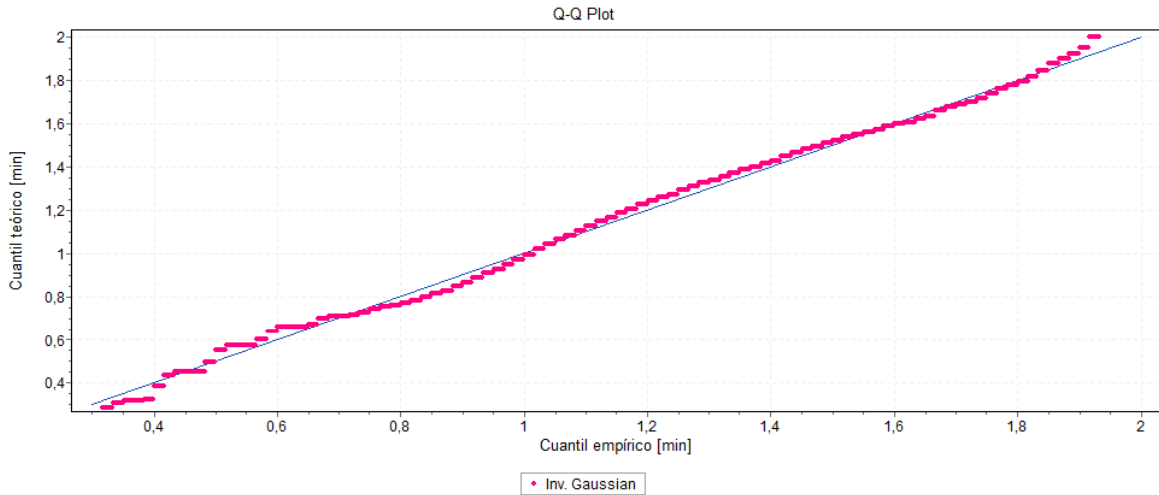


Figura 4-6: Gráfico Q-Q tiempo de acuatamiento y descarga

Por otro lado, con el fin de conocer los tiempos medios de viaje de los camiones para cada una de las rutas, se realizó un modelo de velocidades tanto para camiones cargados y vacíos. El modelo se hizo en función del porcentaje de la ruta en pendiente, dado que esta es la característica de la ruta que más impacta en la velocidad de los camiones. Este porcentaje corresponde a la fracción de la ruta que sobrepasa una pendiente del 5%. Para la construcción del modelo se utilizaron los datos de velocidades de los meses de diciembre 2019 a abril de 2020.

En las figuras 4-7 y 4-8 se muestra el modelo para los camiones cargados y vacíos, respectivamente. Los puntos representan la velocidad promedio y las líneas rojas la desviación estándar. Como se observa la calidad del ajuste para los camiones cargados fue de 0,87, mientras que para los camiones vacíos fue de 0,74. Dado que estos ajustes no son perfectos, habrá una pequeña desviación entre las velocidades reales de los camiones y las ajustadas, sin embargo, como se verá en la validación estas diferencias no son significativas ya que el modelo se acerca bastante a la realidad operacional.

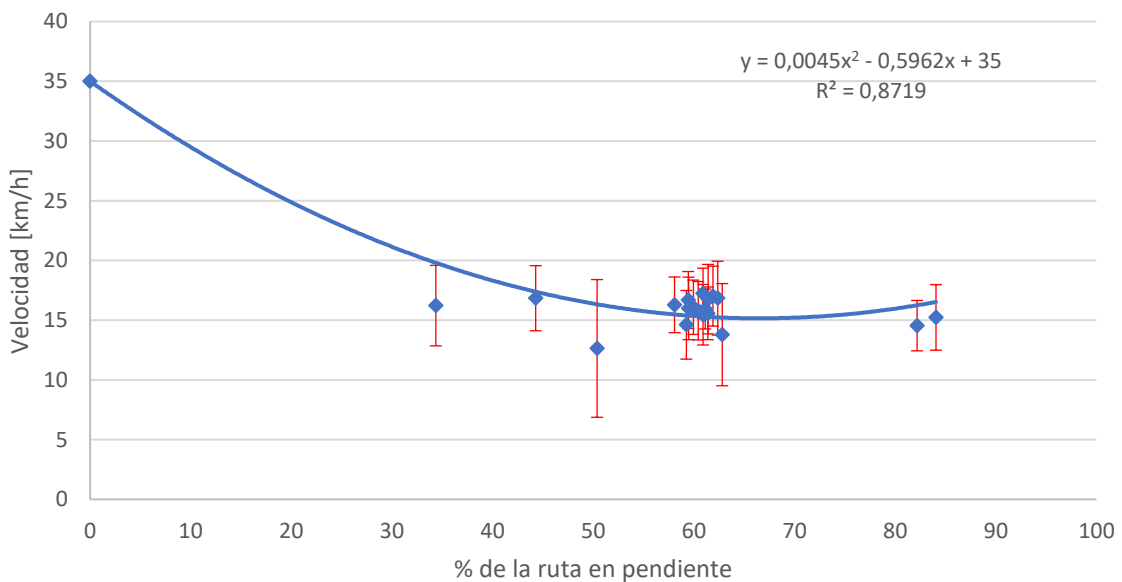


Figura 4-7: Modelo de velocidad camión cargado

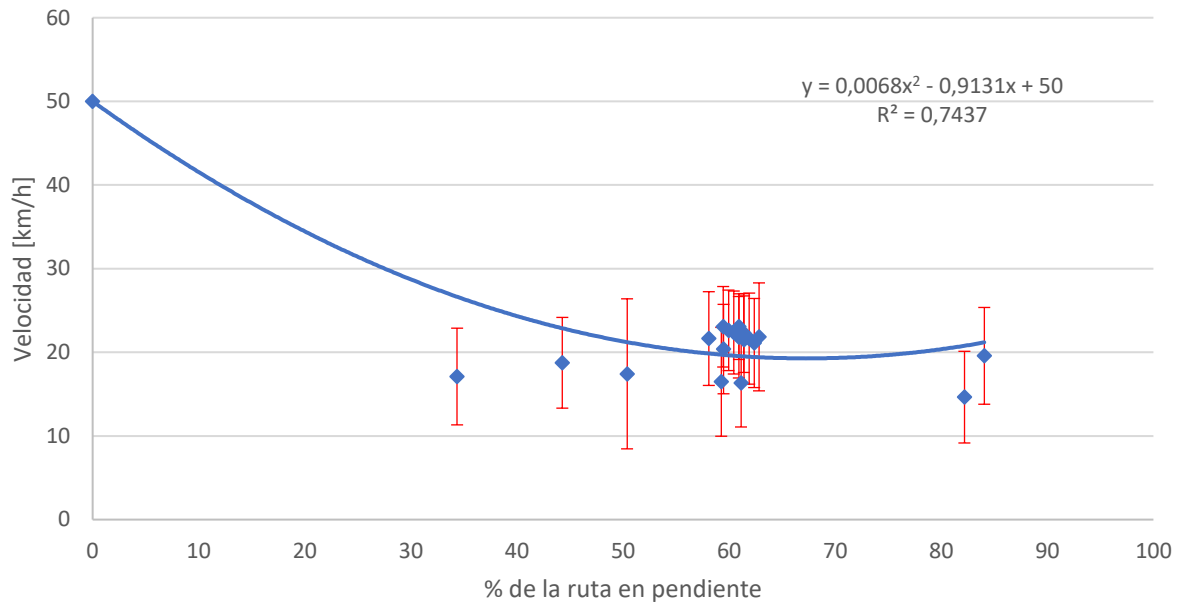


Figura 4-8: Modelo de velocidad camión vacío

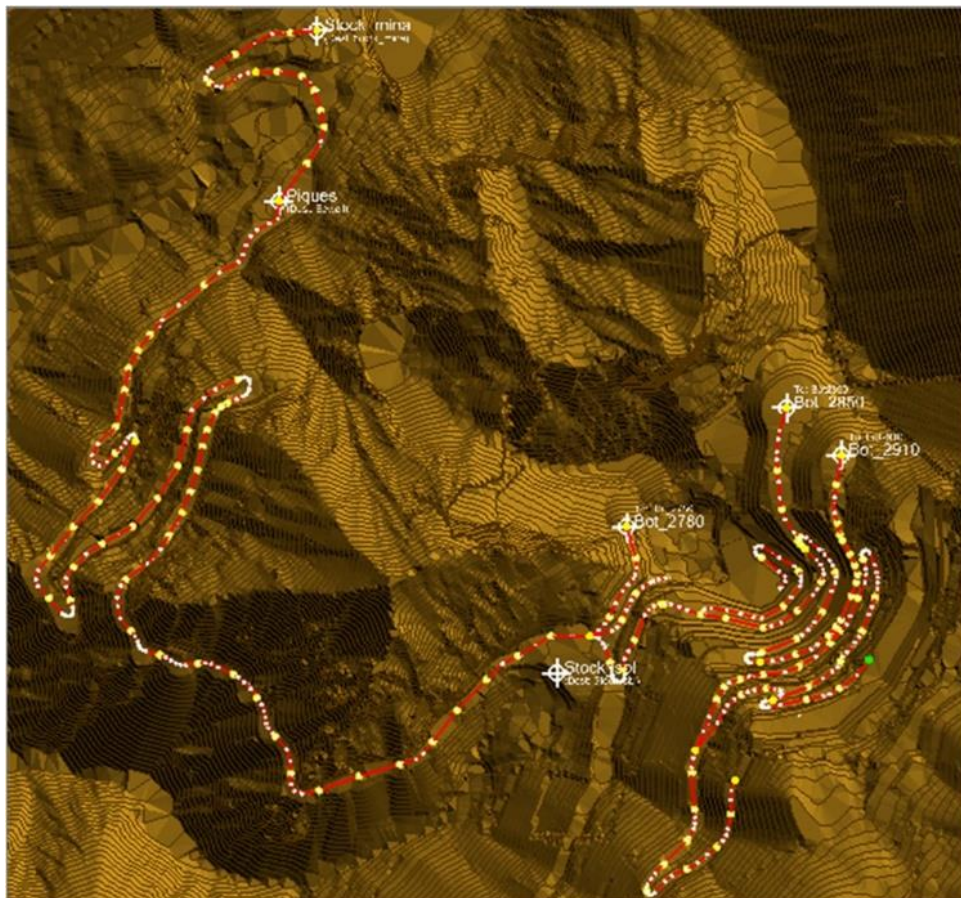


Figura 4-9: Rutas de transporte Mina Rajo Sur

Finalmente, con el perfil de rutas de transporte del MineHaul® y el modelo de velocidades, se calcularon los tiempos medios de viaje cargado y vacío de los camiones para cada uno de los circuitos origen-destino como se muestra en la tabla 4-3 y que sirven como input para el modelo de simulación.

Tabla 4-3: Tiempos de viaje de los camiones

Desde	Hasta	Tiempo viaje vacío [min]	Tiempo viaje cargado [min]
entrada mina	f3s 2680	4,58	5,95
entrada mina	f3s 2690	4,12	5,34
entrada mina	f3s 2700	3,88	5,07
entrada mina	f3s 2710	3,48	4,53
entrada mina	f3s 2720	2,94	3,79
entrada mina	f3s 2730	2,68	3,48
entrada mina	f3s 2740	2,40	3,15
entrada mina	f3s 2750	2,01	2,65
entrada mina	f3s 2760	1,68	2,24
entrada mina	f3s 2770	1,26	1,68
entrada mina	f3s 2780	0,89	1,19

4.3. Construcción del modelo conceptual

4.3.1. Layout

En la figura 4-10 se muestra el layout del modelo, el cual cuenta con dos fases, un botadero, un chancador, un stock y un estacionamiento. Cada fase está conformada por un número variable de bancos y cada banco está conformado por dos frentes, uno de mineral y otro de estéril, representados por los puntos rojos. La capacidad de cada frente es de 1 pala y en cada uno de ellos existe una zona de espera donde los camiones hacen cola para poder ser cargados.

Existen rutas, representadas de color azul, que conectan los frentes de estéril con el botadero mientras que hay otras rutas que conectan los frentes de mineral con la entrada mina, la que sirve de conexión con el estacionamiento, el chancador y el stock. Todas estas rutas son bidireccionales y los camiones demoran un tiempo fijo en recorrerlas, dependiendo de si están cargados o vacíos.

Por otro lado, el chancador posee una zona de espera, representada de color rojo, donde los camiones hacen cola para poder descargar, mientras que en el stock existen dos zonas, una para la descarga de mineral y otra para el remanejo del mismo hacia el chancador. También existe una zona en el estacionamiento, donde los camiones esperan en reserva durante la duración del cambio de turno, colación o tronadura.

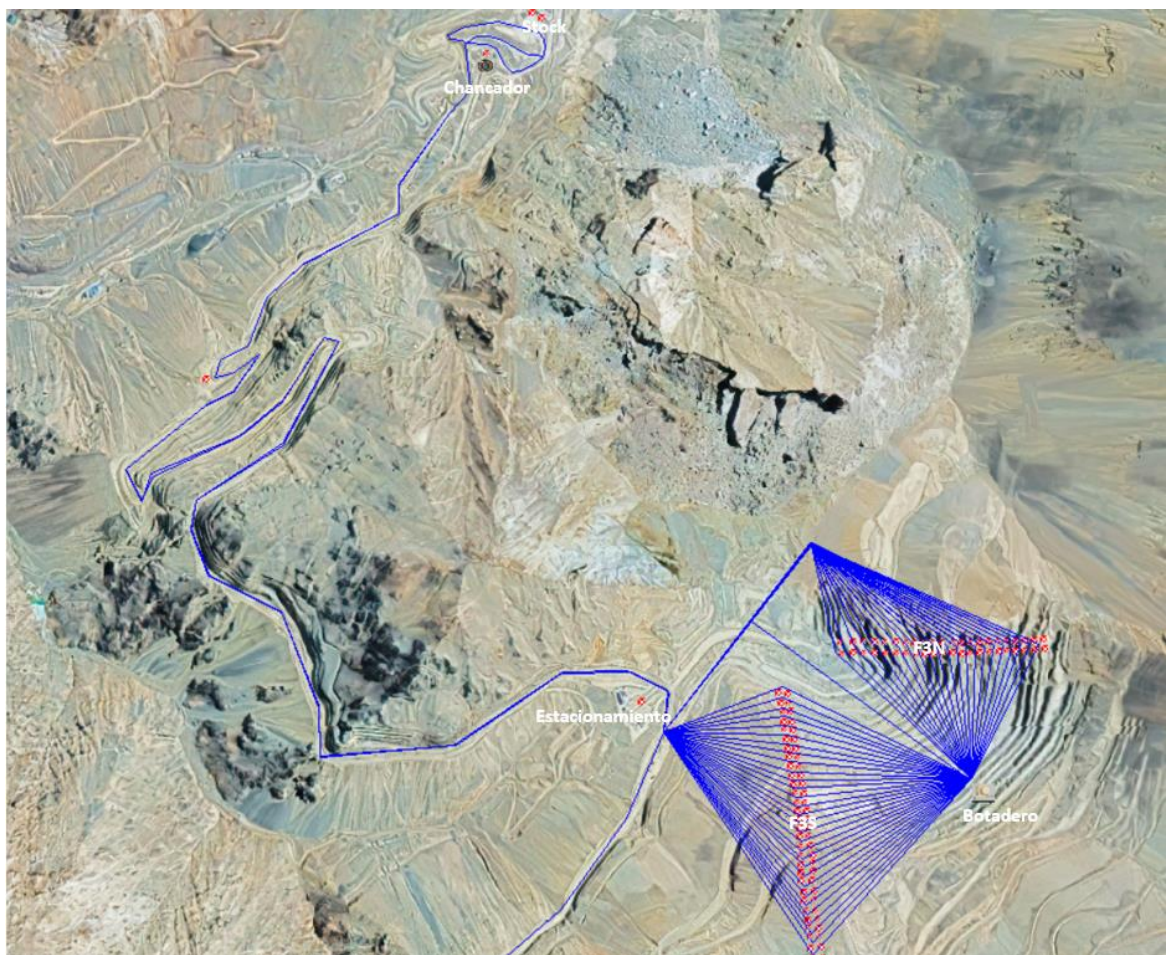


Figura 4-10: Layout modelo de simulación

4.3.2. Colación

Turno día: En la mina Rajo Sur la colación se realiza en tres turnos de 1 h desde las 12:00 PM, esto con el objetivo de no detener completamente la alimentación al chancado. De modo que el primer tercio de los operadores sale a colación a las 12:00 PM, mientras que los otros dos tercios se mantienen en operación. Sin embargo, con el fin de simplificar la simulación solo se considera un turno de colación, el cual empieza a las 12:00 PM y tiene una duración (en minutos) aleatoria X tal que $X \sim U(50, 70)$.

Turno noche: Sigue el mismo criterio del turno día, pero empezando el horario de colación a las 00:00 AM.

4.3.3. Cambio de turno

Turno día: En la mina Rajo Sur el turno termina a las 8:00 AM, sin embargo, los camiones dejan de operar a las 7:30 AM ya que los operadores necesitan estacionar el camión, ir a la casa de cambio y tomar el bus. Por otro lado, los operadores del turno siguiente empiezan a trabajar alrededor de las 8:20 AM ya que antes van a la casa de cambio y se les da una charla de seguridad. Es por esta razón que se considera que el cambio de turno empieza a las 7:30 AM y tiene una duración (en minutos) aleatoria X tal que $X \sim U(40, 60)$.

Turno noche: Sigue el mismo criterio del turno día, pero empezando el cambio de turno a las 19:30 PM.

4.3.4. Tronadura

Turno día: La tronadura comienza a las 17:00 PM y tiene una duración (en minutos) aleatoria X tal que $X \sim U(20, 40)$. Estas tronaduras solo se realizan de lunes a jueves. Por otro lado, no se consideran tronaduras durante los días de invierno. Cabe resaltar, que durante el tiempo que demore la tronadura las operaciones de la mina se detienen completamente y los camiones esperan en el estacionamiento mientras que las palas lo hacen en la mina.

Turno noche: No se consideran tronaduras durante el turno noche.

4.3.5. Tiempo ciclo camiones

El tiempo de ciclo de los camiones es una variable importante al momento de decidir si despachar o no el camión al estacionamiento cuando la hora de colación, cambio de turno o tronadura está cerca. Para calcular este tiempo se considera al sistema pala-camión como un sistema de colas, donde los clientes son los camiones y los servidores son las palas.

En este caso el tiempo de llegada de los clientes, es el tiempo de viaje vacío de los camiones hacia las palas y el tiempo de servicio es el tiempo que demora el camión en aculatare y ser cargado por la pala.

Con tal de mejorar la estimación de los tiempos de ciclo de los camiones, el modelo de simulación calcula el tiempo de espera de los camiones en las palas, sin embargo, no se calcula el tiempo de espera de los camiones en el chancador ya que su cálculo es más complejo al requerir el uso de redes de colas cíclicas, además de que estos tiempos son menores en comparación a los tiempos de espera en las colas de carguío.

Para ilustrar como los tiempos de espera en las palas son calculados se utiliza el siguiente ejemplo que se muestra en la figura 4-11.

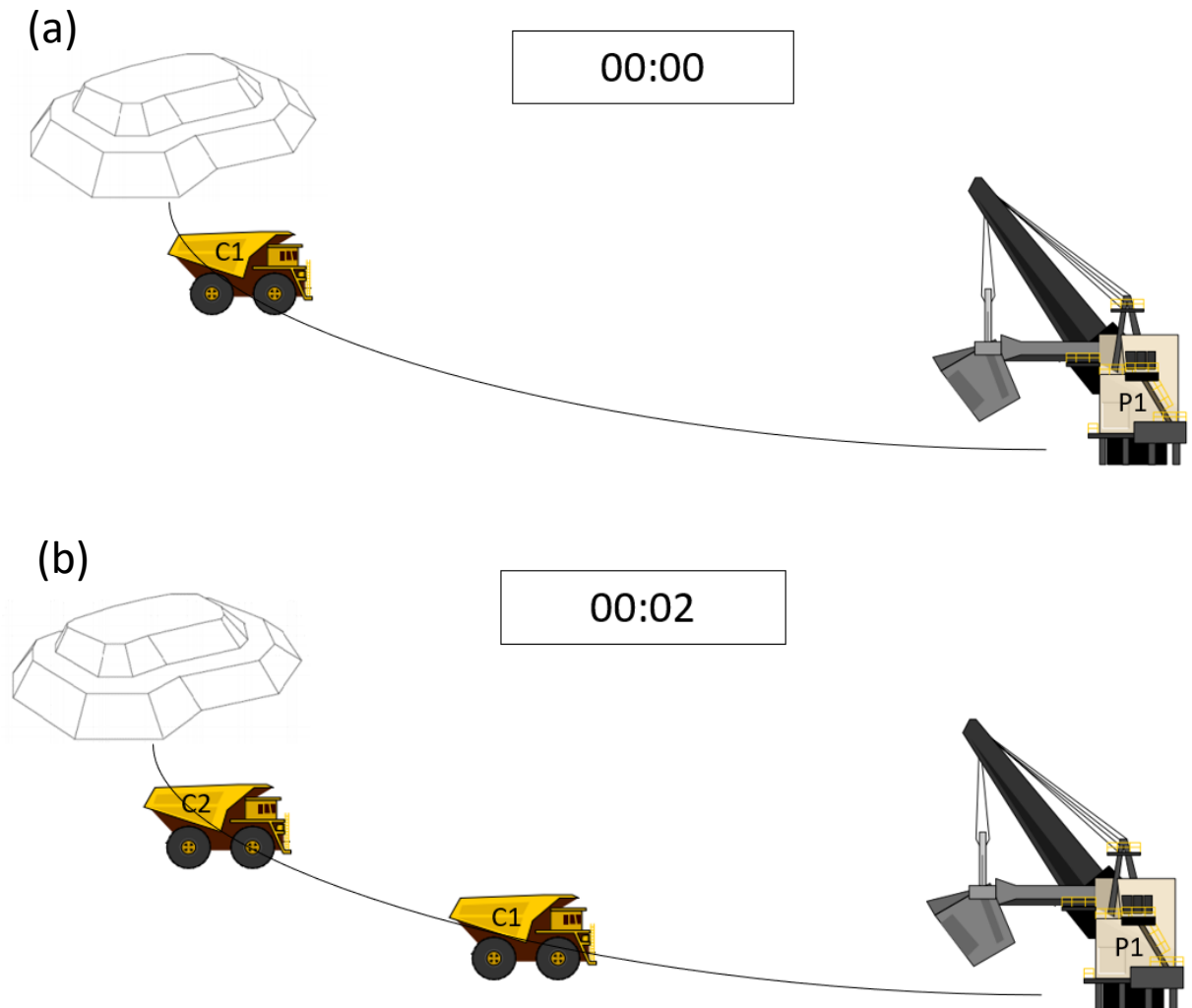


Figura 4-11: (a) Estado inicial del sistema. (b) Estado del sistema después de 2 minutos.

En la figura 4-11.a se muestra un caso que se puede dar, por ejemplo, al comienzo de un turno donde el camión C1 empieza su operación en el botadero y es despachado hacia la pala P1. Se estima que el tiempo de viaje vacío del camión hacia la pala será de 10 minutos, mientras que el tiempo que demorará en aculatare y ser cargado será de 4 minutos. Como este será el primer camión en ser atendido por la pala, no tendrá que esperar y será cargado de forma inmediata.

Por otra parte, en la figura 4-11.b se muestra la situación después de 2 minutos, donde otro camión C2 que estaba en el botadero es despachado hacia la misma pala P1. Si el camión C2 llegase antes de que la pala haya terminado de cargar al camión C1, entonces tendrá que esperar en cola y empezará su servicio a la misma hora en que el camión C1 finalice el suyo. Por el contrario, si el camión C2 llegase después de que la pala haya terminado de cargar al camión C1, entonces no tendrá que esperar ya que la pala estará desocupada, por lo que su hora de inicio de servicio será igual a su hora de llegada. Dado lo anterior, se puede escribir lo siguiente:

$$\text{Hora inicio servicio C2} = \max [\text{Hora llegada C2}, \text{Hora fin servicio C1}]$$

Si se sabe que el tiempo de viaje vacío del camión C2 hacia la pala será de 10 minutos y su tiempo de aculatamiento y carga será de 4 minutos, entonces se puede construir la siguiente tabla.

Tabla 4-4: Cálculo tiempo de espera camión C2

Camión	Hora llegada [min]	Tiempo de espera [min]	Hora inicio servicio [min]	Tiempo de servicio [min]	Hora fin servicio [min]
C1	10	0	10	4	14
C2	12	2	14	4	18

Donde la hora de inicio de servicio del camión C2 fue calculado como el máximo entre su hora de llegada y hora fin de servicio del camión C1, mientras que su tiempo de espera como su hora de inicio de servicio menos su hora de llegada.

Con lo anterior entonces, se puede calcular el tiempo de ciclo de los camiones como:

$$TC = TVV + TE + TAC + TVC + TAD$$

Donde:

TC = Tiempo de ciclo del camión

TVV = Tiempo de viaje vacío

TE = Tiempo de espera en la pala

TAC = Tiempo de aculatamiento y carga

TVC = Tiempo de viaje cargado

TAD = Tiempo de aculatamiento y descarga

Es por este motivo que, para calcular los tiempos de espera de los camiones, el modelo de simulación crea una lista con los camiones que se dirigen a cada pala. Estas listas contienen información sobre la hora de llegada, tiempo de espera, hora inicio de servicio, tiempo de servicio y hora fin de servicio de cada camión. En esta lista el primer camión en llegar siempre tendrá un tiempo de espera igual a 0, mientras que el tiempo de espera de los demás camiones se calculará a partir de su hora de llegada y el tiempo de fin de servicio del camión anterior.

Sin embargo, existen casos donde estas listas tienen que reordenarse de acuerdo con la hora de llegada de los camiones, cambiando de esta forma todos los tiempos de espera que habían sido calculados anteriormente. Esta situación se explica con el siguiente ejemplo:

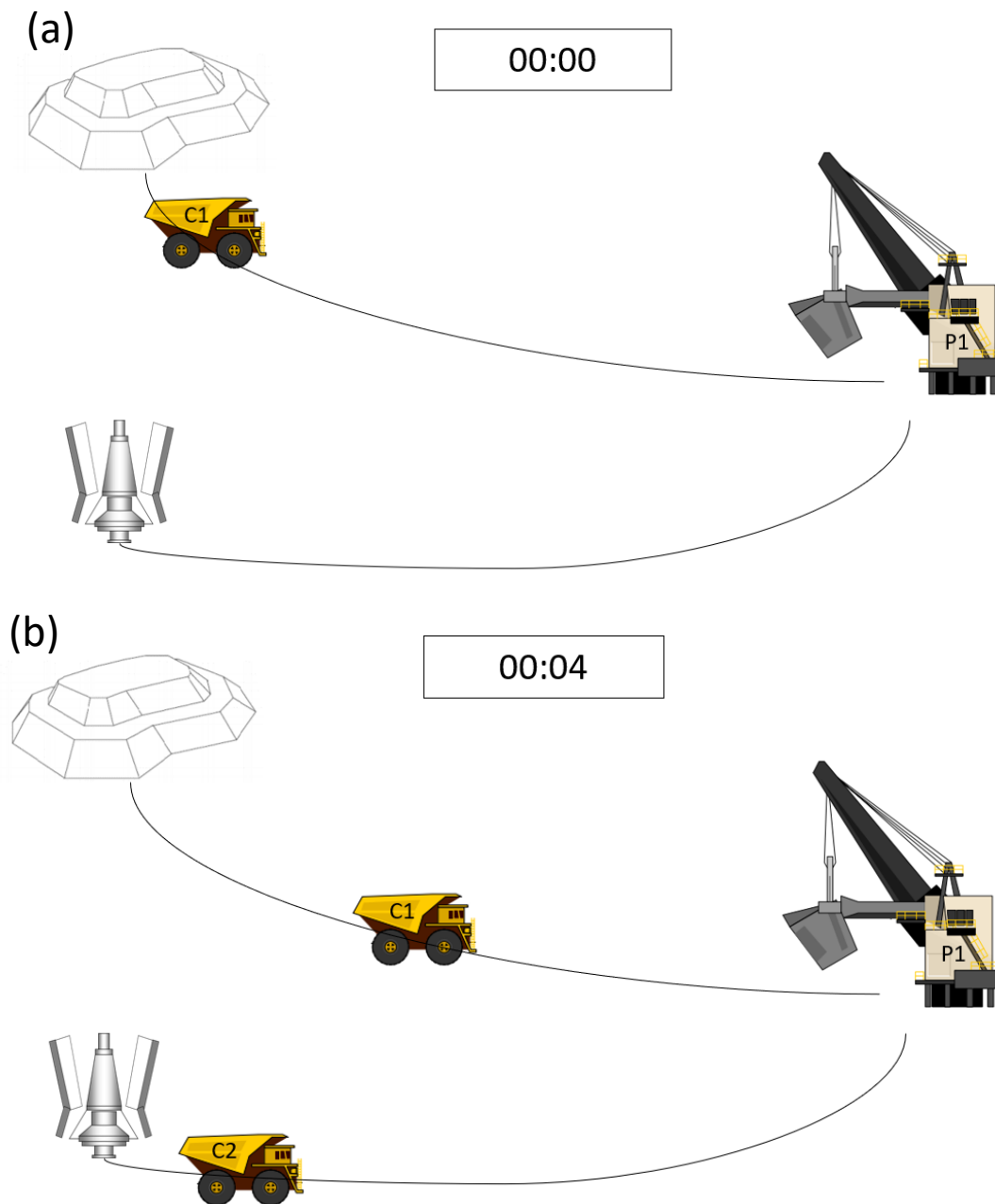


Figura 4-12: (a) Estado inicial del sistema. (b) Estado del sistema después de 4 minutos.

En la figura 4-12.a se muestra un caso similar al anterior, donde un camión C1 comienza su operación en el botadero y es despachado hacia la pala P1. Se estima que el tiempo de viaje vacío del camión hacia la pala será de 10 minutos, mientras que el tiempo que demorará en acuatarse y ser cargado será de 4 minutos. Con esta información se puede construir la siguiente tabla, donde el tiempo de espera del camión C1 será igual a 0 por ser el primer camión en llegar a la pala P1.

Tabla 4-5: Tiempo de espera inicial camión C1

Camión	Hora llegada [min]	Tiempo de espera [min]	Hora inicio servicio [min]	Tiempo de servicio [min]	Hora fin servicio [min]
C1	10	0	10	4	14

Por otra parte, en la figura 4-12.b se muestra la situación después de 4 minutos, donde otro camión C2 que estaba en el chancador, es despachado hacia la misma pala P1. Se estima que su tiempo de viaje será de 5 minutos y su tiempo de acuatamiento y carga será de 4 minutos. Como se puede observar, el camión C2 llegará antes que el camión C1 a la pala P1, por lo que la tabla anterior debe ser reordenada de forma tal que el camión C2 este primero en la lista. Hacer esto implica que el tiempo de espera del camión C1 ya no será igual a 0 como se había mencionado anteriormente, sino que tendrá que volverse a calcular como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4-6: Tiempo de espera final camión C1

Camión	Hora llegada [min]	Tiempo de espera [min]	Hora inicio servicio [min]	Tiempo de servicio [min]	Hora fin servicio [min]
C2	9	0	9	4	13
C1	10	3	13	4	17

Como se puede observar, el camión C2 al llegar antes que el camión C1 no tendrá que esperar y será cargado inmediatamente, mientras que el camión C1 ahora tendrá que esperar 3 minutos.

4.3.6. Disponibilidad camiones

La disponibilidad de los camiones es modelada como una variable aleatoria X tal que $X \sim \text{Triangular}(a, b, c)$. Donde a , b y c representan los valores de disponibilidad mínima, media y máxima, respectivamente. La flota operativa de camiones cambia cada turno y se obtiene de la multiplicación de esta variable aleatoria X y la flota total de camiones T . Los parámetros a , b y c se ajustan de tal forma que la esperanza de la distribución sea igual a la disponibilidad media D . Esto con el fin de que el número promedio de camiones operativos por turno dividido por la flota total sea cercano a D como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i}{T} = \frac{E[Y_i]}{T} = \frac{E[X_i T]}{T} = \frac{TE[X_i]}{T} = D$$

Donde:

Y_i = Número de camiones operativos en el turno i

X_i = Disponibilidad de camiones en el turno i

n = Número de turnos totales

T = Flota total de camiones

D = Disponibilidad media anual

Para lograr lo anterior, se establecen como parámetros a , b y c los valores de $D - \delta$, D y $D + \delta$, respectivamente, de forma tal que:

$$E[X_i] = \frac{a + b + c}{3} = \frac{(D - \delta) + D + (D + \delta)}{3} = D$$

Para la simulación de los escenarios se toma un δ igual a 0.1. Cabe resaltar que la disponibilidad media D toma en cuenta tanto los tiempos de falla como los tiempos de mantención de los camiones.

4.3.7. Capacidad camiones

La variabilidad en el tonelaje transportado por el camión es representada mediante una variable aleatoria de distribución triangular con los siguientes parámetros:

Tabla 4-7: Distribución tonelaje transportado por los camiones

Equipo	Carga mínima [t]	Carga media [t]	Carga máxima [t]
Camión	80,13	85,13	90,13

Estos valores se obtuvieron de un análisis de los tonelajes transportados por los camiones correspondientes a los meses de diciembre de 2019 a abril de 2020.

4.3.8. Disponibilidad palas

La mina Rajo Sur cuenta con tres cargadores frontales en total, sin embargo, en la mina no hay espacio suficiente para que operen los tres al mismo tiempo, por lo que uno siempre está en reserva. Por otro lado, cuando uno de estos cargadores entra en falla o mantención se utiliza el cargador que estaba en reserva, de manera que siempre se mantienen dos palas operativas. Dado lo anterior y con el fin de simplificar la simulación se utiliza una disponibilidad de las palas del 100% y en base a 2 palas totales.

4.3.9. Productividad máxima de las palas

La productividad máxima del equipo de carguío, operando con un camión de 100 t_c se define en 1200 t/h de acuerdo con el plan minero.

4.3.10. Productividad máxima chancador

El sistema de chancado de la mina Rajo Sur, consta de dos chancadores móviles que son alimentados con mineral proveniente de un stock operativo. El modelo de simulación simplifica este sistema a un solo chancador con 2 puntos de vaciado. Además, se define la productividad máxima del chancador en 1000 t/h.

4.3.11. Capacidad stock

En el stock se almacena el mineral que será remanejado en días de invierno cuando no sea posible ingresar a la mina. Se define su capacidad máxima en 600.000 t y además al empezar la simulación contará con un nivel inicial de 80.000 t de acuerdo con el plan minero.

4.3.12. Días de invierno

Existen 25 días distribuidos entre los meses de abril y octubre, donde no es posible ingresar a la mina debido a condiciones climáticas adversas asociadas a tormentas y nevadas intensas, por lo que, en estos días, conocidos como días de invierno, se alimenta a la planta solo con mineral del stock. El modelo de simulación toma en cuenta estos días y los distribuye de acuerdo con una variable aleatoria X tal que $X \sim \text{Bernoulli}(p)$, donde p representa la probabilidad de que un día sea de invierno. De esta forma si $X = 1$, el día será un día de invierno y si $X = 0$ será un día normal. Por otro lado, el valor de p se calcula en base a el número de días de invierno del mes y el número de días totales del mes. Esta probabilidad no es fija, sino que cambia cada día como se muestra en el siguiente ejemplo:

Tabla 4-8: Cálculo probabilidad de que un día sea de invierno

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
p	7/30	6/29	6/28	6/27	6/26	5/25
X	1	0	0	0	1	0

Supongamos que en un mes cualquiera existen 30 días, de los cuales 7 son de invierno. Por lo tanto, la probabilidad de que el primer día sea de invierno es de 7/30. Si el valor de X en ese día fue de 1, entonces ese día fue un día de invierno. En el segundo día la probabilidad cambia a 6/29 ya que ahora solo quedan 6 días de invierno de 29 días totales. Si el valor de X en ese día fue de 0, entonces ese día fue un día normal. En el tercer día la probabilidad cambia a 6/28, ya que siguen quedando 6 días de invierno, sin embargo, ahora solo quedan 28 días. Esta lógica se repite hasta el último día donde el valor de p vale 1 o 0.

4.3.13. Frentes

El modelo de simulación considera que cada banco está conformado por un frente de estéril y un frente de mineral, de esta forma las palas pueden decidir en qué frente ubicarse y por ende que tipo de material extraer durante toda la simulación. Por otro lado, no es necesario extraer todos los frentes de un banco para empezar a extraer los frentes del banco siguiente, sino que basta con haber extraído un frente del banco para empezar a extraer el frente del mismo tipo de material del banco siguiente. De modo que, para extraer, por ejemplo, el frente de mineral de un banco solo se necesita haber extraído el frente de mineral del banco anterior y lo mismo con el frente de estéril. Esto se realiza operacionalmente en la mina Rajo Sur y es posible debido a que existe una frontera que separa el mineral y el estéril de una fase, de modo que el mineral y el estéril de un banco están siempre encima del mineral y estéril del banco siguiente, respectivamente.

4.3.14. Reservas

Las reservas mineras son un input para el modelo de simulación, por lo que deben ser entregadas detallando los tonelajes de mineral y estéril de cada fase-banco como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-9: Reservas mineras

	F3n		F3s	
	Mineral [t]	Lastre [t]	Mineral [t]	Lastre [t]
2970	-	-	19.912	70.863
2960	-	-	254.456	220.535
2950	-	-	222.005	245.728
2940	-	-	244.229	164.189
2930	-	-	305.532	15.729
2920	-	-	440.737	122.056
2910	-	-	563.122	91.203
2900	-	-	552.867	51.197
2890	-	-	640.418	77.759
2880	-	-	775.775	84.219
2870	-	-	817.560	120.687
2860	-	-	829.551	106.612
2850	-	-	949.109	108.977
2840	589.575	325.822	659.310	102.587
2830	214.357	344.793	565.691	122.759

4.3.15. Plan minero

Tanto los camiones como las palas son despachados con el objetivo de cumplir el plan minero, por lo que este es un input fundamental para el modelo de simulación. Debe contener los tonelajes planificados para cada origen-destino, además de los días de invierno que se espera tener en cada uno de los meses como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-10: Plan minero

	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock	Días invierno
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]	
ene-22	423.278	268.995	1.115	2.616	26.767	290	-	-
feb-22	306.154	276.642	-	-	122.146	-	-	-
mar-22	440.037	193.212	8.680	68.247	28.130	9.827	-	-
abr-22	197.469	203.434	222.315	93.816	-	32.141	14.475	1
may-22	241.189	146.553	178.985	132.131	-	31.907	14.489	1
jun-22	246.111	24.587	64.389	133.711	6.308	27.391	94.500	7
jul-22	208.627	41.153	115.373	112.785	-	22.595	94.500	7
ago-22	228.392	188.376	138.653	75.336	-	20.354	107.055	7
sept-22	294.432	195.311	119.227	98.400	-	52.891	15.321	1
oct-22	300.305	263.232	162.113	251	-	44.165	15.414	1
nov-22	265.367	149.735	195.215	121.805	-	39.244	0	-
dic-22	263.233	190.942	207.589	1.303	-	39.925	-	-

4.3.16. Sistema despacho palas

Cada vez que una pala termine de extraer el material de su frente o haya un cambio de turno, se le asignará un nuevo frente, de acuerdo con el sistema de despacho de palas mostrado en la figura 4-13. Cabe resaltar que este sistema trabaja bajo el supuesto de que la planta nunca se detiene, por lo que siempre debe de haber al menos una pala extrayendo mineral ya sea del stock o de la mina, para poder alimentar la planta. Además, este sistema considera que puede haber máximo una pala por frente y existen 5 frentes totales, 1 en el stock y 4 en la mina.

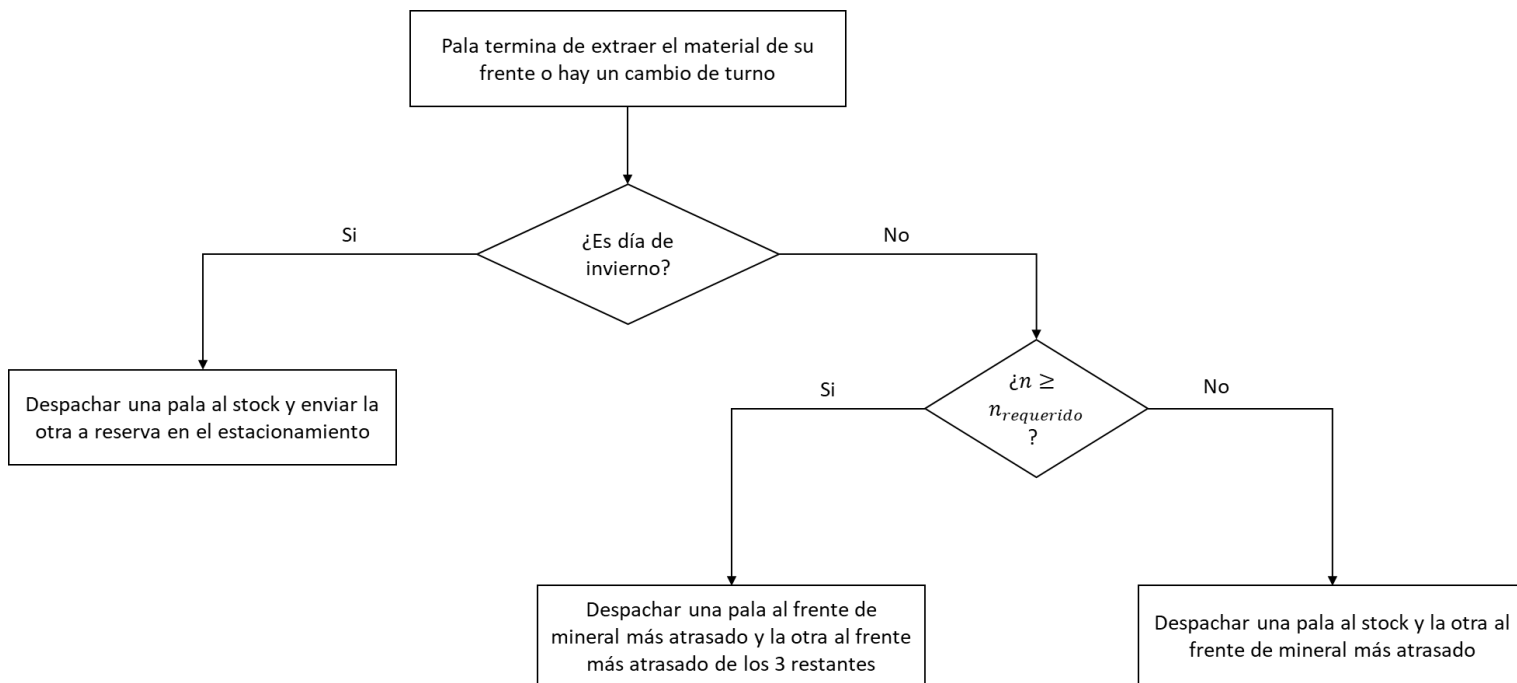


Figura 4-13: Sistema de despacho de palas

El sistema primero pregunta si el día en el que se encuentra la simulación es un día de invierno, si es así despachará una pala al stock y otra a reserva en el estacionamiento. Por otro lado, si la simulación no se encuentra en un día de invierno entonces el sistema pregunta si el número de camiones operativos es mayor o igual al número requerido de camiones para cumplir el plan de alimentación a planta desde mina. Este número es distinto para cada mes y se calcula como:

$$n_{requerido} = \frac{MP_{f3n-ch}}{P_{c,f3n-ch} \cdot h \cdot (DT - DI)} + \frac{MP_{f3s-ch}}{P_{c,f3s-ch} \cdot h \cdot (DT - DI)}$$

Donde:

$n_{requerido}$ = Número requerido de camiones para cumplir el plan de alimentación a planta

MP_{f3n-ch} = Mineral planificado a extraer de la F3N con destino a chancado [t]

MP_{f3s-ch} = Mineral planificado a extraer de la F3S con destino a chancado [t]

$P_{c,f3n-ch}$ = Productividad del camión en el circuito F3N - chancado [t/h]

$P_{c,f3s-ch}$ = Productividad del camión en el circuito F3S - chancado[t/h]

h = Horas efectivas de un día [h] (Por defecto se utiliza $h = 18$ [h])

DT = Días totales del mes [días] (Por defecto se utiliza $DT = 30$ [días])

DI = Días de invierno del mes [días]

Cabe resaltar que, en la ecuación anterior la productividad del camión no es un número fijo, sino que cambia banco a banco, por lo que este valor se actualiza a medida que avanza la simulación.

En caso de que el número de camiones operativos sea mayor o igual al número de camiones requerido, el sistema despachará una pala al frente de mineral más atrasado y otra pala al frente más atrasado de los 3 restantes. En caso contrario, el sistema despachará una pala al stock y otra al frente de mineral más atrasado. De esta forma, en el primer caso se alimentará la planta solo con mineral de la mina mientras que, en el segundo se alimentará con mineral del stock y de la mina.

Esta decisión de despachar o no una pala al stock, dependiendo del número de camiones que estén operativos, es una decisión que toma el área de operaciones en conjunto con el área de planificación de corto plazo de la mina Rajo Sur con el objetivo de cumplir con el tonelaje de alimentación a planta planificado.

Por otro lado, en el sistema de despacho el atraso de un frente se mide por su cumplimiento, el cual es calculado de acuerdo con una de las siguientes ecuaciones dependiendo de si el material del frente es mineral o estéril.

$$\text{Cumplimiento frente mineral}_i = \frac{\text{Mineral extraído de la fase } i}{\text{Mineral planificado a extraer de la fase } i} \cdot 100$$

$$\text{Cumplimiento frente estéril}_i = \frac{\text{Estéril extraído de la fase } i}{\text{Estéril planificado a extraer de la fase } i} \cdot 100$$

Por lo tanto, el frente más atrasado será el que tenga el menor cumplimiento. Cabe mencionar que estos cumplimientos se van actualizando constantemente a medida que avanza la simulación. Además, tienen un valor igual a 0 al inicio de cada mes, ya que tanto el mineral como el estéril planificado a extraer de las fases cambian mes a mes.

4.3.17. Sistema despacho camiones

Cada vez que un camión descarga en un botadero, chancador o stock surge la siguiente pregunta: ¿Dónde debería ir este camión ahora? El sistema de despacho de camiones es el que se encarga de elegir el mejor destino para enviar el camión. En la figura 4-14 se muestra el sistema de despacho de camiones utilizado en la simulación, el cual es heurístico y del tipo 1 camión para n palas.

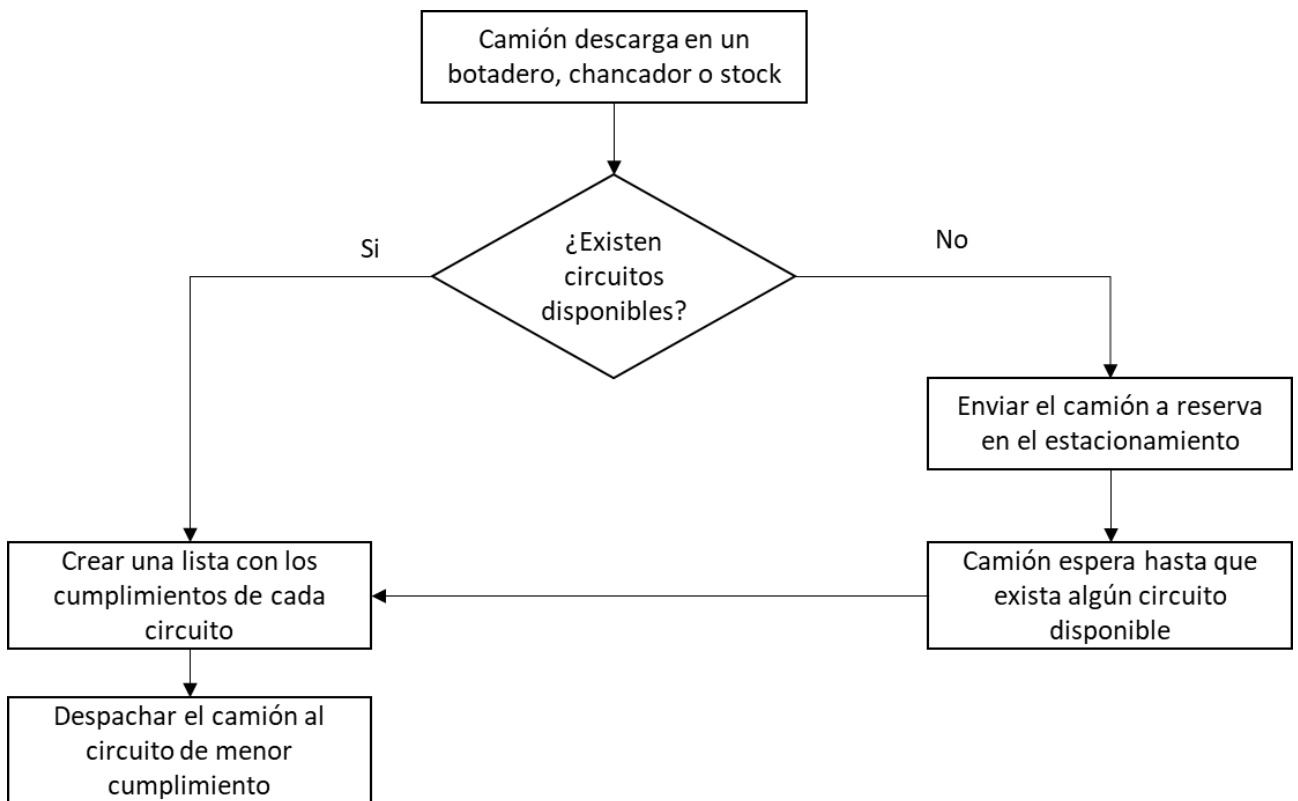


Figura 4-14: Sistema de despacho de camiones

Este sistema se activa después de que el camión ha descargado en algún destino y lo primero que hace es preguntar si existe algún circuito disponible. En este caso un circuito es un par origen-destino, donde los orígenes pueden ser la F3N, F3S y el stock, mientras que los destinos pueden ser el chancador, el botadero y el stock. Para que un circuito esté disponible se deben de cumplir las siguientes condiciones:

- 1) Debe de haber al menos una pala en el origen.
- 2) La suma de las productividades de los camiones que se dirigen a la pala no puede exceder la productividad máxima de la pala.
- 3) La suma de las productividades de los camiones que se dirigen al destino no puede exceder la productividad máxima del destino.
- 4) El origen debe tener material disponible.
- 5) El destino debe tener capacidad disponible.

Las restricciones 1, 2, 3 y 4 aplican cuando el destino es el chancador, mientras que las restricciones 1, 2, 4 y 5 aplican cuando el destino es el botadero o el stock. En este caso se asume que el botadero tiene una capacidad infinita mientras que el stock tiene una capacidad máxima de 600.000 t.

La restricción 2 limita la cantidad de camiones que pueden ser despachados a una pala, de forma tal de no enviar más camiones cuando la pala está saturada. Por otra parte, la restricción 3 limita la cantidad de camiones que pueden descargar en el chancador, de forma tal de no enviar más camiones cuando el chancador está saturado.

Por otro lado, las productividades de los camiones no son fijas, sino que cambian banco a banco y se calculan de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$P_{[i,j]} = \frac{T}{tac_i + tad_j + tvc_{ij} + tvv_{ij}} \cdot 60$$

Donde:

$P_{[i,j]}$ = Productividad del camión en el circuito [i, j] [t/h]

T = Carga promedio del camión [t]

tac_i = Tiempo de acuatamiento y carga del camión en el origen i [min]

tad_j = Tiempo de acuatamiento y descarga del camión en el destino j [min]

tvc_{ij} = Tiempo de viaje cargado del camión en el circuito [i, j] [min]

tvv_{ij} = Tiempo de viaje vacío del camión en el circuito [i, j] [min]

En caso de haber circuitos que cumplan con las restricciones anteriores, el sistema creará una lista con los cumplimientos de cada uno y despachará el camión al circuito de menor cumplimiento. En caso contrario, se enviará el camión a reserva en el estacionamiento donde tendrá que esperar hasta que exista algún circuito disponible.

Cabe señalar que, el sistema considera que en el circuito stock-chancador puede haber máximo 1 camión cuando es un día normal y 2 cuando es un día de invierno. Por otra parte, los cumplimientos de los circuitos se calculan de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C_{[i,j]} = \frac{ME_{ij}}{MP_{ij}} \cdot 100$$

Donde:

$C_{[i,j]}$ = Cumplimiento del circuito [i, j] [%]

ME_{ij} = Material extraído del origen i al destino j [t]

MP_{ij} = Material planificado a extraer del origen i al destino j [t]

Por último, cabe resaltar que estos cumplimientos se van actualizando a medida que avanza la simulación y tienen un valor igual a 0 al inicio de cada mes, ya que el material planificado a extraer de cada circuito cambia mes a mes.

4.3.18. Ciclo de las palas

En la figura 4-15 se muestra el ciclo realizado por las palas, donde inicialmente son asignadas a un frente por el sistema de despacho de palas. Cabe resaltar que, para una pala el tiempo de traslado entre distintas frentes es igual a 0, mientras que el tiempo de traslado entre una frente y el stock o el estacionamiento es el mismo tiempo que demora en trasladarse un camión. Este supuesto se asume debido a que las palas en cuestión son cargadores frontales por lo que tienen mayor movilidad y flexibilidad que una pala de cable o pala hidráulica.

Una vez las palas llegan al frente asignado, estas esperan por un camión para posteriormente cargarlo. Luego de esto, en caso de que el material del frente no se haya acabado y todavía no sea cambio de turno, las palas esperarán en el mismo frente por otro camión. En caso contrario, se les asignará un nuevo frente por el sistema de despacho de palas.

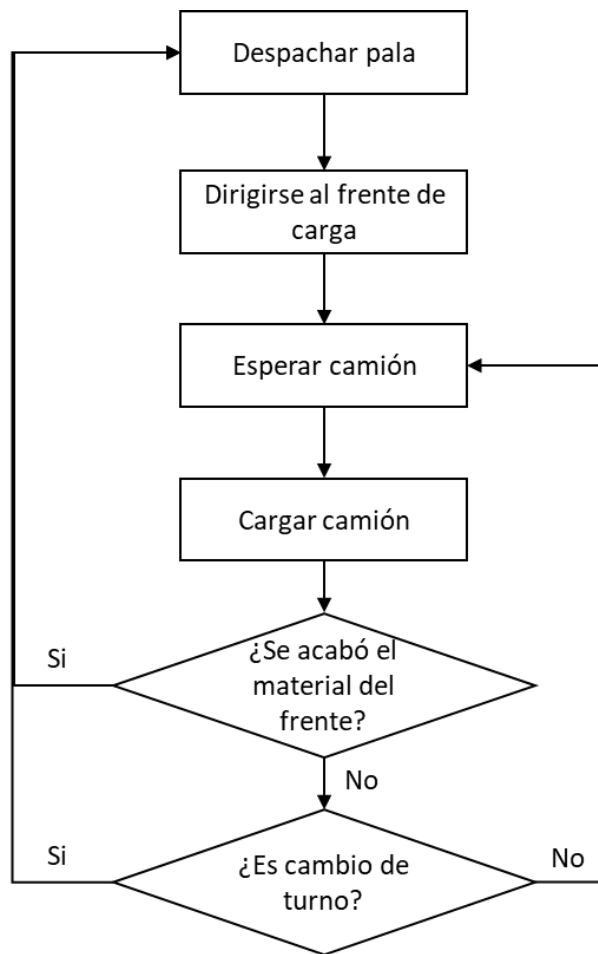


Figura 4-15: Ciclo de las palas

4.3.19. Ciclo de los camiones

En la figura 4-16 se muestra el ciclo realizado por los camiones, donde inicialmente son asignados a un circuito origen-destino por el sistema de despacho de camiones. Estos se dirigen al frente de carga que se les fue asignado, donde esperarán en cola en caso de que la pala este cargando otro camión. En caso contrario, se aculatarán y serán cargados por la pala.

Luego de esto, se dirigirán al frente de descarga donde se aculatarán y descargarán el material directamente en caso de que el destino sea el botadero o el stock. Por el contrario, si el destino fuese el chancador, esperarán en cola si los dos puntos de descarga estuviesen ocupados. En caso contrario, se aculatarán y descargarán el material. Finalmente serán asignados a un nuevo circuito por el sistema de despacho de camiones.

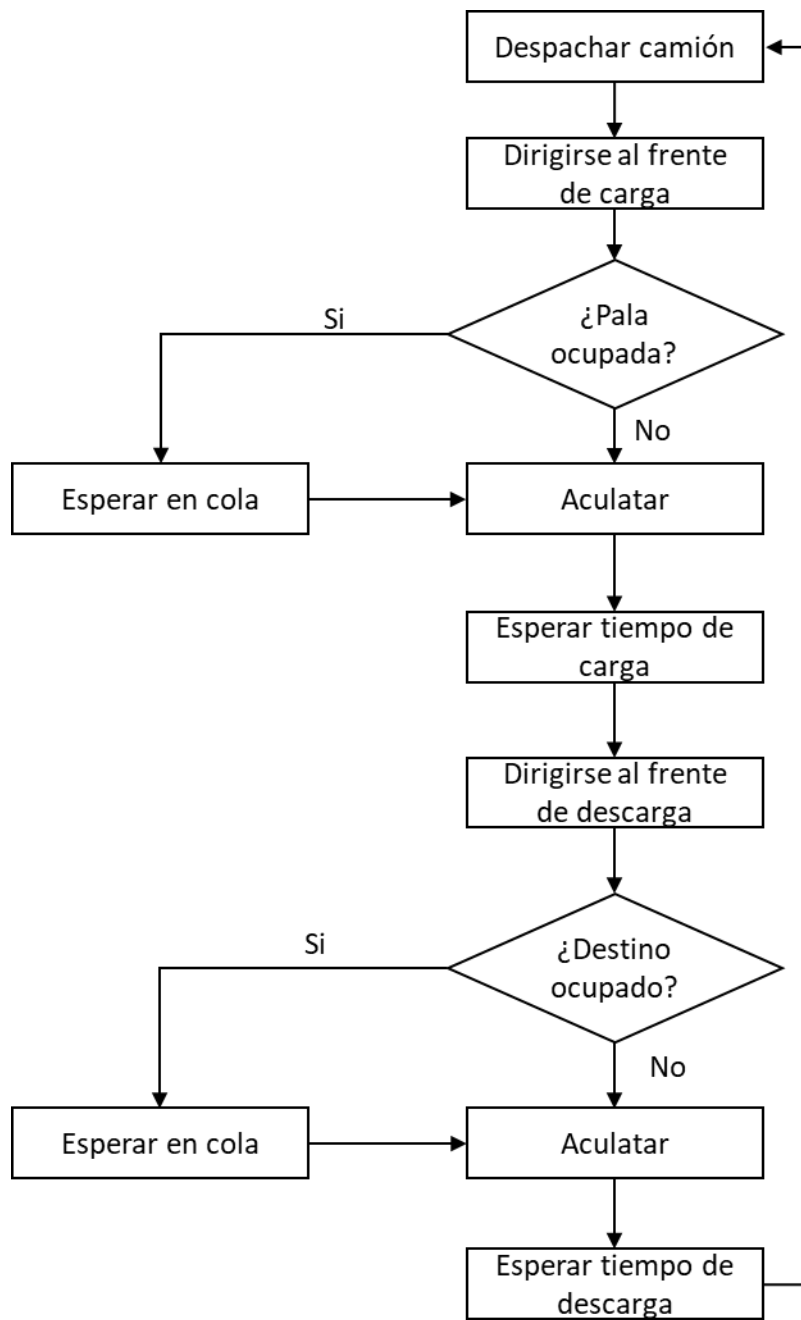


Figura 4-16: Ciclo de los camiones

4.4. Validación del modelo

La validación del modelo se realizó tomando como referencia el mes de diciembre de 2019. En este mes en particular se tenía planificada una disponibilidad de 83,4% en base a una flota total de 14 camiones, sin embargo, la disponibilidad real fue de 73,7% debido a dificultades en la gestión de repuestos. Esta menor disponibilidad provocó que se extrajera una menor cantidad de mineral con destino a stock para privilegiar el envío directo a chancado, además de aumentar la extracción de lastre y el remanejo de mineral.

Por otra parte, se tenía planificada una distancia media de transporte de 5,6 km, sin embargo, la distancia real fue más alta de 7,1 km debido a un retraso en la explotación de la F3N. En ese mes se explotaron los bancos 2990, 2980 y 2970 de la F3N y el banco 2990 de la F3S, del cual solo se extrajo estéril. El movimiento total fue de 577 kt, mientras que la alimentación a planta fue de 438 kt.

Teniendo en cuenta esto, se ingresó al modelo el plan real y no el plan mensual, ya que este último suponía condiciones que en la realidad no se dieron. Además, se ingresaron los bancos que fueron explotados en ese periodo junto con sus distancias y una distribución triangular cuya esperanza fuese similar a la disponibilidad real de ese mes.

Dado lo anterior, se realizó la validación del modelo comparando dos variables principales, el número de camiones por turno y el tonelaje extraído por cada origen-destino. Por otro lado, solo se realizaron 30 réplicas debido a la baja variabilidad.

En la figura 4-17 se observa la distribución real vs la simulada del número de camiones por turno. Se realizó un test chi cuadrado utilizando 4 clases y se obtuvo un estadístico de prueba de 0,97 siendo el valor crítico 7,81 para 3 grados de libertad y un nivel de significancia de 5%. Dado que el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que ambas distribuciones son iguales.

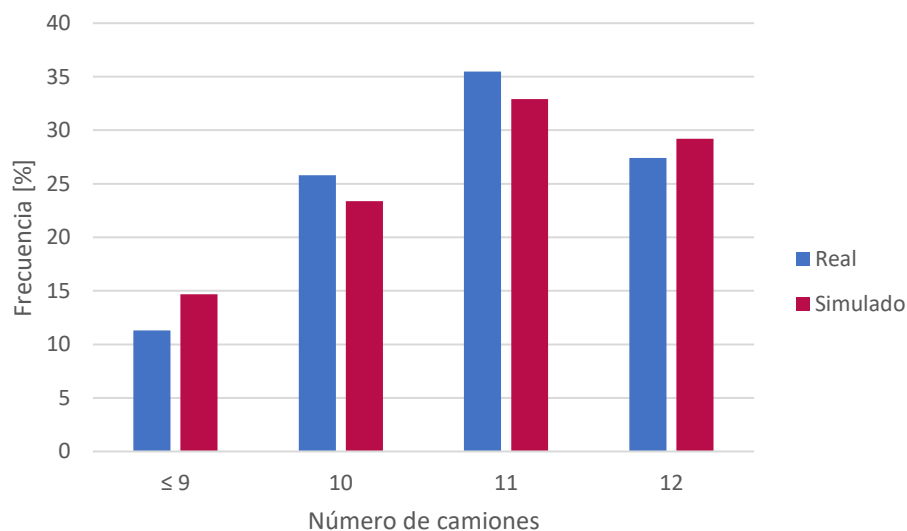


Figura 4-17: Validación número de camiones por turno

En la figura 4-18 se observa la distribución real vs la simulada del tonelaje extraído de cada origen-destino. En este caso se grafica el tonelaje extraído en cada circuito como un porcentaje del movimiento total.

Se realizó una prueba chi cuadrado utilizando 5 clases y se obtuvo un estadístico de prueba de 1,72 siendo el valor crítico 9,49 para 4 grados de libertad y un nivel de significancia de 5%. Dado que el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que ambas distribuciones son iguales.

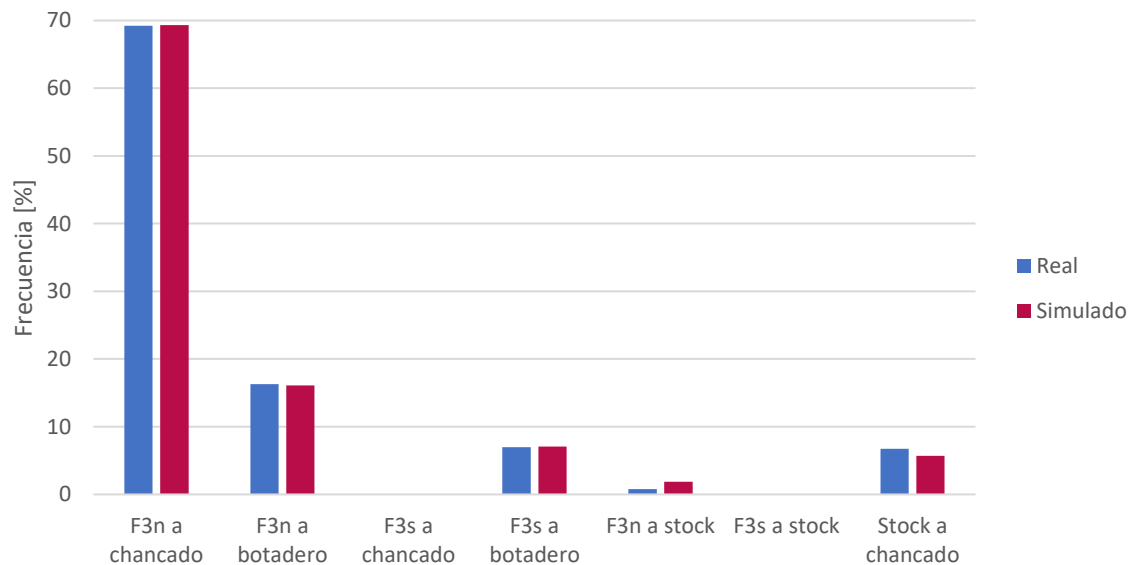


Figura 4-18: Validación tonelaje extraído de cada circuito

En este gráfico se observa que las principales diferencias se dan en la cantidad de mineral extraído de la F3N con destino al stock y en el remanejo. La primera diferencia se debe a que, en el modelo cuando la disponibilidad es baja se alimenta la planta con mineral del stock y la mina al mismo tiempo. Esto provoca que la planta llegue a su capacidad máxima con una baja cantidad de camiones y por consiguiente sobren algunos de estos. Dado lo anterior, el modelo en lugar de dejar estos camiones en reserva los envía a extraer mineral con destino al stock.

La segunda diferencia se debe principalmente a que la distribución triangular con la que se modeló la disponibilidad tenía una esperanza de 76,7%, la cual es 3% mayor a la disponibilidad real de ese mes, por lo que el modelo envió un camión al stock una menor cantidad de veces de las que deberían haber sido.

Pese a lo anterior, como se observa en las figuras anteriores, se obtienen errores mínimos, el modelo logra las mismas tendencias, magnitudes y distribuciones que el registro histórico. Se valida entonces el modelo, habilitando la simulación de escenarios futuros o configuraciones no disponibles en la actualidad para estimar el comportamiento del sistema bajo dichas condiciones.

4.5. Definición de los escenarios a simular

En la tabla 4-11 se muestran los 15 escenarios que fueron simulados y que corresponden a distintas combinaciones de disponibilidades medias y número de camiones. Para cada uno de estos escenarios se realizaron 100 réplicas para poder observar su variabilidad en cuanto a los planes resultantes.

Tabla 4-11: Escenarios a simular

Disponibilidad [%]	Número de camiones		
62	12	13	14
70	12	13	14
78,8	12	13	14
83	12	13	14
88	12	13	14

En la tabla 4-12 se muestran los parámetros de las distribuciones triangulares con las que fueron modeladas las disponibilidades de los camiones para cada escenario y que corresponden a una variación de $\pm 10\%$ la disponibilidad media.

Tabla 4-12 : Distribuciones triangulares de disponibilidad para cada escenario

Disponibilidad [%]	Disponibilidad mínima [%]	Disponibilidad media [%]	Disponibilidad máxima [%]
62	52	62	72
70	60	70	80
78,8	68,8	78,8	88,8
83	73	83	93
88	78	88	98

El objetivo principal de la simulación de estos escenarios es determinar el impacto de la disponibilidad de los equipos en el cumplimiento de los planes de los años 2022 y 2023 para los actuales 12 camiones con los que se realizan las operaciones, así como recomendar o no la compra de uno o más camiones para asegurar el cumplimiento de los mismos.

Cabe resaltar, que se simularon los años 2022 y 2023 de forma seguida, por lo que las reservas que sobraron al final de la simulación del año 2022 fueron las mismas con las que se comenzó la simulación del año 2023 para cada una de las réplicas.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos de las simulaciones de los años 2022 y 2023, los cuales se separan en dos secciones. El objetivo es estudiar el impacto de la disponibilidad y el número de camiones en el cumplimiento de los planes.

5.1. Simulación año 2022

En la figura 5-1 se muestra el plan minero del año 2022, que es el objetivo a cumplir. En este se puede observar una baja extracción de mineral y estéril en junio, julio y agosto debido principalmente a que la mayor cantidad de días de invierno se concentran en esos meses.

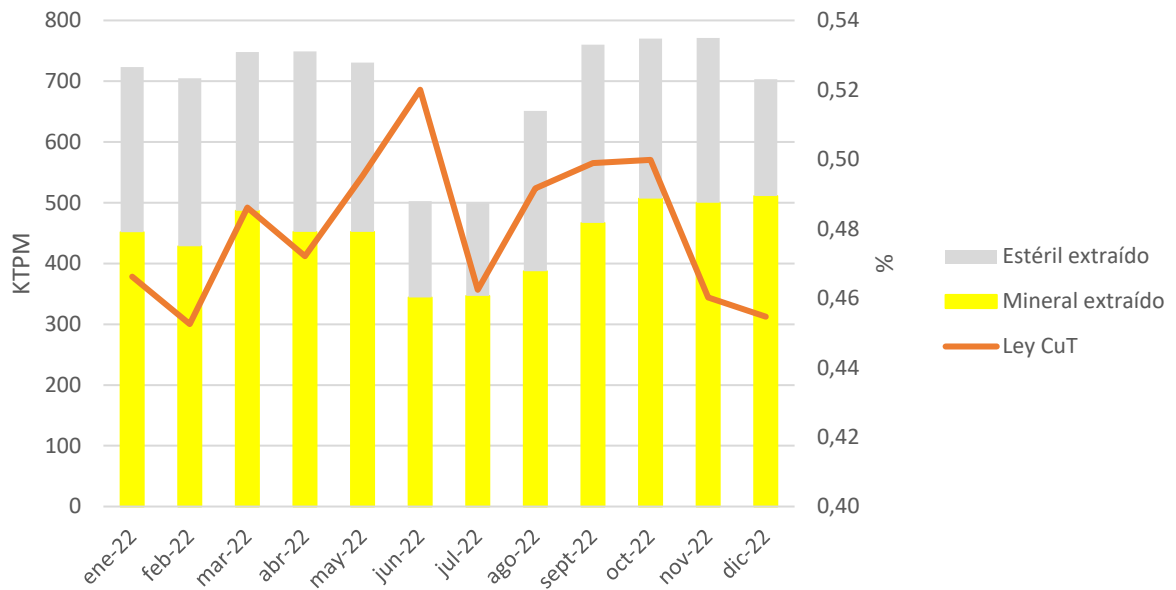


Figura 5-1: Plan minero 2022

En la figura 5-2 y 5-3 se muestra la probabilidad de cumplir este plan con respecto a la alimentación a planta y movimiento total, respectivamente, para una flota de 12 camiones y distintas disponibilidades.

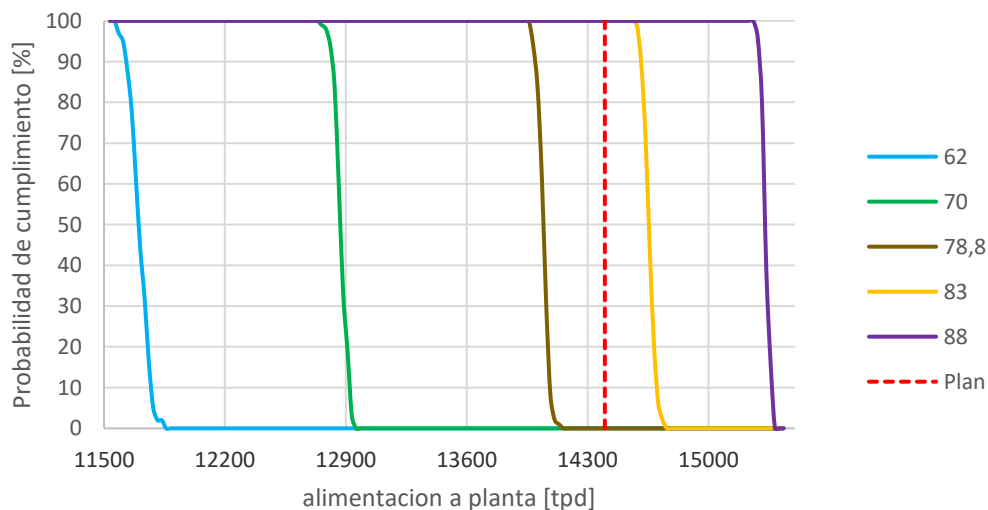


Figura 5-2: Curvas de probabilidad alimentación a planta 2022. Flota 12 camiones

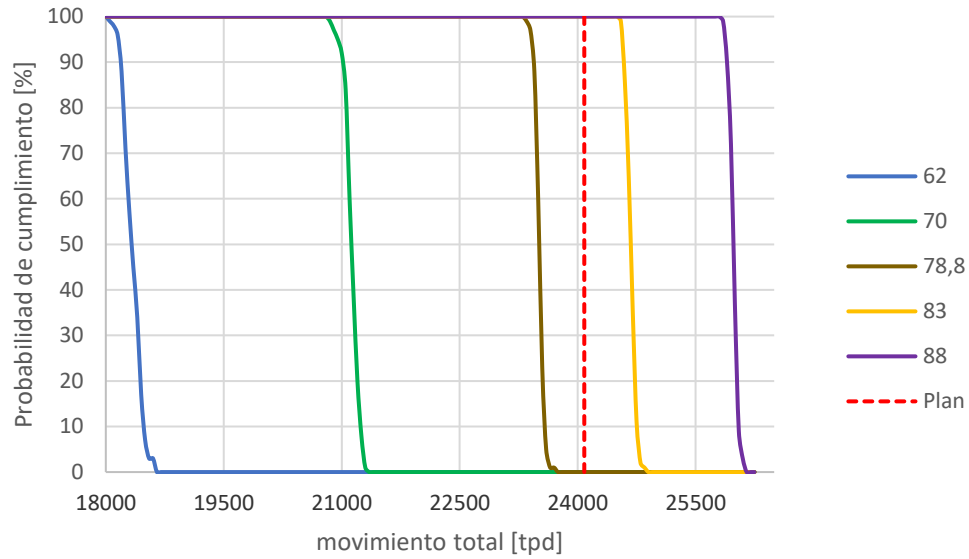


Figura 5-3: Curvas de probabilidad movimiento total 2022. Flota 12 camiones

Como se muestra en estas dos figuras, para poder cumplir este plan con una flota de 12 camiones se necesita una disponibilidad mayor o igual a 83%. Por otro lado, en estas figuras se observa como a medida que aumenta la disponibilidad aumenta también la probabilidad de cumplir el plan, lo que se traduce en un desplazamiento hacia la derecha de las curvas.

En la figura 5-4 y 5-5 se muestra la probabilidad de cumplir este plan con respecto a la alimentación a planta y movimiento total, respectivamente, para una flota de 13 camiones y distintas disponibilidades.

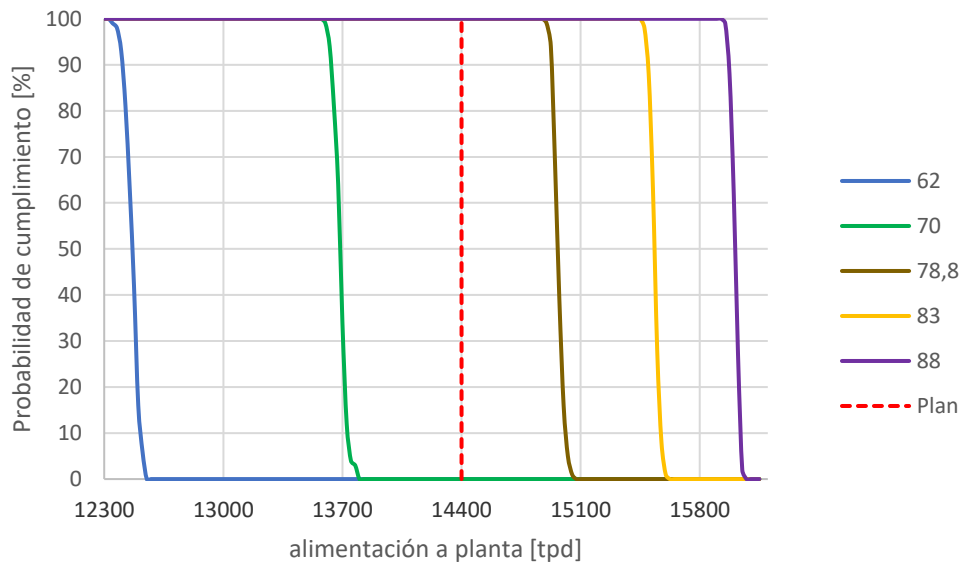


Figura 5-4: Curvas de probabilidad alimentación a planta 2022. Flota 13 camiones

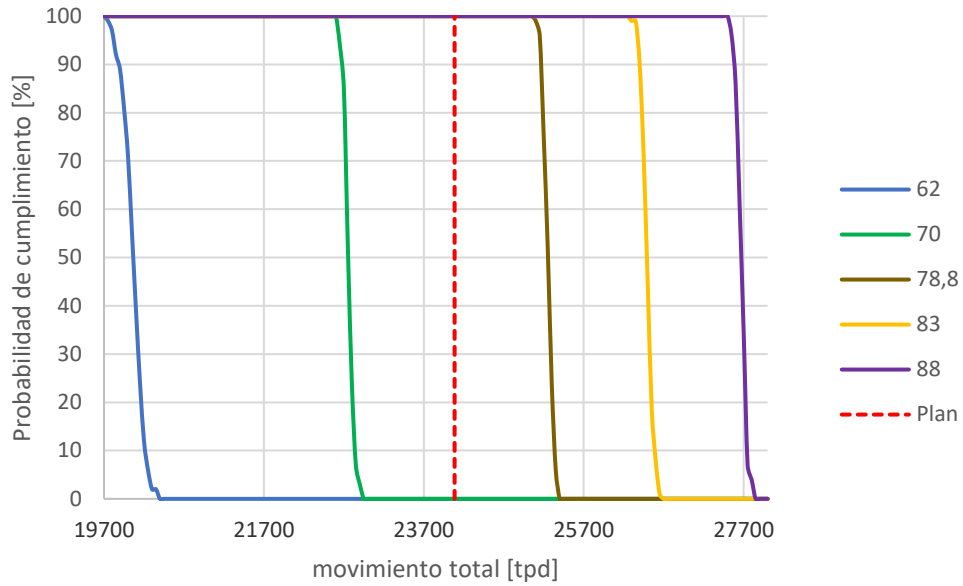


Figura 5-5: Curvas de probabilidad movimiento total 2022. Flota 13 camiones

Como se observa en estas dos figuras, para poder cumplir el plan con una flota de 13 camiones se necesita una disponibilidad mayor o igual 78,8%.

En la figura 5-6 y 5-7 se muestra la probabilidad de cumplir este plan con respecto a la alimentación a planta y movimiento total, respectivamente, para una flota de 14 camiones y distintas disponibilidades.

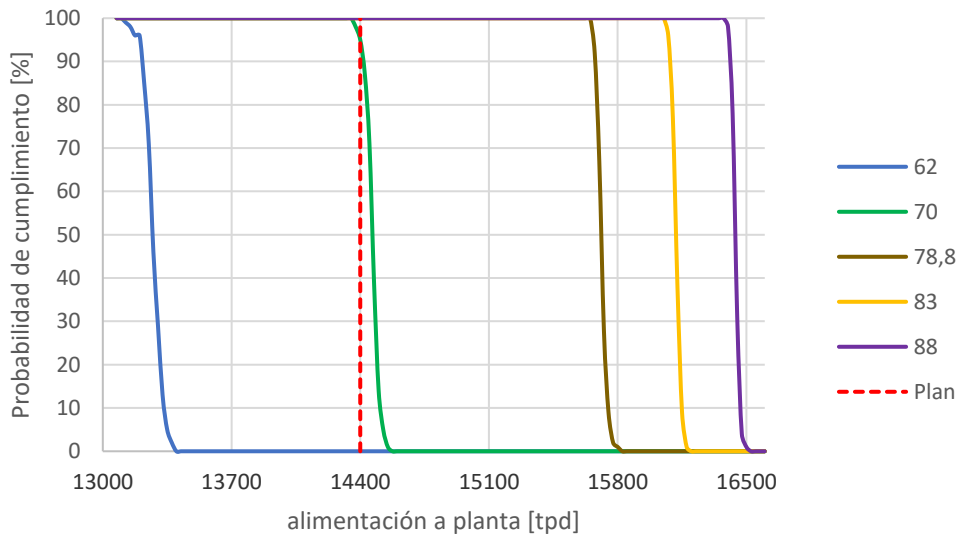


Figura 5-6: Curvas de probabilidad alimentación a planta 2022. Flota 14 camiones

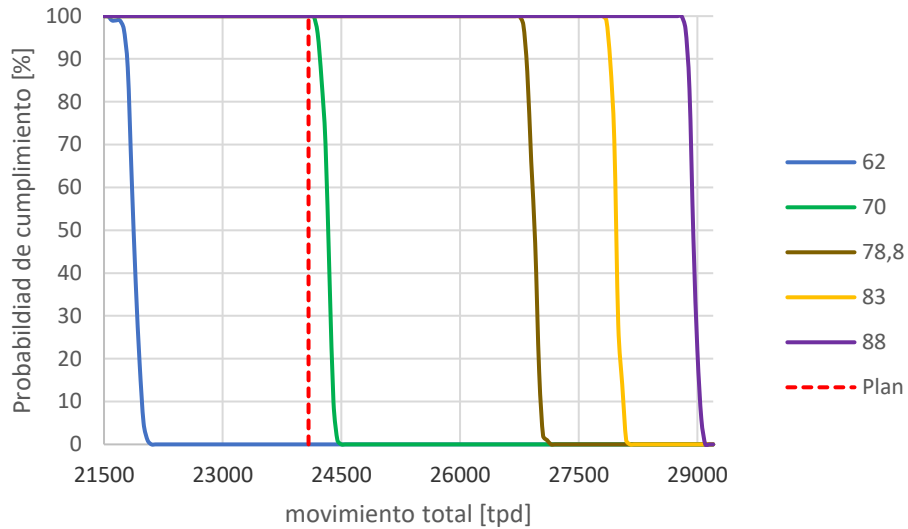


Figura 5-7: Curvas de probabilidad movimiento total 2022. Flota 14 camiones

Como se observa en estas dos figuras, para asegurar el cumplimiento del plan con una flota de 14 camiones se necesita una disponibilidad mayor estricta que 70%, ya que con una igual a 70% no hay un 100% de probabilidad de que el plan se cumpla con respecto a la alimentación a planta como se muestra en la figura 5-6.

Por otro lado, es interesante notar que para 14 camiones las curvas de probabilidad están más juntas entre sí que para 12 o 13 camiones, es decir, un aumento de disponibilidad en este caso se traduce en un menor aumento de productividad. Esto se debe a que a medida que aumenta el número de camiones, se empiezan a formar colas en las palas y en el chancador, aumentando de esta forma el tiempo de ciclo de los camiones y por ende disminuyendo su productividad. En un caso crítico cuando se alcanza la saturación del sistema, estas curvas debiesen ser iguales.

En la figura 5-8 y 5-9 se muestra, respectivamente, la alimentación a planta y movimiento total medios para cada uno de los escenarios.

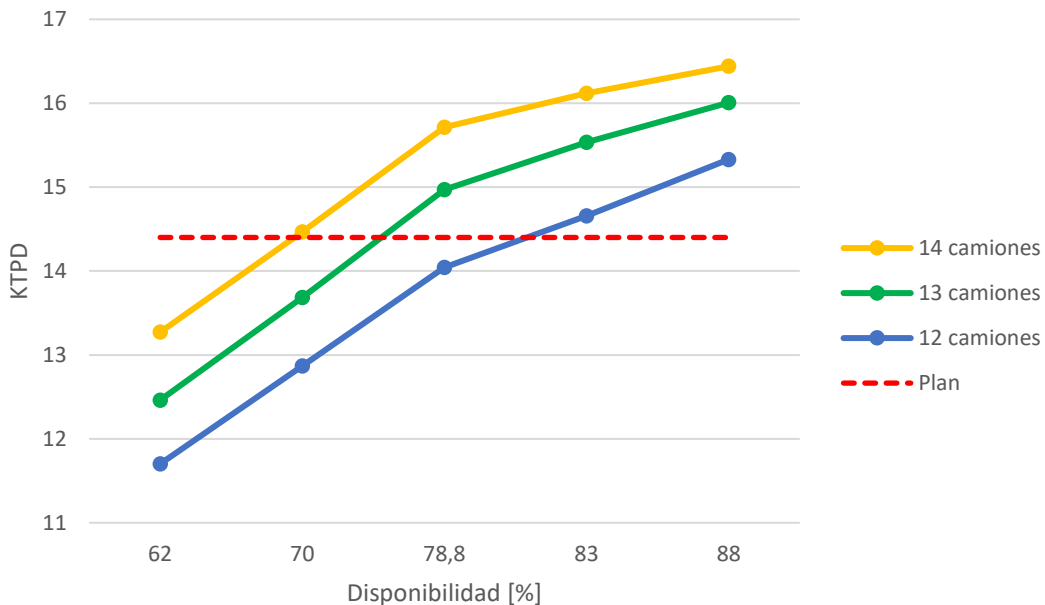


Figura 5-8: Curvas de productividad alimentación a planta 2022

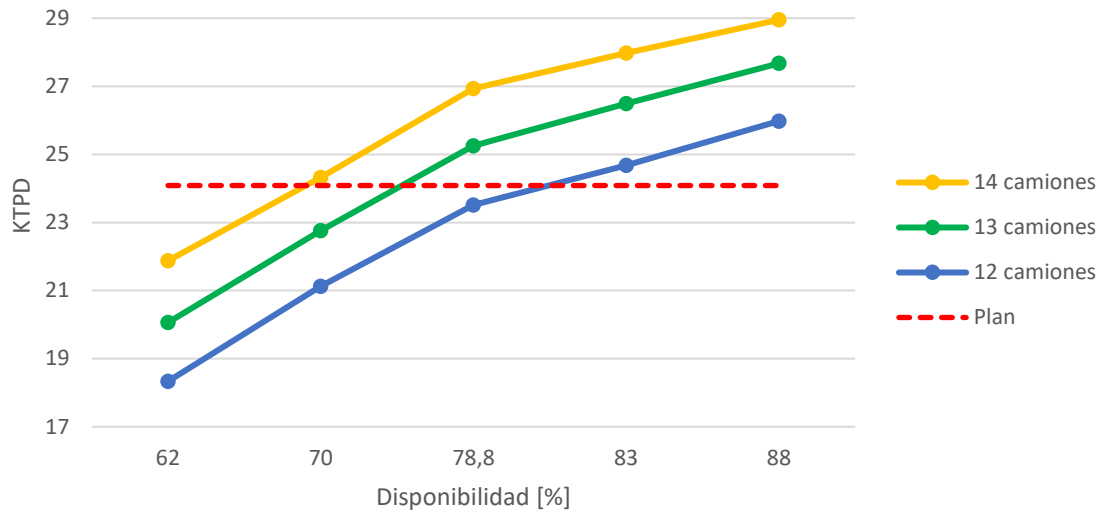


Figura 5-9: Curvas de productividad movimiento total 2022

Estas figuras muestran que, de los 15 escenarios, solo hay 8 en los cuales se cumple el plan en cuanto a alimentación a planta y movimiento total.

Por otro lado, se puede observar que las curvas de productividad para los 3 tipos de flota son paralelas entre sí, lo que significa que la variación de la productividad es directamente proporcional a la variación del número de camiones. Dado lo anterior, se puede decir que por cada camión que se adicione al sistema, aumenta la alimentación a planta y el movimiento total en 750 y 1500 tpd, respectivamente, siempre y cuando se mantenga la misma disponibilidad.

También es interesante notar que las curvas de productividad se quiebran en dos líneas rectas a partir de la disponibilidad de 78,8%, teniendo la primera recta una pendiente mayor que la segunda, lo que significa que, para una misma variación de disponibilidad, la variación de productividad es mayor cuando la disponibilidad es baja que cuando es alta.

Esto se debe a dos motivos, el primero es que cuando la disponibilidad es baja, las palas andan la mayor parte del tiempo desocupadas por lo que los camiones no tienen que esperar para ser cargados, es decir, su tiempo de ciclo es menor. Y el segundo motivo es que cuando la disponibilidad es baja también se envía un camión al stock y dado que el stock se encuentra más cerca de la planta que la mina misma, las productividades que se alcanzan son mayores.

Se puede decir, por tanto, que para disponibilidades menores que 78,8%, aumentar la disponibilidad en 1% aumenta la alimentación a planta y movimiento total en 160 y 320 tpd, respectivamente. Mientras que para disponibilidades mayores o iguales a 78,8%, aumentar la disponibilidad en 1% aumenta la alimentación a planta y movimiento total en 100 y 200 tpd, respectivamente.

Por último, en la figura 5-10 y 5-11 se muestra que para cumplir la extracción de mineral y estéril planificada en cada uno de los meses se necesita un mínimo de 14 camiones y una disponibilidad de 78,8% o cualquier combinación equivalente de número de camiones y disponibilidad tal que el número promedio de camiones sea de 11.

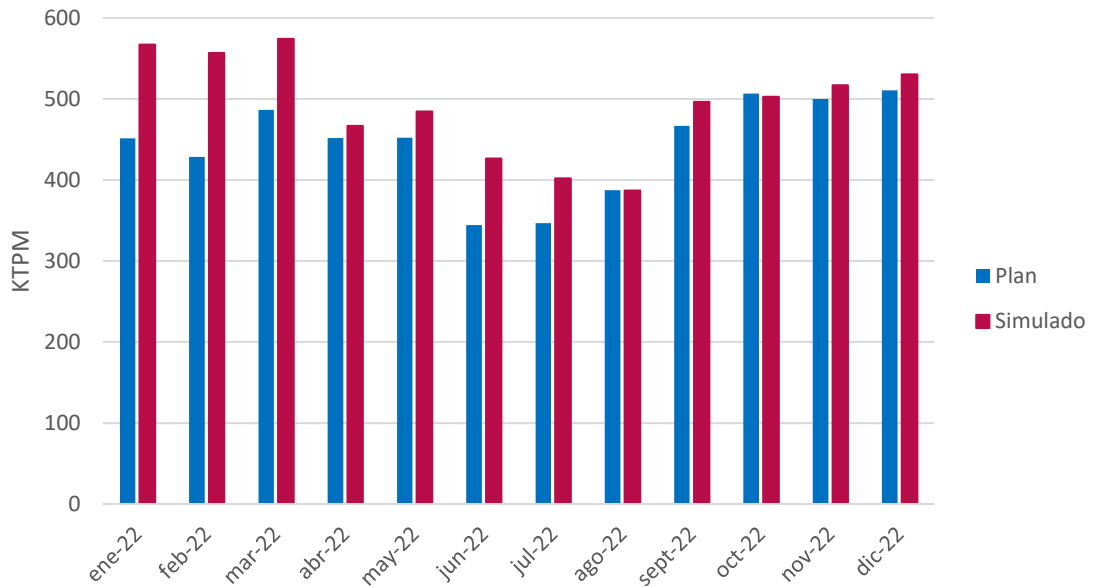


Figura 5-10: Extracción mineral planificada por mes 2022



Figura 5-11: Extracción estéril planificada por mes 2022

5.2. Simulación año 2023

En la figura 5-12 se muestra el plan minero del año 2023, que es la meta por cumplir. Al igual que en el año anterior, se observa una menor extracción de mineral y estéril en junio, julio y agosto debido a la presencia de una mayor cantidad de días de invierno en esos meses.

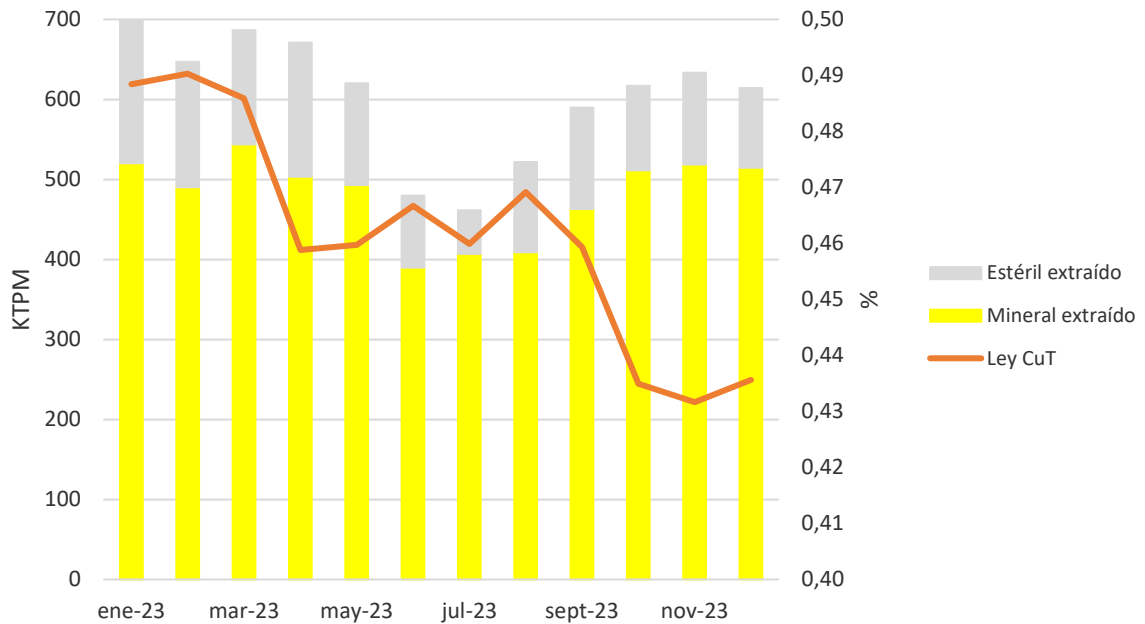


Figura 5-12: Plan minero 2023

En la figura 5-13 y 5-14 se muestra la probabilidad de cumplir este plan con respecto a la alimentación a planta y movimiento total, respectivamente, para una flota de 12 camiones y distintas disponibilidades.

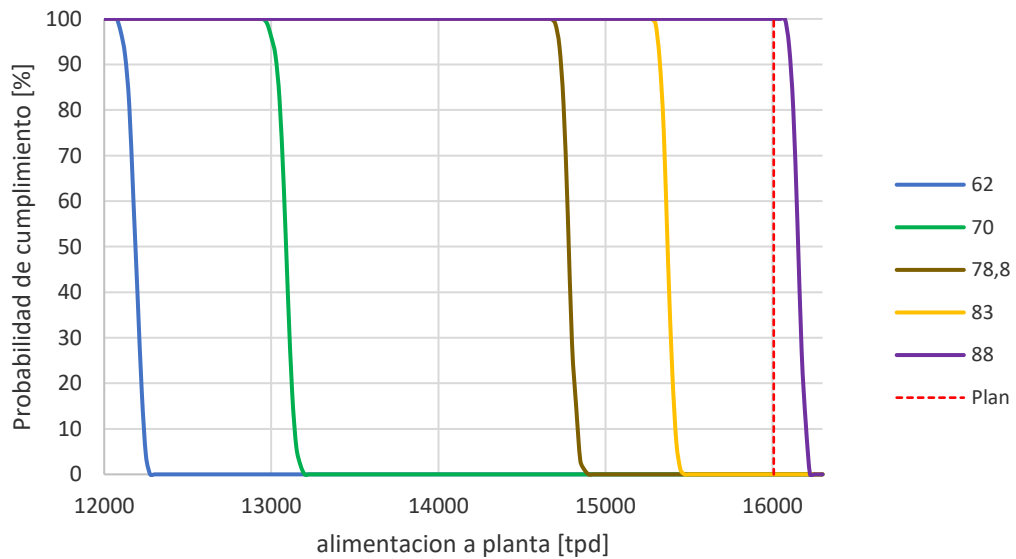


Figura 5-13: Curvas de probabilidad alimentación a planta 2023. Flota 12 camiones

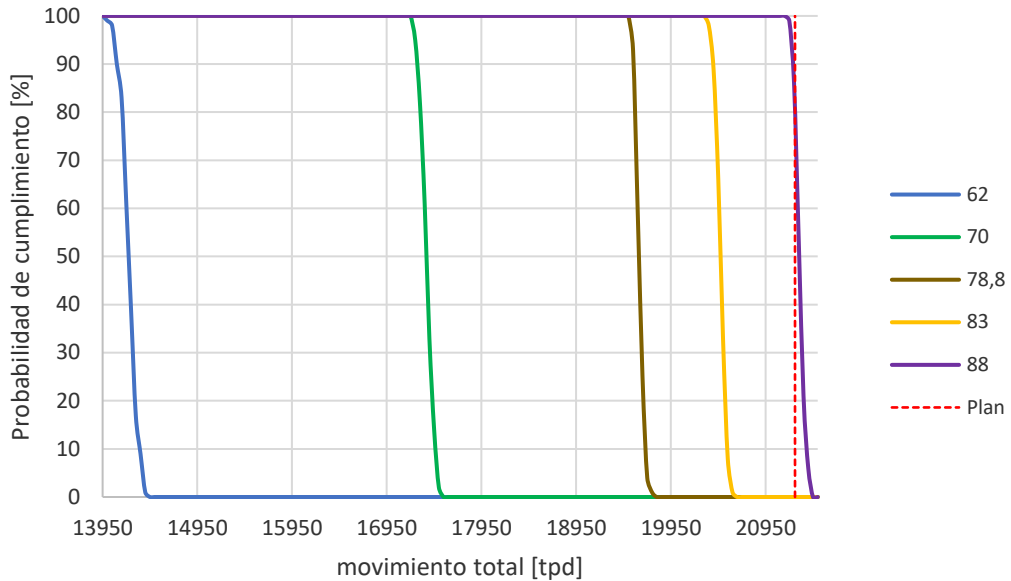


Figura 5-14: Curvas de probabilidad movimiento total 2023. Flota 12 camiones

Como se muestra en estas dos figuras, para poder cumplir este plan con una flota de 12 camiones se necesita una disponibilidad mayor estricta a 88%, ya que con una disponibilidad igual al 88% no hay un 100% de probabilidad de que el plan se cumpla con respecto al movimiento total como muestra la figura 5-14.

En la figura 5-15 y 5-16 se muestra la probabilidad de cumplir este plan con respecto a la alimentación a planta y movimiento total, respectivamente, para una flota de 13 camiones y distintas disponibilidades.

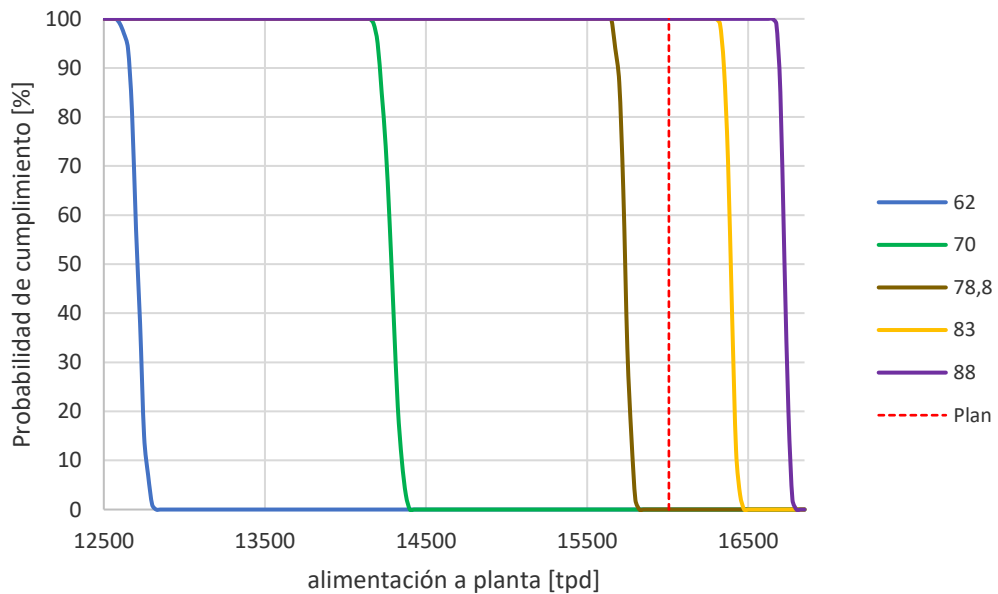


Figura 5-15: Curvas de probabilidad alimentación a planta 2023. Flota 13 camiones

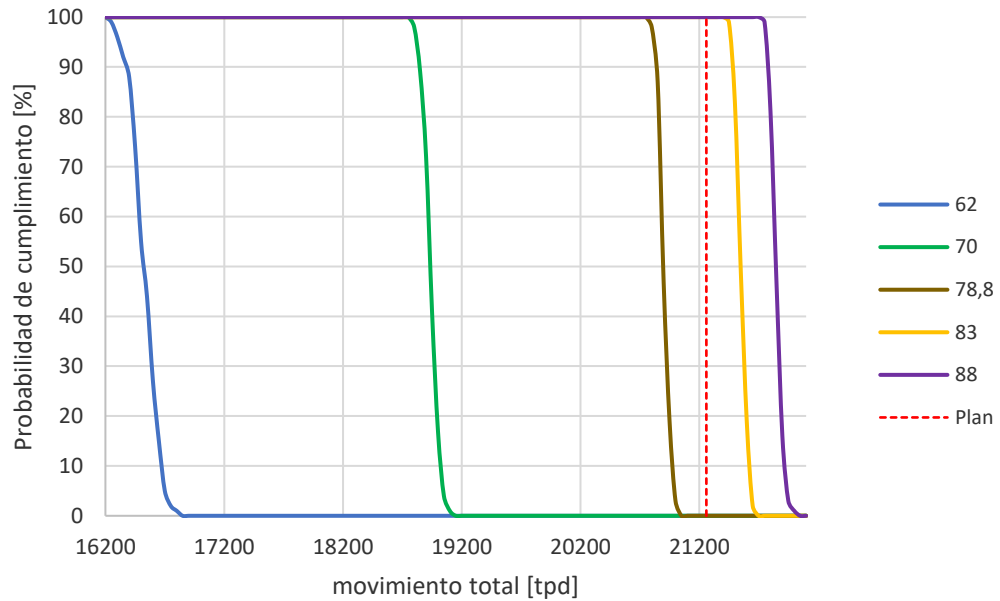


Figura 5-16: Curvas de probabilidad movimiento total 2023. Flota 13 camiones

Como se observa en estas dos figuras, para poder cumplir el plan con una flota de 13 camiones se necesita una disponibilidad mayor o igual a 83%.

En la figura 5-17 y 5-18 se muestra la probabilidad de cumplir este plan con respecto a la alimentación a planta y movimiento total, respectivamente, para una flota de 14 camiones y distintas disponibilidades.

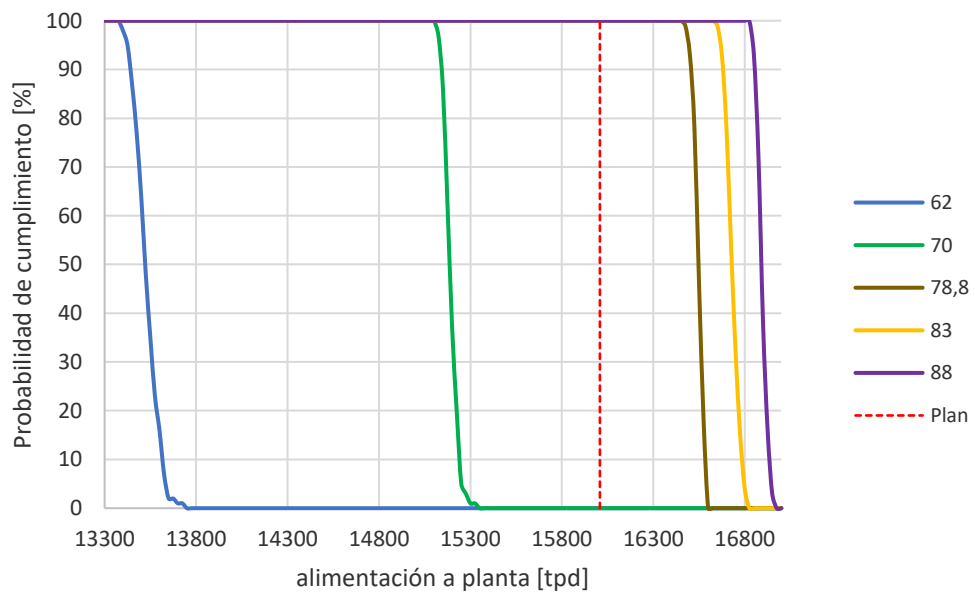


Figura 5-17: Curvas de probabilidad alimentación a planta 2023. Flota 14 camiones

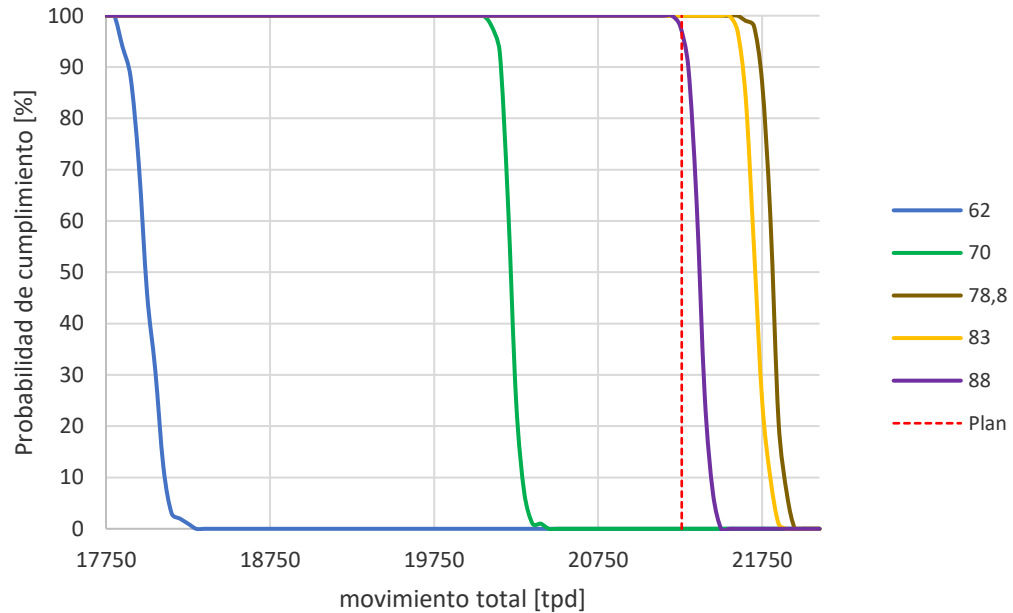


Figura 5-18: Curvas de probabilidad movimiento total. Flota 14 camiones

Como se observa en estas dos figuras, para poder cumplir este plan con una flota de 14 camiones se necesita una disponibilidad mayor o igual a 78,8%.

Es interesante notar, que en la figura 5-18 se puede observar que las curvas de probabilidad para las disponibilidades de 88 y 83%, están detrás de la curva de probabilidad para la disponibilidad de 78,8%.

Esto se debe principalmente a que parte de las reservas que debían ser extraídas en el año 2023 fueron ya extraídas en el año 2022, producto de una mayor flota de camiones. Esto generó que el estéril de la F3N, por ejemplo, se agotara antes de terminar el año. En consecuencia, camiones que debían ser enviados a extraer estéril de esta fase fueron enviados a extraer mineral en su lugar, lo que se reflejó en una disminución del movimiento total ya que el chancador y el stock están mucho más alejados de la mina de lo que está el botadero.

Este fenómeno se acentúa a medida que la disponibilidad de los camiones y el tamaño de la flota aumenta ya que el estéril de la F3N se agota de forma más rápida. Sin embargo, sus efectos en el movimiento total solo se pueden apreciar cuando la flota de camiones es de 14 y la disponibilidad es mayor a 78,8%.

Por otro lado, como se dijo anteriormente este fenómeno solo afecta al movimiento total, más no a la alimentación a planta. Es por esta razón, que las curvas de probabilidad de la figura 5-17 siguen la tendencia esperada.

En la figura 5-19 y 5-20 se muestra, respectivamente, la alimentación a planta y movimiento total medios para cada uno de los escenarios.

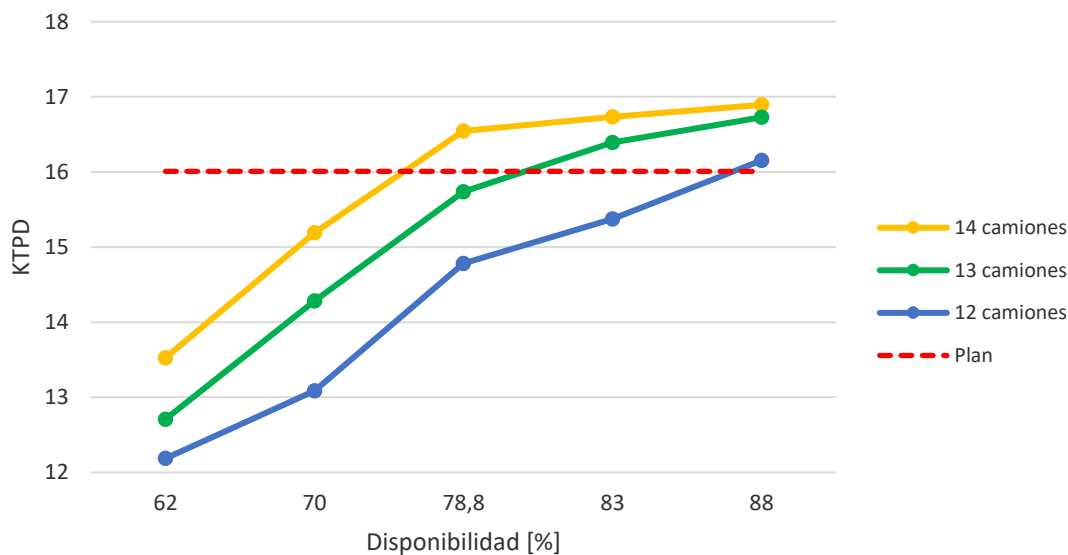


Figura 5-19: Curvas de productividad alimentación a planta 2023

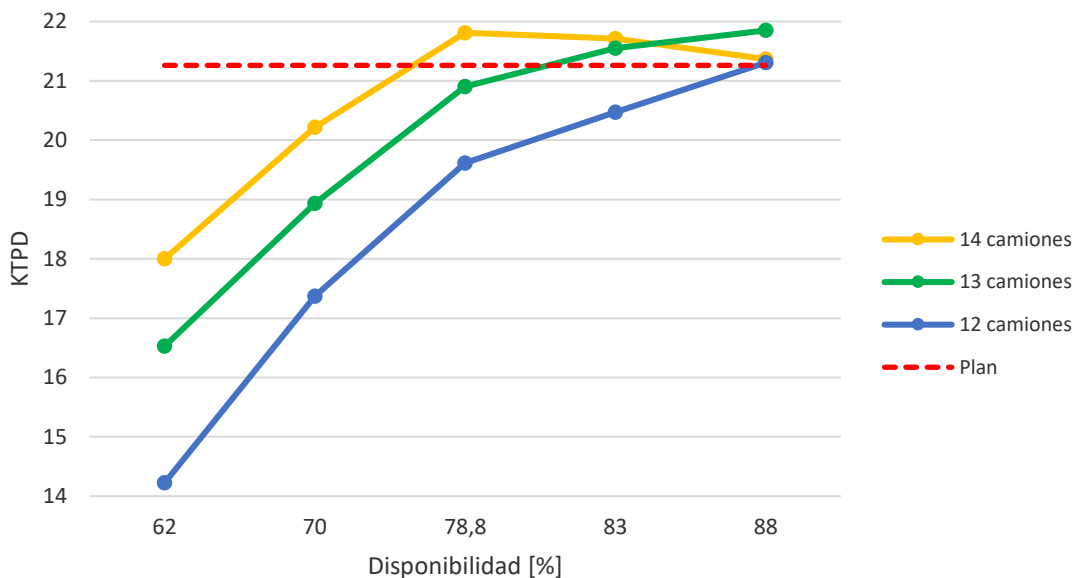


Figura 5-20: Curvas de productividad movimiento total 2023

Estas figuras muestran que, de los 15 escenarios solo hay 5 en los cuales se cumple el plan en cuanto a alimentación a planta y movimiento total.

Se puede observar de estas figuras también, que las curvas de productividad son casi paralelas entre sí, salvo para la flota de 14 camiones cuando la disponibilidad es mayor a 78,8%. Esto se debe a lo explicado anteriormente, por un lado, como se muestra en la figura 5-20 el movimiento total empieza a disminuir debido al agotamiento temprano del estéril de la F3N.

Esto provoca que un mayor número de camiones se envíen a extraer mineral en su lugar, aumentando de esta forma la alimentación a planta. Sin embargo, dado que la planta tiene una capacidad finita en algún momento alcanza su límite. Es por esto último que en la figura 5-19 se observa que, para una flota de 14 camiones el último tramo de la curva es casi horizontal.

Pese a lo anterior, se estima al igual que en la sección anterior que por cada camión que se adicione al sistema, aumenta la alimentación a planta y el movimiento total en 750 y 1500 tpd, respectivamente, siempre y cuando se mantenga la misma disponibilidad.

Por otra parte, para disponibilidades menores que 78,8%, aumentar la disponibilidad en 1% aumenta la alimentación a planta y movimiento total en 160 y 320 tpd, respectivamente. Mientras que para disponibilidades mayores o iguales a 78,8%, aumentar la disponibilidad en 1% aumenta la alimentación a planta y movimiento total en 100 y 200 tpd, respectivamente.

Por último, en la figura 5-21 y 5-22 se muestra que para cumplir la extracción de mineral y estéril planificada en cada uno de los meses se necesita un mínimo de 13 camiones y una disponibilidad de 88% o cualquier combinación equivalente de número de camiones y disponibilidad tal que el número promedio de camiones sea de 11,44.

Cabe resaltar que, en la figura 5-22 a partir del mes de agosto la extracción de estéril simulada se vuelve menor a la planificada debido principalmente al agotamiento del estéril de la F3N que fue mencionado anteriormente. Sin embargo, el plan se cumple para el resto de los meses.

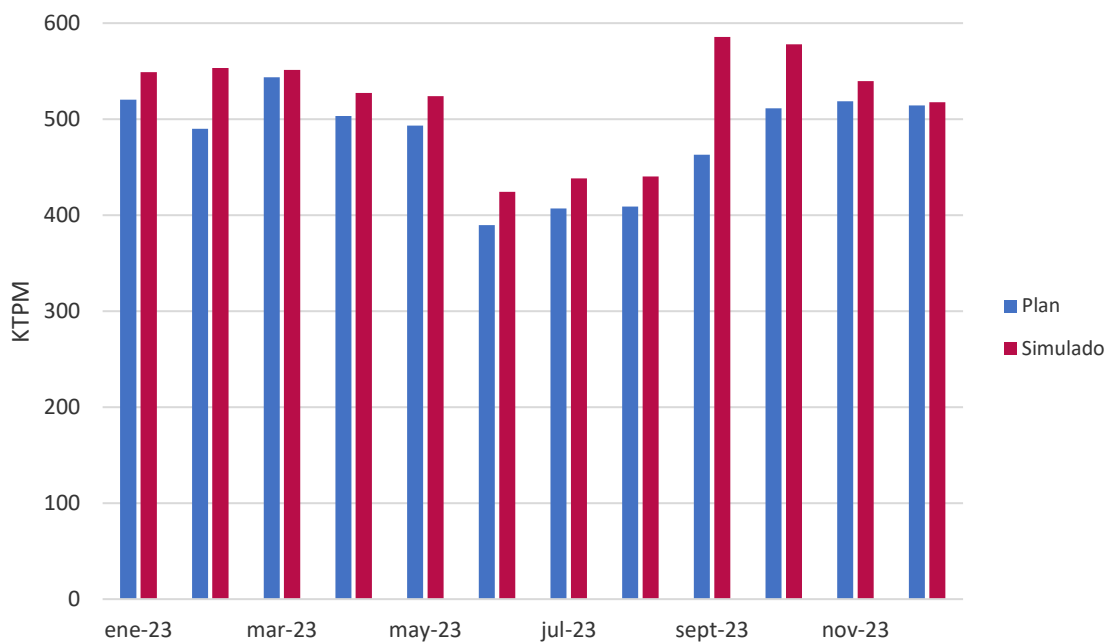


Figura 5-21: Extracción mineral planificada por mes 2023

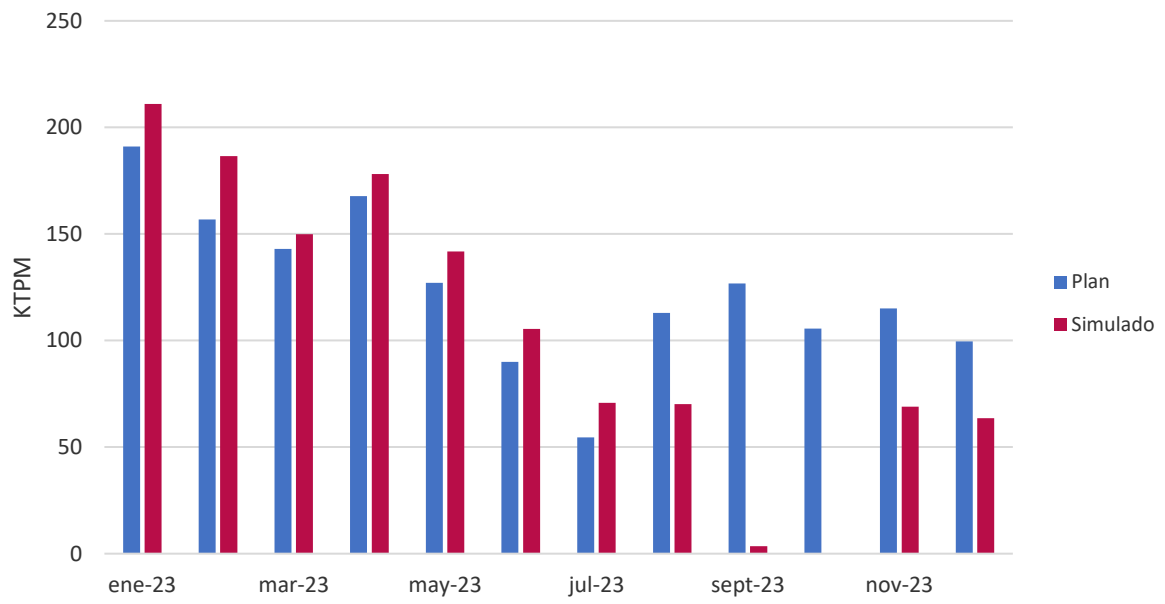


Figura 5-22: Extracción estéril planificada por mes 2023

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

6.1. Conclusiones

De este trabajo se desprenden tres conclusiones principales. La primera se relaciona a las condiciones necesarias para el cumplimiento del plan del año 2022. De acuerdo con la simulación, la probabilidad de cumplimiento de este plan con una flota de 12 camiones y una disponibilidad media de 78,8%, como tiene previsto el área de planificación, es de 0%. Es por esta razón que se recomienda evaluar junto con el área de mantención, la posibilidad de mejorar esta disponibilidad hasta al menos un 83%, manteniendo la misma flota de camiones, para poder cumplir el plan en promedio. Sin embargo, en caso de existir los recursos necesarios se recomienda la compra de un camión adicional junto con una disponibilidad mínima del 84,7% para poder asegurar el cumplimiento del plan mes a mes.

Por otro lado, la probabilidad de cumplir el plan del año 2023 con una flota de 12 camiones y una disponibilidad media de 83%, como tiene previsto el área de planificación, también es del 0%. En este caso se recomienda la compra de al menos un camión, ya que como se observó con una flota de 12 camiones se necesitaba una disponibilidad mínima del 88%, la cual de por sí es demasiada alta y poco realista. Adicionalmente a la compra de este camión se necesita de al menos una disponibilidad del 83% para asegurar el cumplimiento de este plan en promedio. Sin embargo, al igual que en el caso anterior, en caso de existir los recursos necesarios, se recomienda la compra de dos camiones junto con una disponibilidad mínima del 81,7% para poder cumplir el plan mes a mes.

Por último, de las curvas de productividad se estima que, si se mantiene la misma disponibilidad, incluir un camión más al sistema aumenta la alimentación a planta y el movimiento total en 750 y 1500 tpd, respectivamente. Además, para disponibilidades menores a 78,8%, aumentar la disponibilidad en 1% aumenta la alimentación a planta y movimiento total en 160 y 320 tpd, respectivamente. Mientras que para disponibilidades mayores o iguales a 78,8%, aumentar la disponibilidad en 1% aumenta la alimentación a planta y movimiento total en 100 y 200 tpd, respectivamente.

6.2. Trabajo Futuro

A partir de lo desarrollado en este trabajo se realizan las siguientes recomendaciones para trabajos futuros:

- Las probabilidades de cumplimiento del plan obtenidas en este trabajo son solo una primera aproximación, ya que el modelo no considera algunos factores como son las fallas y las mantenciones programadas de las excavadoras, los chancadores y las correas asociadas al sistema de traspaso, además de la colgadura de los piques y la disponibilidad del FFCC5N. Por lo que en trabajos futuros se debiesen incorporar estos factores para una correcta estimación de estas probabilidades.
- El modelo no considera que la utilización de los equipos en días de invierno es mucho menor debido a un aumento en la duración del cambio de turno y la colación. Esto debiese ser modificado a futuro para mejorar la estimación del tonelaje remanejado desde el stock en estos días.

- Si bien la calidad del ajuste del modelo de velocidades de los camiones cargados y vacíos es aceptable, se recomienda ingresar más datos al modelo para mejorar el mismo. Por otro lado, se aconseja que las rutas analizadas tengan un porcentaje de pendiente relativamente distinto para tener puntos en cada tramo de la curva.
- Por último, el sistema de despacho de camiones, a pesar de ser heurístico genera resultados comparables a métodos de optimización con la ventaja de que tanto el coste computacional como el tiempo de simulación es menor. Sin embargo, un problema de este es que el camión es asignado al circuito de menor cumplimiento sin importar lo lejano que este se encuentre, siendo que hay camiones más cercanos que podrían ser enviados a ese circuito, lo que resulta en pérdidas productivas. Una posible solución a este problema es calcular el costo de oportunidad de enviar el camión al circuito de menor cumplimiento con respecto a enviarlo al de menor tiempo de ciclo, de tal forma de enviar el camión a este último cuando se supere cierto límite.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aalst, W. (2018). *Process Mining and Simulation: A Match Made in Heaven!*.
- Alarie, S., & Gamache, M. (2001). *Overview of Solution Strategies Used in Truck Dispatching Systems for Open Pit Mines*. International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment, 16, 59 - 76.
- Bahamondes, J. (2014). *Uso de modelos estocásticos para el cálculo de productividades de la Mina Radomiro Tomic*. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Banks, J., Carson, J., Nelson, B., & Nicol, D. (2010). *Discret-Event System Simulation*. United States: Pearson.
- Çetin, N. (2004). *Open-Pit Truck/Shovel Haulage System Simulation*. Ph. D. Tesis. The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University
- CODELCO. (2005). *Norma ASARCO*. Documento interno, División Codelco Norte.
- CODELCO. (2009). *Declaración de impacto ambiental "Proyecto de explotación Rajo Sur- División El Teniente"*.
- CODELCO. (2012). *Modelo Conceptual de Transporte de Materiales Rajo Radomiro Tomic Proyecto Sulfuros Fase II*.
- CODELCO. (2019). *Informe Plan Minero P1 2020 Mina Rajo Sur División El Teniente*.
- CODELCO. (2020). *Simulación de capacidad Proyecto Normalización y FFCC5N*.
- Dindarloo, S., Osanloo, M., & Frimpong, S. (2015). *A stochastic simulation framework for truck and shovel selection and sizing in open pit mines*. Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy, 115, 209-219.
- García, E., García, H., & Cárdenas, L. (2013). *Simulación y Análisis de sistemas con ProModel*. México: Pearson.
- García, J. (2011). *Teoría de Colas*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Gross, D., Shortle, J., Thompson, J., & Harris, C. (2008). *Fundamentals of Queueing Theory*. United States: John Wiley & Sons.
- Karlin, S., & Taylor, H. (1975). *A First Course in Stochastic Processes*. Academic Press
- Kendall, D. (1953.) *Stochastic processes occurring in the theory of queues and their analysis by the method of imbedded Markov chains*. The Annals of Mathematical Statistics 24, 338-354.
- Krause, A., & Musingwini, C. (2007). *Modelling open pit shovel-truck systems using the Machine Repair Model*. Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy, 107, 469-476.

- Little, J. (1961). *A proof for the queuing formula $L = \lambda W$* . *Operations Research* 9, 383-387.
- Munirathinam, M., & Yingling, J.C. (1994). *A review of computer-based truck dispatching strategies for surface mining operations*. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 8, 1-15.
- Newman, A., Rubio, E., Caro, R., Weintraub, A., & Eurek, K. (2010). *A Review of Operations Research in Mine Planning*. *Interfaces*, 40, 222-245.
- Nurmi, D., Brevik, J. & Wolski, R. (2005) *Modeling Machine Availability in Enterprise and Wide-Area Distributed Computing Environments*. Euro-Par.
- Orellana, F. (2018). *Modelo integrado de simulación y optimización para planes mineros de mediano plazo en minería a cielo abierto*. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Price, R., & Harrell, C. (1999). *Simulation modeling and optimization using ProModel*. 1999 Winter Simulation Conference Proceedings. 'Simulation - A Bridge to the Future'.
- Saaty, T. (1961). *Elements of Queueing Theory with Applications*. McGraw Hill, New York.
- Silva, F., Viana, H., & Queiroz, A. (2016). *Availability forecast of mining equipment*, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 22 No. 4, 418-432.
- Temeng, V., Otuonye, F. & Frendewey, J. (1997) *Real-Time Truck Dispatching Using a Transportation Algorithm*. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 11:4, 203–207.
- Temeng, V., Otuonye, F. & Frendewey, J. (1998) *A Nonpreemptive Goal Programming Approach to Truck Dispatching in Open Pit Mines*. *Mineral Resources Engineering* 7, 59–67.
- Yarmuch, J. (2012). *Simulación del sistema de Carguío y Transporte Mina Chuquicamata*. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

8. ANEXOS

8.1. Anexo A: Fórmula número de réplicas necesarias

Para determinar el número de réplicas necesarias se utiliza la siguiente fórmula que fue planteada por Banks et al. (2014):

$$R \geq \left(\frac{Z_{\alpha/2} S_0}{\epsilon} \right)^2$$

Donde:

R = Número de replicas necesarias

$Z_{\alpha/2}$ = Valor crítico para un nivel de confianza $1 - \alpha$

S_0 = Desviación estándar de un número inicial de réplicas

ϵ = Error máximo admitido

Para utilizar esta fórmula primero se debe determinar la variable sobre la cual se realizará el análisis (El movimiento total en este caso). Luego se deben realizar R_0 réplicas iniciales, las cuales idealmente debiesen ser más que diez. Las R_0 réplicas son utilizadas para obtener el estimador inicial S_0^2 de la varianza de la población σ^2 .

Posteriormente, definiendo un nivel de confianza y un error máximo se determina la cantidad de réplicas necesarias R . Si este número es menor a R_0 entonces ya no son necesarias más réplicas, por el contrario, si es mayor entonces se deben hacer $R - R_0$ réplicas adicionales o empezar de nuevo y realizar R réplicas totales.

8.2. Anexo B: Inputs

Tabla 8-1: Tiempos de viaje camiones 2022-2023

Desde	Hasta	Tiempo viaje vacío [min]	Tiempo viaje cargado [min]
entrada mina	f3s 2680	4,58	5,95
entrada mina	f3s 2690	4,12	5,34
entrada mina	f3s 2700	3,88	5,07
entrada mina	f3s 2710	3,48	4,53
entrada mina	f3s 2720	2,94	3,79
entrada mina	f3s 2730	2,68	3,48
entrada mina	f3s 2740	2,40	3,15
entrada mina	f3s 2750	2,01	2,65
entrada mina	f3s 2760	1,68	2,24
entrada mina	f3s 2770	1,26	1,68
entrada mina	f3s 2780	0,89	1,19
entrada mina	f3s 2790	0,52	0,71
entrada mina	f3s 2800	0,43	0,60
entrada mina	f3s 2810	0,74	1,04
entrada mina	f3s 2820	1,15	1,59
entrada mina	f3s 2830	1,57	2,16
entrada mina	f3s 2840	2,22	3,06
entrada mina	f3s 2850	2,44	3,33
entrada mina	f3s 2860	2,72	3,68
entrada mina	f3s 2870	2,99	4,00
entrada mina	f3s 2880	3,23	4,25
entrada mina	f3s 2890	3,48	4,53
entrada mina	f3s 2900	3,82	4,98
entrada mina	f3s 2910	4,07	5,25
entrada mina	f3s 2920	4,69	6,13
entrada mina	f3s 2930	5,04	6,58
entrada mina	f3s 2940	5,51	7,22
entrada mina	f3s 2950	5,94	7,80
entrada mina	f3s 2960	6,33	8,30
entrada mina	f3s 2970	6,69	8,77
entrada mina	f3n 2690	4,29	5,61
entrada mina	f3n 2700	3,90	5,09
entrada mina	f3n 2710	3,64	4,80
entrada mina	f3n 2720	3,22	4,24
entrada mina	f3n 2730	2,89	3,83
entrada mina	f3n 2740	2,51	3,33
entrada mina	f3n 2750	2,18	2,92
entrada mina	f3n 2760	1,78	2,40
entrada mina	f3n 2770	1,38	1,87
entrada mina	f3n 2780	1,06	1,45
entrada mina	f3n 2790	0,79	1,11

entrada mina	f3n 2800	0,51	0,73
entrada mina	f3n 2810	0,77	1,08
entrada mina	f3n 2820	1,03	1,41
entrada mina	f3n 2830	1,33	1,79
entrada mina	f3n 2840	1,60	2,11
entrada mina	f3n 2850	2,11	2,81
entrada mina	f3n 2860	2,48	3,28
entrada mina	f3n 2870	2,84	3,75
entrada mina	f3n 2880	3,30	4,37
entrada mina	f3n 2890	3,76	5,00
entrada mina	f3n 2900	4,19	5,57
botadero	f3s 2680	7,44	9,98
botadero	f3s 2690	7,00	9,39
botadero	f3s 2700	6,58	8,83
botadero	f3s 2710	6,17	8,29
botadero	f3s 2720	5,68	7,61
botadero	f3s 2730	5,37	7,24
botadero	f3s 2740	5,08	6,88
botadero	f3s 2750	4,69	6,37
botadero	f3s 2760	4,36	5,95
botadero	f3s 2770	3,95	5,39
botadero	f3s 2780	3,58	4,91
botadero	f3s 2790	3,22	4,43
botadero	f3s 2800	2,96	4,11
botadero	f3s 2810	2,56	3,56
botadero	f3s 2820	1,90	2,64
botadero	f3s 2830	1,67	2,35
botadero	f3s 2840	1,68	2,38
botadero	f3s 2850	1,54	2,18
botadero	f3s 2860	1,77	2,49
botadero	f3s 2870	2,00	2,77
botadero	f3s 2880	2,20	3,02
botadero	f3s 2890	2,63	3,59
botadero	f3s 2900	2,99	4,06
botadero	f3s 2910	3,28	4,43
botadero	f3s 2920	3,67	5,05
botadero	f3s 2930	3,74	5,08
botadero	f3s 2940	4,20	5,70
botadero	f3s 2950	2,51	3,48
botadero	f3s 2960	2,75	3,79
botadero	f3s 2970	3,11	4,26
botadero	f3n 2690	6,98	9,37
botadero	f3n 2700	6,59	8,85
botadero	f3n 2710	5,78	7,66
botadero	f3n 2720	5,36	7,10
botadero	f3n 2730	5,03	6,69

botadero	f3n 2740	4,65	6,19
botadero	f3n 2750	4,32	5,78
botadero	f3n 2760	3,92	5,26
botadero	f3n 2770	3,52	4,73
botadero	f3n 2780	3,19	4,31
botadero	f3n 2790	2,89	3,94
botadero	f3n 2800	2,61	3,58
botadero	f3n 2810	2,52	3,50
botadero	f3n 2820	1,96	2,72
botadero	f3n 2830	1,82	2,56
botadero	f3n 2840	1,28	1,81
botadero	f3n 2850	1,32	1,88
botadero	f3n 2860	1,28	1,82
botadero	f3n 2870	1,52	2,13
botadero	f3n 2880	2,55	3,58
botadero	f3n 2890	1,29	1,78
botadero	f3n 2900	0,95	1,33
entrada mina	taller	0,00	0,00
entrada mina	estacionamiento 1	1,22	1,57
estacionamiento 1	estacionamiento 2	12,00	15,25
estacionamiento 2	entrada chancador	3,13	3,99
entrada chancador	entrada stock	0,00	0,83
entrada chancador	stock	0,00	4,51
stock	entrada stock	1,39	0,00
chancador	entrada chancador	0,58	0,00
entrada mina	botadero	2,37	3,22
entrada stock	chancador	0,00	2,12

Tabla 8-2: Reservas mineras 2022-2023

	F3n		F3s	
	Mineral [t]	Lastre [t]	Mineral [t]	Lastre [t]
2970	-	-	19.912	70.863
2960	-	-	254.456	220.535
2950	-	-	222.005	245.728
2940	-	-	244.229	164.189
2930	-	-	305.532	15.729
2920	-	-	440.737	122.056
2910	-	-	563.122	91.203
2900	-	-	552.867	51.197
2890	-	-	640.418	77.759
2880	-	-	775.775	84.219
2870	-	-	817.560	120.687
2860	-	-	829.551	106.612
2850	-	-	949.109	108.977
2840	589.575	325.822	659.310	102.587
2830	214.357	344.793	565.691	122.759
2820	468.324	303.793	517.667	161.146
2810	523.335	122.042	463.578	165.600
2800	461.045	235.062	638.091	159.290
2790	522.823	354.086	589.924	85.424
2780	442.832	253.395	750.210	113.864
2770	716.775	209.450	782.273	46.155
2760	364.038	251.685	709.425	82.756
2750	462.082	129.410	723.376	71.407
2740	674.043	145.772	737.752	116.919
2730	837.288	490.669	816.726	139.683
2720	861.956	65.550	885.857	218.380
2710	767.016	34.421	781.697	219.574
2700	430.595	4.848	931.430	240.544
2690	338.451	-	914.412	174.611
2680	-	-	1.102.171	121.867

Tabla 8-3: Plan minero 2022-2023

	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock	Días invierno
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]	
ene-22	423.278	268.995	1.115	2.616	26.767	290	-	-
feb-22	306.154	276.642	-	-	122.146	-	-	-
mar-22	440.037	193.212	8.680	68.247	28.130	9.827	-	-
abr-22	197.469	203.434	222.315	93.816	-	32.141	14.475	1
may-22	241.189	146.553	178.985	132.131	-	31.907	14.489	1
jun-22	246.111	24.587	64.389	133.711	6.308	27.391	94.500	7
jul-22	208.627	41.153	115.373	112.785	-	22.595	94.500	7
ago-22	228.392	188.376	138.653	75.336	-	20.354	107.055	7
sept-22	294.432	195.311	119.227	98.400	-	52.891	15.321	1
oct-22	300.305	263.232	162.113	251	-	44.165	15.414	1
nov-22	265.367	149.735	195.215	121.805	-	39.244	-	-
dic-22	263.233	190.942	207.589	1.303	-	39.925	-	-
ene-23	353.466	188.202	126.759	2.788	-	40.032	-	-
feb-23	341.274	69.753	106.936	87.111	-	41.880	-	-
mar-23	289.231	91.828	207.001	51.197	-	47.504	-	-
abr-23	178.051	101.445	286.166	66.255	-	39.173	16.008	1
may-23	261.295	119.031	202.922	8.002	-	28.975	16.008	1
jun-23	197.640	42.006	170.533	47.933	-	21.530	112.053	7
jul-23	244.699	18.973	139.481	35.598	-	22.661	112.053	7
ago-23	186.896	108.745	197.284	4.185	-	24.839	112.053	7
sept-23	206.156	126.710	226.046	-	-	30.839	16.008	1
oct-23	187.235	105.574	292.990	-	-	31.115	16.008	1
nov-23	198.921	51.538	281.304	63.461	-	38.334	-	-
dic-23	268.919	42.379	211.306	57.226	-	34.194	-	-

8.3. Anexo C: Pruebas chi cuadrado

Tabla 8-4: Estadísticos de las 1000 pruebas chi cuadrado. Tiempos de aculatamiento y carga

X_0^2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	11,20	7,33	7,62	6,37	6,59	5,76	4,58	5,26	12,85	9,74
2	3,57	5,85	11,73	31,33	11,97	2,66	9,40	6,75	2,27	6,41
3	12,38	17,59	8,65	3,07	18,72	17,42	17,96	8,43	10,71	8,45
4	19,97	13,74	5,44	5,13	9,10	4,84	11,49	4,28	17,35	12,45
5	5,40	14,80	10,32	2,36	11,38	4,72	12,94	9,16	12,42	11,29
6	8,46	3,79	8,93	6,83	3,02	6,65	6,22	4,12	6,64	4,60
7	6,23	4,61	6,57	12,02	16,41	4,87	7,31	14,05	3,83	7,80
8	6,28	3,82	8,54	22,84	5,48	29,29	7,02	25,24	11,58	5,20
9	12,43	5,83	14,15	10,68	17,67	4,63	16,96	10,80	4,39	12,71
10	5,47	8,84	14,01	13,28	4,14	12,13	5,46	13,46	16,51	9,96
11	7,71	7,93	7,69	15,14	13,87	2,84	0,83	3,41	13,17	6,64
12	10,02	3,08	3,97	12,35	5,56	9,16	5,64	10,59	22,81	19,92
13	28,11	10,68	2,75	12,04	11,47	19,64	5,15	14,25	4,40	6,05
14	15,31	4,00	9,23	7,05	18,98	14,41	8,79	16,46	13,37	21,63
15	9,17	6,86	3,78	12,07	15,08	13,11	6,90	10,47	13,69	3,62
16	15,70	22,87	1,50	5,08	7,86	6,21	5,25	13,06	7,51	10,04
17	10,34	11,51	18,88	9,60	8,56	13,16	8,67	2,61	13,24	20,78
18	11,46	5,09	4,96	12,84	11,12	2,21	7,20	15,24	6,29	12,24
19	8,00	7,05	6,60	16,94	3,23	11,23	4,62	11,46	8,48	7,00
20	11,03	7,45	10,99	4,76	11,69	8,38	8,49	4,04	6,68	6,12
21	4,13	2,56	6,34	2,99	10,60	9,24	1,73	9,05	9,85	24,26
22	2,97	1,45	5,62	7,13	6,96	6,08	8,92	11,42	11,25	5,56
23	6,55	12,31	1,66	8,00	3,62	7,15	13,25	7,38	6,49	6,73
24	8,33	9,09	16,35	8,40	7,94	4,69	6,71	6,36	11,16	16,30
25	13,61	14,91	6,38	3,75	4,98	14,18	11,27	13,44	15,76	4,70
26	14,26	8,69	5,75	9,94	5,68	9,77	8,50	5,70	7,50	2,37
27	2,90	17,30	30,04	8,10	7,02	8,39	15,75	4,06	8,63	9,67
28	19,84	5,04	9,70	9,03	4,55	8,94	12,42	5,13	7,43	6,27
29	13,13	10,32	10,42	6,44	6,28	2,45	8,20	6,85	15,11	9,22
30	9,73	5,60	7,48	12,45	4,84	14,96	7,26	19,14	5,92	8,06
31	8,69	5,88	3,49	2,90	9,83	24,83	2,24	13,62	8,33	20,82
32	5,03	12,15	8,45	18,76	13,99	21,66	19,28	12,36	5,58	9,13
33	14,19	13,40	6,72	6,87	3,16	8,64	10,39	10,06	11,49	8,40
34	9,92	3,90	13,01	6,04	9,37	7,79	15,26	7,67	3,63	5,13
35	12,53	20,29	8,90	4,41	6,95	9,31	5,39	6,44	12,96	6,75
36	9,35	18,63	4,31	8,55	4,78	31,41	4,86	9,11	6,87	5,04
37	6,89	5,20	7,43	4,25	12,83	11,67	9,14	7,45	10,07	8,96
38	12,81	11,46	3,30	14,91	19,86	14,20	6,46	4,62	6,51	7,50
39	5,48	11,10	5,49	2,82	7,43	5,85	4,30	6,72	1,10	11,19
40	11,14	5,22	13,97	9,89	7,62	7,14	2,82	11,20	11,42	13,91
41	1,79	7,67	11,21	9,84	8,42	5,10	2,49	5,50	23,52	4,71
42	5,47	9,21	12,99	4,48	4,50	8,02	3,60	5,50	13,25	6,49

43	1,98	19,82	7,92	8,00	17,79	7,53	11,34	11,80	7,65	4,88
44	25,41	13,34	22,71	5,34	3,95	6,16	7,05	4,06	6,41	8,25
45	9,92	7,47	12,13	9,78	9,01	15,84	7,91	24,93	11,05	30,47
46	5,88	10,38	4,45	5,53	8,90	13,30	8,90	21,05	5,68	21,84
47	14,24	4,71	8,52	2,94	13,71	9,48	2,79	7,80	12,14	7,17
48	14,24	11,48	9,82	13,16	6,81	19,89	6,38	3,39	6,63	10,85
49	7,75	4,67	10,95	9,65	10,24	12,44	5,56	14,44	17,00	6,63
50	1,74	6,65	8,74	15,00	10,16	3,42	2,08	33,31	12,88	9,02
51	9,87	7,56	14,61	8,55	14,73	12,62	9,88	24,36	11,70	11,72
52	5,63	6,29	6,33	7,33	20,39	18,61	4,56	10,45	4,34	7,04
53	16,25	2,54	2,93	1,96	11,77	7,39	17,63	8,10	12,94	16,68
54	11,20	11,31	8,02	5,54	26,49	8,66	13,01	13,09	7,21	11,03
55	8,65	30,90	2,84	7,06	8,05	6,57	9,83	4,00	14,76	6,86
56	2,60	9,60	17,59	15,35	7,00	11,24	19,95	4,79	3,01	10,35
57	7,48	2,27	6,70	7,79	11,78	9,83	10,11	23,48	2,79	11,63
58	6,88	34,30	14,13	12,15	7,59	5,02	9,34	6,48	47,35	5,47
59	1,64	6,64	9,62	8,58	17,27	3,06	9,99	15,05	6,02	4,07
60	4,01	9,34	13,64	7,47	5,75	3,82	7,79	4,80	7,65	31,21
61	6,41	3,72	6,52	13,87	14,42	11,00	16,68	4,40	12,76	9,82
62	14,10	10,10	9,62	14,12	12,88	13,64	7,31	5,16	3,65	12,55
63	2,74	6,72	10,34	4,69	4,76	15,98	16,38	9,69	6,80	18,26
64	7,08	9,61	15,69	17,11	5,09	18,02	6,12	3,72	4,93	13,43
65	4,74	15,80	5,99	7,99	7,31	8,33	11,70	7,84	5,14	3,85
66	4,51	6,31	23,17	27,76	4,59	3,88	10,30	7,35	20,41	9,13
67	22,06	3,67	13,90	4,00	10,70	9,91	7,24	9,05	3,93	12,72
68	13,25	9,90	6,30	8,65	12,93	6,74	7,42	8,53	3,54	19,13
69	8,73	7,73	18,88	10,67	9,22	9,55	12,05	4,79	5,61	10,02
70	5,26	15,86	4,21	14,13	22,24	13,86	14,19	4,49	8,32	9,74
71	5,03	7,64	7,89	12,43	16,85	5,99	3,63	8,61	6,70	10,37
72	3,98	13,59	8,12	4,93	11,56	9,30	7,83	15,44	6,14	7,51
73	4,16	5,32	7,12	4,58	10,96	6,68	2,08	10,73	7,75	6,99
74	9,87	8,60	14,23	3,44	5,92	8,27	6,27	7,21	5,98	4,17
75	12,25	8,45	5,56	17,79	5,36	31,03	9,81	2,82	4,30	4,40
76	12,06	11,18	5,53	12,82	6,77	5,56	6,18	11,11	5,26	3,64
77	3,42	4,59	3,87	5,94	8,00	10,86	8,75	3,75	13,52	7,81
78	8,31	8,15	3,98	7,08	10,16	4,77	10,03	19,67	3,80	11,07
79	6,51	15,99	13,72	5,84	8,56	12,23	4,30	3,16	4,03	9,51
80	7,50	13,86	3,70	19,79	13,91	18,35	7,07	14,06	8,84	7,34
81	5,61	10,54	2,77	8,06	9,30	9,31	9,63	9,72	22,62	8,33
82	13,56	11,61	10,94	5,86	5,53	6,45	2,71	8,01	11,63	3,38
83	16,28	13,18	4,61	12,29	10,54	5,89	5,35	11,10	12,54	9,91
84	3,88	10,81	7,41	5,58	2,12	4,00	16,26	6,47	12,08	3,51
85	13,65	8,68	20,16	7,91	3,68	13,82	11,77	3,78	12,23	4,57
86	3,45	7,38	6,98	9,48	14,41	14,02	1,54	4,60	12,96	2,34
87	8,30	13,09	13,59	10,33	8,48	5,58	8,30	11,95	14,43	10,10
88	6,13	3,68	7,52	8,95	2,39	9,49	7,93	30,57	3,27	6,09

89	2,75	4,17	17,35	21,35	13,37	7,57	4,37	9,54	8,03	6,94
90	18,53	8,02	12,81	8,28	35,72	13,10	10,82	9,10	10,20	17,01
91	17,94	6,43	5,02	4,68	18,65	6,07	18,25	5,69	15,77	9,85
92	10,46	7,56	9,73	8,07	24,58	8,76	16,53	9,83	4,92	16,25
93	12,22	17,57	8,60	3,19	6,01	5,71	3,27	1,30	16,70	12,25
94	11,33	5,54	3,09	4,00	15,99	4,15	7,44	6,50	14,24	10,44
95	4,02	5,93	5,14	13,53	20,85	6,09	9,09	7,24	23,34	8,08
96	5,04	3,48	13,40	3,88	1,84	9,24	8,45	5,89	6,36	6,72
97	6,49	4,44	14,85	11,06	5,26	4,51	18,56	10,56	5,93	10,32
98	5,92	3,93	7,71	13,36	2,65	20,58	3,50	6,06	11,82	5,27
99	9,41	6,29	13,14	8,07	3,47	13,55	6,81	6,76	11,38	7,07
100	15,07	8,27	7,43	13,30	1,87	13,67	2,14	2,20	10,33	10,97

X_0^2 9,53
 $X_{0,05,7}^2$ 14,07

Tabla 8-5: Estadísticos de las 1000 pruebas chi cuadrado. Tiempos de aculatamiento y descarga

X_0^2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	39,46	1,87	16,97	11,96	7,98	14,77	17,80	9,12	15,93	19,75
2	12,21	13,09	38,31	12,30	6,71	14,36	3,35	17,94	6,78	15,24
3	27,27	9,37	24,57	11,25	14,28	15,51	21,03	16,79	23,88	29,01
4	28,27	12,38	31,34	14,38	1,82	25,65	23,20	7,94	27,80	10,59
5	12,87	10,61	5,13	12,02	9,66	6,56	10,87	5,51	28,87	10,24
6	11,42	4,37	10,60	9,57	5,93	20,76	19,81	12,12	16,52	14,93
7	9,23	8,02	38,10	22,65	13,94	13,05	13,63	15,86	17,00	15,35
8	18,64	8,70	7,85	15,98	8,58	21,42	17,96	16,15	13,10	13,07
9	7,26	34,96	22,02	9,49	28,76	21,54	13,57	18,09	26,21	10,26
10	14,84	20,43	23,42	7,01	27,96	19,60	2,92	14,06	10,63	29,00
11	28,91	20,28	7,09	16,03	11,77	14,14	11,00	32,39	47,46	19,14
12	5,08	6,85	16,63	11,79	21,40	20,73	17,35	6,27	21,32	23,50
13	14,91	20,43	15,87	22,22	24,24	26,46	17,78	7,94	16,20	14,74
14	24,10	22,20	7,96	37,86	30,74	13,47	13,37	4,06	12,85	13,75
15	26,55	7,75	25,01	32,47	17,30	10,29	14,28	21,33	9,26	7,08
16	21,86	46,99	12,50	13,43	8,44	7,02	6,10	39,43	21,84	36,98
17	6,66	4,13	16,56	26,68	15,86	28,04	30,73	32,34	16,94	33,31
18	3,89	12,59	12,08	9,29	8,27	14,40	11,44	5,14	18,48	12,82
19	4,47	27,95	16,97	24,26	28,32	18,39	23,37	39,87	16,44	32,18
20	45,00	16,11	12,45	18,23	8,00	32,79	17,09	18,93	14,92	16,64
21	9,06	13,41	19,13	15,52	13,13	9,27	22,38	6,93	17,65	22,28
22	14,82	6,25	11,63	14,68	23,23	7,03	12,24	35,69	21,22	6,78
23	25,15	28,84	7,70	24,18	21,38	12,02	36,34	20,82	23,36	13,07
24	12,57	21,98	23,35	16,65	20,02	29,79	33,67	10,80	11,69	24,49
25	13,22	29,33	25,36	8,29	7,26	7,12	11,66	18,73	13,93	4,32
26	19,01	17,36	2,22	32,73	10,41	31,32	12,59	9,95	6,37	14,02
27	26,00	12,84	15,89	31,26	21,91	24,36	30,42	10,47	9,88	58,24
28	35,13	9,99	23,36	7,25	28,01	7,52	5,20	19,36	23,02	6,79
29	15,26	10,67	17,13	21,50	28,57	14,09	5,73	10,97	19,41	13,92
30	9,66	5,91	5,74	32,90	36,35	26,07	18,01	28,77	15,95	3,62
31	3,41	48,97	14,45	18,99	16,46	27,86	22,00	15,14	21,49	25,64
32	6,15	8,04	24,29	9,02	6,83	10,48	5,14	28,70	15,60	9,04
33	12,64	40,49	9,02	17,80	10,42	11,19	23,73	19,43	11,79	11,86
34	5,51	23,88	23,61	22,92	12,98	15,33	10,35	19,50	15,81	13,19
35	31,21	19,74	17,75	18,00	12,15	17,59	4,07	6,12	6,69	20,53
36	19,25	13,54	16,23	17,45	22,39	54,18	7,36	16,72	14,17	11,74
37	28,11	12,92	4,12	8,91	16,86	10,14	15,85	19,51	10,05	8,52
38	10,97	18,94	17,79	49,97	16,11	10,88	6,13	35,31	11,85	16,25
39	22,65	12,32	32,59	14,30	22,98	5,57	7,88	22,86	11,18	25,27
40	42,33	20,23	27,54	44,42	6,47	14,72	5,36	9,20	4,54	16,33
41	16,87	23,42	25,99	29,56	14,90	18,01	12,33	18,04	17,39	20,72
42	34,00	26,35	23,75	17,34	8,05	14,57	19,63	26,80	22,19	36,03
43	8,49	33,35	22,92	22,09	16,06	10,41	19,20	16,86	15,79	17,29
44	28,93	18,86	33,11	31,53	12,13	13,89	22,43	15,51	15,08	29,65

45	18,46	36,47	19,58	8,79	22,58	19,58	19,72	14,81	23,38	8,49
46	12,45	16,49	12,37	7,22	27,88	4,66	5,68	19,58	5,47	25,63
47	8,39	25,75	5,54	29,61	19,36	15,82	23,68	24,48	22,32	16,20
48	20,14	28,23	33,23	36,81	19,27	11,38	4,23	12,86	13,66	9,95
49	16,82	10,41	31,04	35,27	35,33	16,90	14,35	15,08	3,51	18,36
50	14,39	8,47	5,88	19,53	11,88	15,44	7,78	7,77	8,80	6,64
51	28,27	13,31	15,16	33,47	30,28	19,58	16,53	15,88	13,79	13,81
52	28,73	12,74	13,49	16,16	26,22	13,60	17,83	26,41	17,58	14,61
53	28,49	10,87	31,12	15,16	13,41	15,72	17,51	20,37	26,98	23,02
54	6,21	17,99	9,89	18,37	16,52	24,58	9,43	12,92	8,46	29,40
55	13,08	32,68	16,65	9,64	16,67	10,39	18,58	21,09	15,75	23,22
56	24,92	19,12	19,47	11,13	45,42	6,63	20,10	6,39	18,71	10,40
57	13,38	10,22	11,79	33,82	31,11	13,46	16,20	30,49	29,17	17,28
58	25,05	19,28	11,87	17,83	13,95	14,89	19,30	25,50	11,20	22,48
59	22,83	19,64	18,09	9,91	25,35	5,60	7,25	18,80	13,35	11,40
60	28,34	11,95	16,43	29,77	20,53	14,13	9,06	5,44	9,58	7,40
61	18,65	3,38	4,99	14,72	7,60	37,70	16,70	14,65	22,71	6,21
62	13,46	6,44	10,35	10,62	15,20	16,12	19,71	18,18	40,08	14,04
63	11,07	14,51	26,80	15,72	4,90	5,67	11,32	6,29	18,11	16,18
64	14,89	15,44	6,33	26,95	28,28	10,05	5,71	21,52	12,49	14,24
65	16,18	27,98	6,93	11,47	18,13	23,56	21,83	8,73	31,36	8,59
66	31,67	8,91	14,76	10,91	20,05	14,39	14,96	13,53	19,49	26,53
67	15,42	52,90	19,35	5,17	19,93	22,62	11,88	8,63	11,33	5,13
68	19,25	12,72	24,90	20,11	25,24	22,73	9,56	12,42	12,33	7,31
69	26,39	19,15	23,45	15,86	9,26	20,47	12,40	18,18	7,85	7,46
70	15,91	16,60	9,22	24,63	11,84	13,56	21,07	25,54	9,55	22,99
71	17,85	14,64	9,26	13,04	22,30	10,72	14,55	8,72	8,05	12,68
72	14,74	13,04	9,53	10,88	23,62	3,48	18,14	30,53	6,50	32,67
73	18,80	16,27	27,43	12,37	4,23	15,72	21,36	15,66	15,90	10,07
74	23,59	5,56	23,72	23,90	22,14	15,63	20,10	20,16	10,56	10,92
75	24,65	12,06	32,39	26,19	13,01	20,25	59,72	28,85	20,48	23,08
76	26,46	26,80	22,51	44,17	28,46	3,05	20,10	9,91	29,17	10,32
77	35,15	12,76	22,78	12,60	13,51	11,96	19,92	30,00	5,25	29,92
78	12,99	12,43	18,25	8,88	12,15	39,05	20,34	17,30	13,72	18,50
79	10,61	10,04	18,38	9,93	21,23	13,58	11,14	26,90	14,61	9,66
80	16,48	33,75	33,07	28,65	43,53	21,84	18,75	19,77	6,04	18,48
81	23,88	20,75	12,11	29,98	14,26	13,22	9,66	8,73	18,33	10,40
82	23,82	13,25	29,77	8,00	27,51	11,50	9,52	24,38	35,02	21,92
83	34,80	10,88	11,56	23,07	4,96	8,49	12,56	27,96	8,95	35,44
84	12,22	13,98	18,81	10,48	23,90	33,76	22,16	7,95	11,88	26,02
85	21,89	11,31	16,76	8,78	14,60	27,90	10,91	8,62	22,30	39,75
86	16,26	26,44	12,50	16,23	11,44	10,20	17,86	14,03	15,27	17,12
87	23,11	23,13	15,91	18,50	10,30	30,78	24,38	4,79	30,24	17,00
88	28,57	20,92	15,62	8,27	14,36	27,42	15,98	15,66	16,97	18,10
89	6,64	14,67	12,85	17,28	21,18	17,16	13,77	9,26	8,52	9,53
90	15,57	20,29	5,25	14,83	17,96	15,92	27,15	17,85	21,60	13,10

91	17,73	8,26	17,64	6,23	8,49	30,31	16,38	17,02	13,11	25,46
92	4,32	8,12	10,25	17,09	10,67	30,43	23,82	15,52	18,12	15,12
93	14,45	22,17	5,54	9,85	13,44	10,22	26,49	8,19	18,91	27,85
94	21,67	8,97	11,14	27,20	10,65	8,99	14,52	2,74	20,06	11,45
95	9,70	18,33	14,26	26,24	11,35	8,81	23,06	16,83	17,63	7,67
96	12,85	15,66	9,70	8,42	13,11	9,42	7,62	7,24	46,80	8,66
97	16,94	21,11	14,01	7,89	31,41	41,71	19,23	21,50	15,94	15,00
98	24,52	12,94	7,63	2,71	18,31	12,81	17,32	18,69	8,67	22,02
99	10,27	3,94	8,21	15,11	11,54	17,45	15,26	10,56	7,42	10,18
100	31,34	17,68	12,38	11,51	27,81	21,68	17,34	27,60	3,59	12,84

X_0^2 17,33
 $X_{0,01,7}^2$ 18,48

Tabla 8-6: Prueba chi cuadrado número de camiones por turno

Intervalo	Observado	Esperado	Error
≤ 9	9	7	0,63
10	15	16	0,15
11	20	22	0,12
12	18	17	0,07
		X_0^2	0,97
		$X_{0.05,3}^2$	7,81

Tabla 8-7: Prueba chi cuadrado tonelaje extraído de cada circuito

Intervalo	Observado	Esperado	Error
F3n a chancado	69,3	69,2	0,00
F3n a botadero	16,1	16,3	0,00
F3s a botadero	7,0	7,0	0,00
F3n a stock	1,9	0,8	1,55
Stock a chancado	5,7	6,7	0,17
		X_0^2	1,72
		$X_{0.05,4}^2$	9,49

8.4. Anexo D: Validación

Tabla 8-8: Validación diciembre 2019

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	413.066	97.094	-	42.113	9.244	-	30.220
2	410.320	93.641	-	42.926	12.934	-	37.965
3	415.977	97.731	-	42.301	15.594	-	41.169
4	424.083	97.011	-	42.849	7.469	-	21.985
5	414.474	95.125	-	43.160	12.411	-	37.564
6	406.262	94.096	-	41.072	15.613	-	46.180
7	406.411	95.480	-	41.219	14.558	-	44.185
8	416.818	97.942	-	41.585	11.502	-	33.166
9	425.328	98.224	-	46.925	9.871	-	30.562
10	411.788	94.100	-	41.649	14.400	-	45.651
11	423.713	98.034	-	42.770	10.091	-	26.200
12	418.265	96.392	-	40.722	10.052	-	30.497
13	398.968	93.439	-	40.344	13.198	-	45.356
14	413.418	97.133	-	41.113	12.906	-	44.715
15	406.186	92.835	-	41.064	11.951	-	37.297
16	414.418	96.940	-	43.175	11.412	-	38.235
17	406.262	95.881	-	40.268	14.465	-	45.536
18	426.075	98.209	-	43.050	6.251	-	18.830
19	401.569	90.793	-	41.875	14.814	-	45.218
20	429.319	99.421	-	43.410	7.500	-	18.624
21	429.499	100.909	-	43.684	5.364	-	14.384
22	413.937	93.680	-	40.992	11.110	-	35.785
23	424.257	99.708	-	42.163	9.142	-	26.037
24	417.404	98.086	-	42.563	7.962	-	25.632
25	414.700	97.458	-	44.051	11.413	-	37.158
26	419.645	96.782	-	42.436	10.378	-	30.943
27	410.641	96.542	-	40.908	12.345	-	37.389
28	425.488	99.960	-	42.996	9.055	-	25.829
29	410.364	94.456	-	43.190	13.171	-	44.112
30	420.865	97.853	-	41.508	8.730	-	25.384

8.5. Anexo E: Simulaciones flota 12 camiones

Tabla 8-9: Simulación 2022 disponibilidad 62%. Flota 12 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.658.847	1.375.531	1.045.537	575.079	169.755	263.826	513.079
2	2.641.554	1.364.931	1.026.658	523.456	168.855	262.562	510.809
3	2.650.327	1.347.313	1.041.103	548.736	175.247	285.300	540.119
4	2.670.974	1.387.110	1.045.159	569.865	172.649	269.794	522.018
5	2.658.057	1.381.608	1.036.754	571.967	167.908	265.188	512.662
6	2.681.608	1.423.169	1.049.614	570.168	162.725	254.600	496.730
7	2.645.384	1.347.518	1.037.727	531.201	161.899	263.897	505.295
8	2.654.116	1.410.630	1.029.750	552.214	165.335	264.560	509.462
9	2.664.584	1.377.320	1.044.558	566.050	174.594	275.343	529.513
10	2.670.520	1.331.511	1.050.808	538.060	172.886	267.030	519.410
11	2.626.088	1.398.016	1.035.509	562.766	165.113	275.621	520.222
12	2.660.877	1.347.013	1.041.688	549.504	171.787	254.207	505.577
13	2.667.094	1.412.150	1.043.522	570.590	163.675	268.364	511.615
14	2.674.960	1.384.592	1.039.253	565.337	169.344	269.617	518.446
15	2.665.724	1.394.221	1.037.356	556.878	166.538	258.643	504.580
16	2.666.199	1.414.094	1.039.894	577.057	163.537	278.718	521.750
17	2.656.996	1.386.120	1.040.882	530.859	165.885	265.395	510.861
18	2.655.912	1.412.567	1.046.294	580.694	170.647	260.500	510.726
19	2.662.331	1.369.814	1.041.974	561.242	169.932	266.322	515.741
20	2.643.439	1.357.584	1.045.128	555.774	175.960	263.599	519.130
21	2.644.179	1.368.669	1.038.219	572.875	169.712	257.268	506.477
22	2.673.795	1.392.869	1.046.369	574.446	166.357	274.436	520.282
23	2.642.796	1.357.586	1.044.119	555.125	169.684	263.202	512.458
24	2.625.142	1.404.996	1.034.588	554.661	167.667	261.923	509.079
25	2.684.647	1.378.219	1.046.242	581.917	164.649	261.618	506.101
26	2.631.581	1.410.189	1.030.118	583.559	161.009	264.053	504.642
27	2.658.577	1.419.957	1.047.080	578.033	166.350	267.724	513.649
28	2.636.513	1.418.754	1.027.345	575.678	171.335	261.154	511.981
29	2.633.958	1.348.453	1.041.796	561.870	175.221	276.625	531.672
30	2.644.990	1.378.131	1.035.256	542.394	173.836	270.519	523.843
31	2.694.455	1.331.015	1.053.202	549.627	170.226	266.821	516.617
32	2.660.402	1.386.386	1.033.911	566.566	161.893	265.335	506.722
33	2.637.648	1.394.782	1.045.079	572.338	172.401	257.950	509.840
34	2.641.773	1.407.252	1.038.643	579.571	172.659	271.417	523.647
35	2.658.310	1.395.324	1.039.679	566.335	172.036	269.085	520.612
36	2.647.400	1.411.925	1.044.915	562.795	173.123	272.189	524.804
37	2.656.577	1.434.184	1.050.029	591.401	168.203	277.371	525.071
38	2.655.744	1.325.811	1.052.531	532.038	176.866	267.486	523.840
39	2.666.328	1.338.413	1.044.271	531.377	174.413	272.125	526.109
40	2.669.696	1.361.850	1.037.063	563.799	171.142	257.739	508.370

41	2.661.109	1.403.491	1.043.599	558.834	175.578	274.359	529.510
42	2.653.301	1.415.073	1.038.257	577.364	167.066	267.224	513.863
43	2.662.192	1.356.971	1.038.845	544.009	170.486	256.578	506.633
44	2.665.409	1.347.557	1.048.244	570.234	170.925	263.938	514.345
45	2.651.168	1.365.304	1.045.469	562.224	171.930	262.146	513.648
46	2.677.003	1.352.610	1.039.579	546.993	171.121	262.831	513.438
47	2.671.945	1.376.626	1.045.769	552.735	163.723	276.249	519.465
48	2.657.858	1.412.692	1.039.073	572.182	165.636	265.463	510.667
49	2.657.526	1.406.647	1.043.126	590.290	168.636	257.564	505.605
50	2.668.934	1.401.099	1.037.810	588.176	169.863	272.913	522.261
51	2.684.632	1.432.658	1.047.802	591.577	164.475	269.162	513.296
52	2.672.229	1.403.738	1.053.309	583.770	165.972	264.889	510.348
53	2.670.519	1.386.578	1.049.106	577.998	168.575	263.466	511.538
54	2.659.910	1.382.682	1.035.806	568.339	169.891	261.671	511.129
55	2.647.248	1.388.223	1.038.542	551.534	168.911	269.496	517.814
56	2.628.432	1.375.632	1.045.949	545.887	172.469	267.292	519.332
57	2.643.885	1.419.899	1.015.197	565.045	168.571	254.395	502.541
58	2.652.911	1.409.035	1.039.885	584.966	168.905	265.431	513.915
59	2.677.748	1.399.016	1.051.241	588.254	166.829	269.754	516.071
60	2.645.228	1.379.563	1.027.600	562.995	168.001	270.831	518.403
61	2.649.560	1.423.342	1.031.074	580.487	167.042	267.558	514.084
62	2.697.160	1.403.866	1.047.319	587.769	169.228	271.366	520.079
63	2.652.922	1.393.756	1.038.485	548.300	163.359	263.468	506.316
64	2.671.785	1.408.823	1.043.579	579.238	166.222	270.370	516.075
65	2.654.202	1.379.285	1.033.442	548.213	160.538	253.926	493.867
66	2.656.247	1.426.741	1.039.276	588.458	170.335	260.225	509.960
67	2.658.726	1.375.264	1.046.466	552.480	165.666	258.608	503.769
68	2.654.044	1.389.867	1.039.476	558.041	167.122	269.234	515.849
69	2.654.548	1.400.103	1.036.033	575.709	167.939	265.564	513.000
70	2.640.790	1.397.931	1.033.517	537.964	161.092	268.327	508.993
71	2.646.700	1.368.885	1.033.635	562.253	175.842	259.008	514.334
72	2.652.843	1.411.511	1.027.354	571.545	165.584	268.805	513.952
73	2.662.571	1.405.165	1.026.134	565.388	161.436	271.032	511.961
74	2.661.972	1.391.500	1.039.346	572.362	171.911	275.162	526.656
75	2.675.818	1.409.632	1.054.329	560.283	167.662	267.435	514.589
76	2.631.263	1.371.061	1.045.583	564.792	169.627	255.775	504.889
77	2.668.374	1.406.237	1.035.880	576.501	169.015	267.348	515.934
78	2.648.946	1.373.578	1.034.694	569.308	173.882	261.124	514.506
79	2.660.616	1.402.168	1.041.457	591.241	174.410	268.858	522.770
80	2.663.656	1.409.823	1.046.699	562.688	164.673	273.328	517.486
81	2.674.676	1.389.097	1.039.502	572.802	162.046	264.880	506.340
82	2.644.504	1.377.845	1.049.304	534.841	165.710	266.401	511.687
83	2.650.249	1.368.457	1.043.110	558.111	169.894	271.467	520.934
84	2.656.636	1.412.208	1.040.009	568.216	163.329	261.373	504.272
85	2.656.231	1.368.123	1.045.654	568.905	166.176	273.841	519.586
86	2.666.516	1.382.664	1.042.163	553.869	169.030	263.300	511.914

87	2.636.274	1.403.091	1.030.247	577.050	172.626	268.203	520.226
88	2.656.883	1.361.442	1.039.558	535.747	171.495	259.236	510.217
89	2.686.613	1.402.130	1.041.334	581.644	166.865	264.274	510.712
90	2.655.120	1.389.575	1.036.170	545.641	165.658	262.365	507.512
91	2.653.169	1.402.813	1.042.252	590.040	169.113	275.223	523.828
92	2.677.642	1.334.914	1.035.266	569.326	161.826	273.744	515.070
93	2.684.538	1.367.566	1.037.527	581.374	173.662	266.342	519.576
94	2.653.260	1.400.092	1.051.065	557.456	168.431	271.933	519.773
95	2.660.295	1.413.729	1.025.677	566.234	165.388	260.544	505.509
96	2.655.239	1.411.923	1.034.338	574.326	170.241	266.806	516.875
97	2.637.133	1.397.705	1.040.353	569.404	173.649	255.769	509.002
98	2.663.965	1.390.247	1.040.924	581.557	170.788	276.533	526.816
99	2.640.610	1.390.011	1.033.392	544.609	167.913	268.929	516.254
100	2.658.915	1.394.505	1.028.278	558.789	164.322	271.212	515.026

Tabla 8-10: Simulación 2023 disponibilidad 62%. Flota 12 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.182.830	310.067	1.834.833	69.470	-	370.599	370.666
2	2.195.787	306.015	1.845.859	79.880	-	359.661	359.847
3	2.191.438	325.220	1.837.638	67.710	-	378.404	378.494
4	2.177.207	317.822	1.838.838	77.870	-	362.151	362.156
5	2.192.094	303.989	1.843.693	70.148	-	343.823	343.836
6	2.185.377	306.665	1.837.660	76.176	-	355.959	356.221
7	2.203.097	335.480	1.846.134	65.731	-	365.632	365.963
8	2.170.810	295.898	1.836.339	67.654	-	369.326	369.332
9	2.181.539	277.749	1.834.604	63.611	-	353.964	353.968
10	2.188.971	309.642	1.837.317	67.663	-	354.542	354.622
11	2.182.135	291.165	1.832.064	65.637	-	358.285	358.456
12	2.175.955	294.944	1.841.176	79.431	-	343.883	343.871
13	2.191.857	273.447	1.838.931	65.742	-	364.643	364.632
14	2.191.372	315.049	1.846.529	66.482	-	351.885	351.976
15	2.185.564	305.224	1.835.128	74.977	-	362.860	363.117
16	2.194.618	296.812	1.842.502	65.379	-	365.505	365.586
17	2.197.613	310.308	1.841.739	66.467	-	342.209	342.193
18	2.197.593	331.450	1.832.944	80.265	-	364.232	364.222
19	2.204.669	317.474	1.843.976	79.603	-	360.270	360.349
20	2.179.961	293.580	1.832.573	79.054	-	346.698	346.782
21	2.183.398	300.891	1.836.949	76.884	-	359.519	359.687
22	2.193.978	310.877	1.838.287	79.991	-	351.697	351.869
23	2.188.665	298.635	1.842.942	65.796	-	364.686	364.607
24	2.186.268	311.722	1.837.375	68.176	-	365.870	365.964
25	2.180.621	297.182	1.843.862	62.551	-	373.118	372.861
26	2.192.082	302.215	1.842.905	66.550	-	352.370	352.364
27	2.193.209	312.009	1.836.440	80.093	-	362.168	362.165
28	2.187.406	329.818	1.842.697	75.373	-	354.661	354.832
29	2.205.547	305.460	1.850.173	69.342	-	353.038	352.783
30	2.185.651	327.042	1.829.622	77.849	-	364.603	364.687
31	2.191.645	321.991	1.844.145	67.969	-	343.265	343.361
32	2.175.218	302.762	1.839.219	65.340	-	362.150	362.144
33	2.191.791	290.816	1.839.059	69.471	-	364.687	364.864
34	2.190.948	323.620	1.853.584	79.943	-	365.142	365.143
35	2.183.681	283.724	1.838.980	63.942	-	348.180	348.264
36	2.197.409	330.901	1.844.593	77.062	-	358.785	358.872
37	2.187.053	302.791	1.846.269	66.668	-	361.248	361.412
38	2.184.062	336.843	1.844.311	102.073	-	360.780	360.869
39	2.200.675	289.999	1.843.212	68.320	-	353.903	353.912
40	2.202.670	302.269	1.835.281	70.605	-	354.995	355.163
41	2.179.949	328.749	1.841.942	68.241	-	350.472	350.479
42	2.186.243	290.830	1.842.096	69.950	-	353.962	353.872

43	2.177.522	291.614	1.835.191	65.476	-	377.403	377.409
44	2.196.634	311.379	1.848.612	65.349	-	344.308	344.405
45	2.189.415	310.160	1.843.741	72.837	-	362.470	362.474
46	2.178.428	322.553	1.846.625	63.187	-	353.817	353.904
47	2.170.650	308.972	1.831.748	67.192	-	346.009	346.091
48	2.187.963	304.091	1.832.123	64.263	-	346.175	346.263
49	2.196.982	297.521	1.850.828	67.389	-	351.290	351.463
50	2.181.388	280.681	1.845.705	65.268	-	349.038	349.039
51	2.180.222	312.786	1.843.587	55.629	-	351.168	351.075
52	2.176.779	278.733	1.836.187	65.682	-	364.939	364.950
53	2.191.457	314.953	1.849.407	69.875	-	342.053	342.126
54	2.172.042	302.915	1.827.490	86.788	-	355.464	355.467
55	2.182.827	296.037	1.836.017	66.308	-	363.795	363.958
56	2.172.566	297.168	1.832.026	63.866	-	356.094	356.177
57	2.188.509	307.107	1.838.213	74.540	-	377.484	377.567
58	2.189.347	292.942	1.843.428	65.684	-	356.960	356.952
59	2.193.738	314.842	1.836.795	97.860	-	355.534	355.620
60	2.178.881	306.034	1.826.873	70.299	-	363.190	363.197
61	2.195.819	310.288	1.841.480	76.509	-	347.925	348.101
62	2.172.759	303.834	1.831.634	67.754	-	347.759	347.937
63	2.186.526	329.666	1.839.530	77.404	-	350.530	350.699
64	2.190.911	271.271	1.834.125	67.057	-	370.120	370.210
65	2.177.130	265.796	1.829.534	65.353	-	363.266	363.518
66	2.180.035	308.409	1.834.761	90.406	-	358.789	358.958
67	2.181.511	320.261	1.840.564	68.753	-	359.215	359.298
68	2.186.784	291.094	1.836.792	66.382	-	360.503	360.590
69	2.185.179	295.060	1.841.429	67.734	-	365.990	366.156
70	2.199.039	305.408	1.850.482	69.122	-	353.262	353.263
71	2.186.656	289.185	1.844.637	62.709	-	355.676	355.680
72	2.187.002	308.010	1.846.439	75.850	-	360.536	360.549
73	2.186.351	280.433	1.842.799	66.974	-	371.532	371.604
74	2.202.541	323.621	1.848.102	67.444	-	330.050	330.045
75	2.183.114	315.186	1.841.831	79.267	-	361.549	361.635
76	2.177.109	281.617	1.831.746	67.573	-	356.480	356.571
77	2.186.789	297.646	1.847.119	60.461	-	365.981	365.988
78	2.179.452	291.792	1.843.230	69.136	-	339.341	339.411
79	2.191.180	293.338	1.841.083	65.348	-	369.732	369.883
80	2.202.439	333.034	1.840.537	69.377	-	348.132	348.308
81	2.208.843	315.532	1.850.781	74.871	-	347.336	347.583
82	2.188.795	333.840	1.841.222	80.195	-	359.636	359.635
83	2.189.268	281.502	1.844.535	62.656	-	368.285	368.296
84	2.197.766	325.702	1.849.243	77.614	-	356.613	356.620
85	2.192.438	308.351	1.841.272	80.611	-	361.325	361.335
86	2.200.016	327.439	1.839.497	68.620	-	368.283	368.188
87	2.183.471	291.676	1.852.686	67.401	-	355.712	355.894
88	2.200.174	303.357	1.851.845	81.712	-	360.378	360.465

89	2.184.799	283.468	1.835.670	64.771	-	369.577	369.578
90	2.194.911	317.351	1.847.305	63.794	-	356.679	356.679
91	2.186.584	286.961	1.841.934	67.774	-	353.503	353.669
92	2.209.261	319.047	1.836.974	78.140	-	366.707	366.704
93	2.192.895	327.156	1.848.364	78.926	-	349.363	349.371
94	2.197.879	314.516	1.839.345	71.625	-	363.405	363.656
95	2.186.211	261.532	1.833.812	73.445	-	347.749	347.834
96	2.162.355	306.424	1.830.006	78.258	-	367.469	367.216
97	2.190.389	263.788	1.834.129	67.563	-	341.704	341.783
98	2.198.087	295.350	1.840.113	80.563	-	354.720	354.797
99	2.203.146	322.647	1.846.316	63.724	-	361.855	361.941
100	2.195.808	295.929	1.840.701	66.195	-	370.493	370.496

Tabla 8-11: Simulación 2022 disponibilidad 70%. Flota 12 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.948.391	1.736.963	1.144.866	707.442	179.414	270.686	529.016
2	2.974.531	1.820.166	1.158.183	732.433	181.225	266.277	526.992
3	2.958.908	1.821.788	1.147.356	729.415	180.539	275.510	535.885
4	2.969.568	1.807.301	1.157.709	730.157	181.307	269.603	529.722
5	2.963.637	1.827.287	1.156.315	727.938	180.120	276.580	536.190
6	2.963.583	1.827.809	1.153.014	721.718	180.935	274.303	535.071
7	2.955.424	1.805.694	1.138.261	716.794	181.430	269.928	530.669
8	2.946.841	1.837.788	1.152.956	712.380	180.269	266.518	525.083
9	2.967.898	1.825.561	1.144.086	728.043	178.624	277.212	535.498
10	2.934.581	1.795.933	1.143.275	716.131	178.996	270.949	529.772
11	2.951.543	1.793.429	1.147.536	701.568	181.131	268.083	528.780
12	2.965.521	1.827.195	1.154.306	726.539	181.329	273.206	533.597
13	2.964.498	1.807.740	1.146.652	723.111	179.208	274.512	533.382
14	2.940.214	1.792.056	1.143.010	714.710	180.331	271.789	531.777
15	2.964.072	1.806.962	1.139.332	720.895	180.707	274.536	534.984
16	2.945.169	1.802.408	1.149.736	716.616	178.316	267.151	525.044
17	2.935.168	1.796.447	1.153.188	722.719	179.103	273.685	532.614
18	2.945.789	1.795.678	1.147.538	726.348	180.187	266.012	524.753
19	2.967.312	1.812.304	1.144.620	711.557	180.545	273.084	533.202
20	2.934.464	1.783.449	1.148.289	702.258	178.555	270.301	528.684
21	2.951.970	1.806.974	1.141.915	717.635	180.135	273.218	532.580
22	2.971.206	1.805.915	1.146.744	721.622	181.905	277.002	538.653
23	2.970.614	1.819.091	1.138.566	715.734	181.698	268.444	529.632
24	2.959.809	1.777.089	1.148.630	708.938	180.346	269.220	529.402
25	2.951.152	1.817.075	1.144.166	720.442	179.010	270.318	528.991
26	2.950.213	1.818.615	1.149.330	714.594	179.641	267.214	526.511
27	2.966.104	1.825.157	1.136.688	718.073	180.690	269.103	529.540
28	2.953.668	1.818.862	1.150.425	713.419	179.088	268.383	527.129
29	2.946.749	1.798.258	1.152.679	717.888	178.094	268.204	525.958
30	2.944.401	1.796.522	1.144.522	708.876	179.976	264.854	524.403
31	2.946.898	1.800.977	1.146.251	698.329	182.069	267.512	528.048
32	2.959.630	1.778.785	1.151.934	715.614	181.082	272.753	533.327
33	2.965.992	1.833.143	1.153.076	714.103	181.001	271.475	530.792
34	2.972.813	1.797.849	1.146.251	726.842	181.953	271.805	532.155
35	2.958.120	1.800.071	1.162.924	720.117	179.760	268.879	528.124
36	2.945.469	1.815.773	1.157.170	721.885	178.298	267.828	525.613
37	2.967.241	1.817.065	1.143.165	728.240	182.366	265.235	527.088
38	2.947.096	1.824.543	1.140.529	719.255	179.089	271.057	530.146
39	2.971.618	1.829.486	1.155.578	717.979	180.844	266.804	527.050
40	2.962.723	1.814.910	1.143.201	709.391	179.968	274.283	533.912
41	2.965.320	1.806.654	1.138.370	710.073	180.763	263.632	523.973
42	2.957.299	1.817.102	1.154.980	730.143	180.556	276.692	537.075

43	2.964.095	1.819.590	1.143.597	721.797	179.267	269.083	528.098
44	2.963.653	1.824.394	1.138.284	730.013	181.413	270.907	531.895
45	2.940.054	1.816.182	1.146.980	715.818	179.447	270.555	529.407
46	2.959.968	1.819.720	1.156.820	729.228	180.888	268.636	529.102
47	2.938.556	1.818.516	1.152.856	723.467	179.315	270.044	529.359
48	2.964.454	1.801.511	1.146.673	715.852	181.314	272.226	532.771
49	2.954.655	1.788.564	1.152.504	711.958	181.214	270.611	529.698
50	2.947.101	1.810.071	1.143.852	708.383	179.195	271.670	530.010
51	2.975.919	1.841.993	1.135.081	717.649	181.638	270.722	532.190
52	2.954.206	1.821.241	1.145.342	703.094	179.991	263.046	522.860
53	2.951.163	1.803.573	1.148.282	718.063	179.722	265.951	522.861
54	2.975.580	1.803.274	1.143.322	724.709	180.237	274.962	535.024
55	2.949.602	1.819.446	1.144.511	710.753	181.091	264.304	524.446
56	2.951.793	1.803.767	1.145.830	716.567	181.886	278.857	540.571
57	2.964.959	1.788.250	1.140.129	715.060	178.845	267.334	525.661
58	2.954.731	1.821.317	1.144.543	705.826	180.562	275.876	535.848
59	2.965.502	1.819.196	1.146.225	729.755	181.122	268.595	528.248
60	2.957.975	1.788.465	1.145.102	709.751	180.703	268.063	528.088
61	2.958.365	1.798.162	1.152.444	717.044	180.676	265.519	526.022
62	2.967.785	1.801.845	1.150.102	723.624	180.679	268.195	528.449
63	2.960.308	1.790.599	1.135.816	722.992	179.754	267.467	526.632
64	2.946.545	1.829.668	1.140.854	715.031	180.729	271.483	531.348
65	2.975.241	1.806.337	1.147.936	731.514	178.797	273.897	532.188
66	2.948.367	1.806.064	1.146.759	713.696	179.125	272.987	531.002
67	2.952.481	1.779.137	1.148.536	715.280	179.424	268.860	528.022
68	2.979.175	1.797.110	1.130.114	701.910	182.110	267.846	528.254
69	2.964.656	1.780.927	1.134.726	708.537	179.190	277.158	535.839
70	2.962.769	1.779.801	1.140.491	717.902	179.630	272.988	532.034
71	2.964.104	1.770.368	1.138.504	700.871	180.546	270.693	530.734
72	2.917.153	1.775.821	1.142.572	717.044	180.144	269.108	528.737
73	2.953.359	1.811.593	1.145.661	721.208	179.344	269.944	528.861
74	2.951.794	1.763.817	1.149.850	702.245	178.259	270.982	529.065
75	2.954.918	1.799.748	1.133.530	706.254	180.153	278.332	538.314
76	2.956.997	1.759.649	1.137.555	702.160	180.105	269.447	529.380
77	2.967.413	1.824.491	1.157.577	732.056	181.818	267.770	528.829
78	2.962.491	1.796.789	1.133.564	717.381	180.104	270.983	530.666
79	2.966.254	1.791.614	1.148.653	715.774	178.961	264.773	522.369
80	2.921.175	1.823.149	1.155.673	721.463	179.013	270.442	528.772
81	2.963.374	1.781.610	1.152.402	714.706	180.485	275.677	535.568
82	2.961.945	1.799.333	1.146.079	723.338	182.754	265.595	528.178
83	2.973.102	1.794.851	1.133.918	712.051	180.267	280.504	540.170
84	2.968.097	1.790.531	1.149.703	731.141	179.726	271.106	530.488
85	2.957.373	1.795.942	1.139.103	719.451	179.024	275.864	533.280
86	2.977.669	1.789.704	1.141.420	708.819	180.599	276.143	536.315
87	2.943.340	1.784.053	1.150.130	720.719	179.438	267.932	526.778
88	2.958.116	1.812.668	1.138.383	716.688	179.642	268.213	527.431

89	2.935.822	1.804.608	1.143.669	728.079	179.782	266.769	526.039
90	2.960.710	1.803.951	1.141.831	714.816	180.732	271.862	532.083
91	2.965.332	1.779.015	1.142.165	716.536	181.926	268.422	529.755
92	2.965.299	1.822.966	1.160.063	722.400	181.084	267.866	528.773
93	2.957.621	1.809.546	1.140.977	720.572	180.522	273.474	533.741
94	2.952.599	1.771.176	1.149.024	719.250	177.940	275.969	533.827
95	2.943.230	1.760.579	1.142.047	695.710	181.162	268.034	528.594
96	2.942.435	1.754.710	1.132.226	698.861	179.740	265.354	524.495
97	2.965.988	1.782.235	1.147.158	721.536	181.239	272.655	533.636
98	2.957.806	1.810.990	1.139.043	721.735	178.963	267.925	526.365
99	2.969.993	1.823.798	1.156.834	715.524	181.067	272.716	523.405
100	2.959.938	1.800.992	1.148.838	714.731	180.113	265.175	524.685

Tabla 8-12: Simulación 2023 disponibilidad 70%. Flota 12 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.409.763	851.589	1.976.296	348.101	-	337.039	337.693
2	2.392.197	859.596	1.983.362	358.102	-	342.196	340.247
3	2.364.291	852.772	1.965.825	341.880	-	350.111	348.820
4	2.397.490	852.991	1.987.210	340.325	-	335.678	336.105
5	2.372.840	849.738	1.985.112	350.047	-	357.054	356.799
6	2.364.831	850.311	1.972.398	348.989	-	349.700	349.610
7	2.373.533	861.596	1.977.733	355.936	-	368.565	368.657
8	2.381.695	856.660	1.967.518	340.656	-	357.573	358.505
9	2.391.036	859.442	1.988.621	348.746	-	347.447	347.618
10	2.402.046	844.086	1.972.034	336.019	-	351.278	350.089
11	2.396.649	864.162	1.965.190	351.242	-	347.705	347.969
12	2.388.945	848.115	1.978.502	337.324	-	346.465	347.061
13	2.362.286	840.575	1.969.197	336.147	-	367.209	367.205
14	2.389.499	840.224	1.982.727	347.526	-	343.585	343.758
15	2.393.651	838.904	1.981.751	341.176	-	351.778	351.781
16	2.396.581	846.977	1.965.027	338.675	-	352.858	352.845
17	2.400.617	864.788	1.988.138	349.288	-	346.767	346.428
18	2.391.556	851.638	1.984.330	340.135	-	345.386	346.232
19	2.386.217	853.699	1.968.952	348.713	-	348.301	348.553
20	2.377.322	840.095	1.983.786	342.956	-	348.359	346.413
21	2.395.829	854.107	1.970.304	346.120	-	358.557	358.991
22	2.396.990	853.872	1.962.450	355.617	-	355.538	355.021
23	2.393.880	850.646	1.972.334	337.540	-	359.412	359.493
24	2.378.672	832.193	1.975.387	346.776	-	335.407	335.055
25	2.392.330	849.942	1.971.704	338.161	-	338.249	338.159
26	2.401.536	856.403	1.974.002	345.345	-	336.025	335.946
27	2.363.111	850.152	1.968.299	351.746	-	347.679	347.162
28	2.385.010	849.235	1.966.939	345.838	-	351.776	351.947
29	2.374.422	848.842	1.980.627	346.557	-	351.525	351.694
30	2.366.682	845.081	1.963.188	346.797	-	353.849	354.015
31	2.391.487	855.402	1.959.510	337.519	-	362.697	363.722
32	2.397.585	818.270	1.987.478	339.310	-	349.103	349.194
33	2.387.894	861.801	1.968.768	357.054	-	342.124	343.464
34	2.379.989	841.512	1.977.808	339.114	-	334.733	335.998
35	2.373.850	865.300	1.976.298	340.997	-	349.059	349.400
36	2.377.352	847.167	1.983.461	342.291	-	354.342	353.493
37	2.395.043	859.774	1.977.561	343.786	-	359.292	359.375
38	2.381.731	852.641	1.985.800	347.940	-	340.652	339.134
39	2.394.824	835.622	1.987.301	325.087	-	338.647	338.822
40	2.367.839	851.578	1.954.682	325.554	-	386.529	386.442
41	2.378.405	851.743	1.964.440	349.185	-	336.472	336.728
42	2.371.197	851.783	1.977.125	326.408	-	348.197	347.854

43	2.383.460	851.873	1.976.328	342.795	-	359.094	358.925
44	2.381.036	843.377	1.971.849	338.191	-	349.420	349.678
45	2.396.053	856.675	1.977.845	346.658	-	340.359	340.612
46	2.397.292	856.855	1.966.923	348.314	-	361.069	359.959
47	2.405.464	866.699	1.968.322	344.820	-	350.328	350.156
48	2.392.796	843.230	1.968.125	343.405	-	340.027	340.372
49	2.379.112	836.475	1.992.215	344.081	-	344.812	346.512
50	2.383.301	859.646	1.979.053	356.582	-	356.579	354.949
51	2.417.187	853.831	1.985.055	338.991	-	349.428	349.001
52	2.384.573	844.658	1.988.100	347.950	-	353.956	353.964
53	2.391.014	837.551	1.973.987	341.957	-	334.067	335.502
54	2.378.276	819.976	1.968.737	345.950	-	347.562	346.810
55	2.386.134	845.359	1.967.459	348.505	-	349.580	349.338
56	2.392.175	871.455	1.979.914	333.419	-	351.384	351.121
57	2.404.824	861.470	1.978.786	353.459	-	339.469	339.728
58	2.389.339	842.630	1.977.906	343.607	-	346.735	346.985
59	2.382.866	836.527	1.983.576	333.922	-	345.177	346.475
60	2.387.780	857.894	1.960.138	344.771	-	340.983	341.235
61	2.398.761	859.671	1.980.414	345.618	-	346.776	346.444
62	2.389.793	858.663	1.980.100	333.456	-	349.120	349.372
63	2.384.449	848.991	1.962.407	345.392	-	337.955	338.376
64	2.389.927	845.547	1.982.449	352.904	-	360.962	361.223
65	2.388.323	871.351	1.975.598	344.925	-	346.635	346.973
66	2.391.313	851.767	1.978.003	349.310	-	338.720	339.662
67	2.399.122	860.753	1.979.373	329.055	-	342.399	341.804
68	2.365.985	844.928	1.955.898	338.793	-	347.120	348.389
69	2.394.187	857.406	1.988.754	356.942	-	350.298	350.636
70	2.392.528	814.139	1.978.548	333.657	-	355.179	355.593
71	2.392.480	848.140	1.977.937	342.113	-	349.386	349.553
72	2.393.616	853.736	1.986.860	346.132	-	350.029	350.543
73	2.381.953	843.480	1.968.357	338.050	-	349.296	349.723
74	2.380.843	852.976	1.972.429	334.830	-	352.303	352.059
75	2.371.519	854.821	1.975.520	329.308	-	345.990	344.461
76	2.379.447	844.947	1.975.977	343.814	-	360.218	359.966
77	2.381.106	841.999	1.988.119	346.784	-	350.786	350.443
78	2.397.472	853.769	1.994.230	341.676	-	342.232	342.487
79	2.398.336	861.049	1.959.510	346.898	-	337.527	336.333
80	2.383.884	865.436	1.982.676	337.795	-	334.291	333.608
81	2.383.032	852.525	1.972.713	333.302	-	336.416	336.588
82	2.404.140	849.269	1.980.162	353.503	-	362.198	362.028
83	2.385.323	855.893	1.967.949	340.892	-	346.736	347.166
84	2.399.358	849.825	1.975.920	332.445	-	334.765	334.935
85	2.388.880	833.767	1.957.253	342.370	-	358.714	360.068
86	2.388.635	859.919	1.985.406	345.009	-	329.503	329.757
87	2.387.307	855.195	1.986.436	338.442	-	344.234	343.122
88	2.405.923	855.203	1.981.334	342.570	-	355.698	353.987

89	2.372.708	842.169	1.978.707	342.240	-	341.365	341.623
90	2.380.133	859.278	1.983.847	346.409	-	349.462	349.462
91	2.389.471	847.535	1.972.689	342.721	-	358.915	358.997
92	2.408.367	851.376	1.973.375	353.645	-	349.794	349.711
93	2.392.225	862.923	1.989.824	342.773	-	338.885	338.972
94	2.396.846	850.472	1.967.655	340.008	-	342.037	341.187
95	2.373.097	853.456	1.971.424	332.661	-	345.394	344.721
96	2.386.629	816.465	1.981.763	334.363	-	346.124	346.723
97	2.394.722	852.197	1.975.831	333.590	-	353.411	353.498
98	2.373.713	849.356	1.975.790	342.545	-	334.391	333.461
99	2.393.639	856.207	1.976.835	336.429	-	330.463	340.417
100	2.400.259	846.317	1.964.358	348.407	-	345.811	345.995

Tabla 8-13: Simulación 2022 disponibilidad 78,8%. Flota 12 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.354.433	2.087.599	1.315.016	814.840	202.051	302.438	394.803
2	3.352.965	2.092.062	1.307.549	824.301	206.906	300.503	396.776
3	3.352.362	2.077.867	1.315.831	827.080	202.220	303.093	399.348
4	3.347.126	2.102.699	1.299.344	816.024	204.324	297.357	395.563
5	3.343.089	2.084.551	1.321.058	823.418	200.205	304.749	393.591
6	3.371.056	2.085.372	1.309.753	815.384	204.478	300.962	390.110
7	3.335.513	2.079.750	1.318.743	831.813	202.824	304.813	394.550
8	3.341.698	2.080.743	1.308.939	822.827	202.970	300.341	408.554
9	3.349.579	2.071.640	1.304.790	822.822	203.590	299.383	406.453
10	3.344.542	2.064.891	1.310.291	819.294	201.519	302.748	403.423
11	3.348.670	2.084.619	1.304.514	809.812	202.862	299.719	391.190
12	3.350.817	2.082.109	1.307.062	826.757	203.761	299.378	391.991
13	3.364.256	2.095.195	1.318.330	814.822	204.703	303.114	386.055
14	3.338.655	2.086.103	1.307.305	821.788	205.104	299.285	402.800
15	3.344.656	2.070.531	1.307.895	824.043	201.596	300.779	404.198
16	3.352.224	2.079.194	1.311.384	828.425	202.731	301.320	394.921
17	3.354.843	2.080.809	1.310.630	818.932	202.303	301.500	402.325
18	3.357.708	2.085.072	1.300.034	835.977	202.915	298.368	388.908
19	3.340.564	2.068.290	1.310.192	823.814	202.169	302.501	410.193
20	3.353.248	2.082.555	1.306.724	823.947	202.963	299.735	395.997
21	3.353.644	2.095.776	1.312.741	830.407	203.791	301.379	398.139
22	3.356.102	2.079.109	1.305.773	820.396	200.907	299.943	400.216
23	3.340.143	2.079.851	1.310.113	838.184	204.724	300.882	407.196
24	3.346.819	2.091.996	1.322.093	830.024	203.971	304.550	387.246
25	3.334.446	2.077.898	1.326.108	821.242	203.922	306.439	395.382
26	3.364.786	2.083.438	1.301.568	820.277	203.145	298.369	395.003
27	3.336.895	2.067.157	1.307.722	826.757	204.296	300.340	406.726
28	3.362.727	2.093.629	1.303.583	817.747	205.200	300.184	402.974
29	3.370.149	2.088.708	1.296.964	812.676	203.949	297.780	394.942
30	3.341.889	2.073.683	1.309.909	824.787	203.791	300.232	395.777
31	3.338.834	2.049.846	1.302.074	822.571	202.370	299.783	402.188
32	3.350.984	2.088.634	1.304.739	822.053	203.874	300.909	398.356
33	3.336.227	2.079.968	1.305.109	815.486	204.878	299.822	403.156
34	3.340.022	2.074.695	1.306.686	825.356	202.695	300.605	389.496
35	3.340.404	2.083.382	1.321.256	826.538	203.992	302.483	402.405
36	3.330.912	2.069.476	1.314.347	824.714	203.222	301.779	411.863
37	3.342.503	2.065.791	1.310.010	821.797	203.190	301.351	407.077
38	3.319.947	2.077.364	1.310.844	831.416	203.506	302.328	407.473
39	3.354.550	2.087.978	1.301.531	808.448	204.156	299.946	393.328
40	3.336.729	2.069.512	1.316.765	824.001	203.014	304.335	390.307
41	3.322.437	2.069.875	1.314.203	819.098	202.106	303.732	402.846
42	3.346.210	2.075.375	1.309.581	808.562	203.607	299.656	394.419

43	3.350.304	2.088.151	1.313.296	821.284	204.582	302.504	390.849
44	3.350.464	2.092.134	1.304.864	812.465	205.741	299.386	407.905
45	3.354.357	2.077.429	1.316.530	833.343	203.217	302.246	404.525
46	3.364.171	2.101.740	1.304.311	820.168	204.073	300.337	388.866
47	3.341.935	2.066.850	1.304.794	825.213	203.879	300.861	393.484
48	3.355.460	2.090.726	1.314.056	827.989	202.536	303.296	401.637
49	3.373.701	2.090.239	1.312.030	824.085	205.970	301.253	391.244
50	3.331.987	2.079.580	1.314.365	825.680	199.747	302.400	391.733
51	3.352.794	2.079.472	1.309.477	827.129	203.690	300.732	396.778
52	3.342.924	2.084.994	1.307.944	818.035	202.646	300.298	399.430
53	3.350.179	2.077.151	1.306.518	822.943	202.783	299.054	402.703
54	3.327.697	2.068.111	1.303.917	827.405	202.252	301.599	402.051
55	3.368.191	2.091.871	1.304.401	813.994	202.625	300.066	393.069
56	3.358.533	2.086.403	1.311.503	820.474	204.323	301.396	398.432
57	3.351.385	2.079.027	1.315.778	826.886	204.865	302.930	393.002
58	3.340.894	2.078.097	1.315.938	819.049	202.806	303.040	395.799
59	3.334.339	2.073.724	1.303.338	803.449	202.833	300.358	423.953
60	3.322.351	2.070.645	1.309.263	824.927	204.164	300.575	398.329
61	3.348.918	2.080.573	1.304.688	821.132	203.048	298.841	390.781
62	3.353.058	2.079.855	1.303.137	821.803	201.908	299.201	406.309
63	3.375.853	2.109.640	1.316.033	839.099	205.737	302.111	399.595
64	3.358.048	2.098.342	1.326.724	818.801	202.586	304.599	397.490
65	3.328.557	2.074.153	1.309.263	839.354	201.634	300.320	396.650
66	3.333.272	2.084.429	1.309.918	834.136	203.694	303.112	401.949
67	3.367.293	2.090.052	1.310.520	828.366	202.042	301.836	388.988
68	3.341.113	2.086.154	1.308.156	817.624	204.184	302.389	394.391
69	3.342.534	2.076.154	1.304.726	820.336	202.529	301.268	398.154
70	3.336.213	2.084.860	1.320.603	820.684	203.061	304.365	392.248
71	3.358.601	2.080.379	1.313.862	817.776	202.896	302.025	390.953
72	3.340.758	2.075.564	1.302.652	823.426	204.512	300.575	413.687
73	3.344.932	2.091.052	1.319.635	818.547	203.597	302.039	399.253
74	3.329.201	2.066.208	1.308.978	838.402	202.775	301.546	395.749
75	3.351.081	2.077.598	1.308.878	823.277	203.372	300.580	399.200
76	3.327.282	2.077.415	1.314.721	817.704	201.808	302.796	399.333
77	3.360.271	2.078.974	1.300.691	819.979	203.458	298.795	390.976
78	3.359.451	2.078.697	1.305.179	813.355	204.718	299.128	395.608
79	3.337.269	2.075.259	1.304.254	830.743	203.462	301.452	414.273
80	3.356.548	2.083.064	1.307.157	823.357	205.149	299.667	403.603
81	3.348.627	2.087.590	1.321.921	828.139	205.120	304.401	390.995
82	3.361.757	2.087.360	1.311.551	839.099	205.134	302.141	397.273
83	3.350.308	2.095.198	1.302.509	815.879	204.475	300.771	403.189
84	3.354.004	2.085.453	1.300.959	819.296	205.042	299.284	410.025
85	3.334.595	2.064.143	1.295.205	812.422	202.397	298.292	402.387
86	3.360.582	2.088.002	1.302.028	814.511	205.963	300.744	402.826
87	3.340.196	2.070.989	1.309.406	825.540	203.303	301.491	402.408
88	3.354.119	2.096.496	1.317.583	825.132	202.786	303.505	392.442

89	3.364.423	2.087.094	1.312.731	812.319	204.068	301.980	401.839
90	3.331.318	2.056.519	1.304.014	806.986	202.089	300.067	391.405
91	3.347.936	2.069.668	1.311.072	812.470	202.256	300.822	410.255
92	3.337.149	2.068.720	1.314.540	817.398	204.522	301.896	404.558
93	3.333.782	2.066.907	1.307.796	824.218	203.978	301.052	410.165
94	3.351.402	2.070.323	1.299.552	826.052	204.415	298.877	409.498
95	3.331.990	2.079.896	1.316.320	818.396	204.865	302.493	394.530
96	3.355.798	2.087.003	1.297.021	817.332	202.378	298.559	406.930
97	3.371.352	2.099.046	1.307.778	817.296	205.799	302.020	394.479
98	3.336.698	2.095.528	1.312.479	830.024	206.211	301.907	402.093
99	3.336.364	2.087.707	1.304.960	823.497	203.479	299.841	396.477
100	3.342.065	2.073.286	1.313.293	822.581	202.859	302.363	394.492

Tabla 8-14: Simulación 2023 disponibilidad 78,8%. Flota 12 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.673.818	983.027	2.226.476	392.350	-	366.433	420.278
2	2.671.967	980.299	2.228.803	406.809	-	368.823	437.446
3	2.682.915	978.593	2.217.733	400.464	-	365.460	441.437
4	2.678.877	975.949	2.225.386	398.813	-	367.714	429.963
5	2.673.873	974.185	2.223.066	396.059	-	365.798	422.877
6	2.655.566	974.427	2.212.258	391.067	-	364.069	442.162
7	2.683.921	973.223	2.223.931	396.346	-	365.445	417.696
8	2.671.468	983.568	2.230.138	398.303	-	368.548	413.842
9	2.681.579	971.431	2.198.996	402.270	-	363.267	432.618
10	2.669.859	970.199	2.214.022	403.780	-	365.892	425.384
11	2.676.929	977.255	2.209.315	401.379	-	366.513	428.993
12	2.683.061	971.751	2.212.026	396.619	-	364.774	449.752
13	2.660.706	966.824	2.219.857	387.267	-	365.800	441.352
14	2.683.716	989.941	2.228.688	392.763	-	369.078	437.651
15	2.665.960	975.027	2.210.452	393.448	-	363.741	428.603
16	2.671.395	982.198	2.227.129	401.213	-	367.729	414.581
17	2.675.663	971.255	2.211.577	396.184	-	365.615	435.185
18	2.682.106	976.241	2.209.362	405.660	-	364.420	407.294
19	2.667.880	979.526	2.230.865	399.673	-	366.781	428.610
20	2.667.391	976.486	2.229.112	403.288	-	366.649	425.186
21	2.685.496	980.644	2.205.700	400.621	-	363.889	428.787
22	2.686.035	975.934	2.211.413	397.032	-	364.084	420.731
23	2.654.758	963.224	2.217.992	392.579	-	364.492	433.491
24	2.670.334	972.760	2.203.887	396.307	-	362.817	432.591
25	2.694.379	978.370	2.209.231	401.727	-	363.837	399.622
26	2.691.605	976.578	2.221.918	405.611	-	367.698	422.254
27	2.681.935	977.612	2.209.038	405.391	-	363.490	426.548
28	2.662.303	976.711	2.220.045	395.481	-	365.751	420.657
29	2.672.760	975.397	2.218.677	392.991	-	366.513	435.096
30	2.684.207	977.294	2.224.610	399.469	-	367.840	434.885
31	2.685.395	982.022	2.222.623	394.395	-	366.014	418.880
32	2.656.928	969.730	2.224.246	402.071	-	366.266	429.271
33	2.671.817	976.994	2.225.047	397.759	-	365.964	422.334
34	2.693.278	977.072	2.227.103	395.139	-	366.781	405.791
35	2.666.428	968.154	2.220.574	402.278	-	365.012	452.772
36	2.672.058	979.718	2.243.214	402.417	-	368.639	420.123
37	2.685.570	977.438	2.221.367	393.401	-	367.006	433.301
38	2.678.336	975.861	2.234.394	406.094	-	367.909	416.455
39	2.670.731	977.213	2.220.924	400.046	-	365.038	420.271
40	2.682.725	977.102	2.214.073	396.202	-	366.563	416.855
41	2.670.585	966.356	2.210.324	398.496	-	365.072	414.086
42	2.672.025	972.025	2.220.211	404.683	-	366.832	426.072

43	2.675.015	978.036	2.210.210	406.651	-	364.925	450.160
44	2.697.894	978.294	2.235.426	405.940	-	368.102	411.332
45	2.683.047	982.835	2.221.562	396.624	-	364.848	412.118
46	2.661.109	970.761	2.218.672	393.378	-	366.142	442.858
47	2.680.951	978.389	2.227.828	401.828	-	366.639	418.434
48	2.672.565	971.426	2.213.307	402.172	-	365.351	438.395
49	2.672.340	971.514	2.244.817	396.929	-	369.015	408.001
50	2.655.054	971.431	2.221.300	398.689	-	366.403	444.687
51	2.688.550	972.639	2.209.012	412.789	-	364.412	425.023
52	2.676.216	974.073	2.208.124	400.584	-	364.686	431.424
53	2.687.538	978.852	2.210.334	396.414	-	362.864	439.586
54	2.681.605	985.652	2.219.227	390.878	-	366.443	423.110
55	2.687.377	974.666	2.234.746	405.495	-	368.707	401.432
56	2.678.961	979.742	2.233.679	409.002	-	368.725	448.631
57	2.685.784	970.182	2.211.058	397.337	-	363.893	449.183
58	2.668.447	970.761	2.226.659	395.225	-	367.066	428.159
59	2.669.765	973.620	2.209.498	396.876	-	363.712	434.815
60	2.666.176	962.361	2.206.200	393.965	-	364.734	428.349
61	2.648.691	970.153	2.215.205	398.130	-	364.255	427.680
62	2.676.874	976.991	2.215.899	393.275	-	364.963	402.253
63	2.681.214	970.471	2.226.404	397.494	-	366.710	426.016
64	2.684.617	979.003	2.218.956	400.146	-	366.720	428.912
65	2.669.697	969.152	2.222.200	396.946	-	366.625	422.665
66	2.657.542	973.887	2.220.433	390.532	-	366.787	429.058
67	2.670.380	964.473	2.216.000	393.589	-	364.308	438.984
68	2.686.001	977.623	2.229.276	400.012	-	367.790	398.391
69	2.672.786	973.998	2.234.843	397.980	-	368.051	430.602
70	2.667.481	968.299	2.233.940	401.724	-	367.553	425.177
71	2.656.714	962.134	2.225.478	398.136	-	365.867	440.790
72	2.687.121	975.072	2.218.849	400.862	-	367.893	433.076
73	2.680.010	977.270	2.212.794	395.436	-	365.371	413.870
74	2.667.369	969.519	2.223.931	400.972	-	367.701	442.363
75	2.683.332	972.903	2.216.627	388.531	-	364.911	417.770
76	2.667.598	974.011	2.232.856	398.638	-	366.972	424.110
77	2.673.002	971.051	2.215.917	396.689	-	365.082	425.583
78	2.668.658	969.185	2.222.403	397.625	-	366.566	422.451
79	2.663.001	976.181	2.214.036	404.982	-	364.614	425.847
80	2.683.096	974.448	2.227.377	401.571	-	366.998	418.505
81	2.693.312	976.055	2.203.254	405.124	-	365.533	438.765
82	2.661.590	972.612	2.216.844	395.926	-	367.239	429.715
83	2.683.143	976.317	2.241.412	401.881	-	367.451	410.118
84	2.667.666	961.998	2.224.377	403.844	-	365.862	430.329
85	2.694.033	974.942	2.215.319	407.371	-	364.180	406.968
86	2.667.625	979.484	2.221.379	394.237	-	367.081	414.897
87	2.672.420	974.307	2.214.161	394.621	-	364.516	444.533
88	2.675.386	973.260	2.206.963	393.842	-	363.459	417.410

89	2.664.212	970.521	2.211.665	393.333	-	365.676	439.415
90	2.674.208	981.832	2.216.308	403.057	-	365.092	414.426
91	2.665.197	966.633	2.211.245	396.252	-	364.255	438.009
92	2.671.307	979.049	2.233.274	395.967	-	368.285	416.655
93	2.684.490	975.270	2.226.510	398.367	-	366.849	427.053
94	2.658.981	982.024	2.219.187	402.040	-	364.954	434.387
95	2.670.885	967.711	2.199.493	397.072	-	363.776	440.511
96	2.681.055	981.417	2.219.159	399.801	-	365.258	437.239
97	2.681.669	980.389	2.224.539	399.068	-	367.817	424.826
98	2.677.732	972.064	2.216.110	405.841	-	364.375	432.280
99	2.669.328	972.055	2.229.271	395.830	-	368.250	436.829
100	2.673.161	978.222	2.229.033	392.668	-	366.291	408.224

Tabla 8-15: Simulación 2022 disponibilidad 83%. Flota 12 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.516.464	2.211.975	1.374.935	863.226	220.039	316.705	388.107
2	3.534.619	2.189.241	1.374.341	877.454	214.265	316.849	389.405
3	3.524.760	2.196.410	1.368.020	873.782	215.772	317.311	389.072
4	3.520.724	2.190.049	1.378.332	864.804	214.799	316.315	388.394
5	3.499.896	2.194.699	1.378.585	885.562	218.118	316.903	388.278
6	3.515.856	2.214.523	1.381.580	860.296	217.905	318.045	387.392
7	3.498.825	2.181.916	1.369.747	869.862	216.934	317.033	387.818
8	3.487.996	2.197.709	1.373.927	871.347	221.733	317.830	387.231
9	3.519.617	2.199.026	1.376.987	865.764	219.149	317.861	387.623
10	3.510.405	2.191.449	1.385.067	878.995	217.583	318.585	387.815
11	3.518.725	2.191.942	1.372.436	880.965	218.948	315.951	387.614
12	3.516.255	2.187.602	1.363.503	872.594	218.930	315.578	387.667
13	3.503.846	2.204.940	1.374.039	875.651	217.693	316.917	387.686
14	3.514.256	2.204.625	1.374.620	877.665	221.288	317.269	387.764
15	3.524.533	2.198.096	1.369.103	881.588	218.597	315.109	387.790
16	3.522.979	2.192.885	1.364.097	860.385	215.546	315.942	389.534
17	3.502.389	2.202.840	1.378.134	869.603	218.968	315.763	388.180
18	3.543.138	2.194.319	1.377.656	862.277	217.382	318.989	388.177
19	3.523.596	2.209.134	1.365.958	853.139	219.838	315.219	386.745
20	3.531.988	2.201.576	1.370.314	868.825	219.671	317.134	387.497
21	3.497.937	2.190.503	1.369.466	881.016	216.153	316.535	387.513
22	3.532.648	2.212.859	1.371.090	867.584	220.261	317.544	387.502
23	3.527.465	2.191.498	1.374.148	882.280	227.463	316.482	387.202
24	3.510.610	2.191.026	1.374.120	870.953	221.242	319.020	388.084
25	3.496.374	2.198.053	1.375.163	868.524	217.565	317.638	387.541
26	3.529.888	2.212.453	1.387.003	890.087	222.000	319.245	387.210
27	3.499.812	2.193.903	1.373.046	869.709	216.552	316.552	387.276
28	3.507.784	2.180.956	1.374.826	873.159	217.516	317.706	388.286
29	3.526.472	2.204.761	1.365.604	873.547	220.163	316.457	387.082
30	3.505.617	2.179.346	1.380.922	867.720	215.412	319.937	386.191
31	3.499.860	2.186.261	1.373.321	871.841	217.298	318.822	386.009
32	3.530.609	2.201.371	1.367.589	867.200	216.381	316.900	387.805
33	3.513.582	2.218.559	1.372.834	875.929	220.421	316.750	387.425
34	3.499.766	2.191.612	1.378.096	870.500	219.172	317.045	387.696
35	3.508.291	2.192.154	1.379.406	873.780	218.762	319.099	388.267
36	3.507.299	2.209.223	1.378.588	880.331	218.957	317.511	388.367
37	3.512.856	2.187.369	1.378.135	871.387	216.158	318.197	386.972
38	3.504.228	2.190.436	1.383.328	881.738	215.743	320.945	389.147
39	3.536.180	2.196.574	1.373.623	887.934	215.892	320.015	388.550
40	3.494.923	2.199.853	1.379.729	876.618	216.764	318.877	389.407
41	3.535.687	2.190.032	1.373.894	882.366	217.184	318.773	387.446
42	3.513.423	2.195.709	1.380.814	876.998	218.839	316.942	387.464

43	3.522.814	2.208.078	1.382.695	880.732	219.918	318.796	387.097
44	3.519.413	2.196.740	1.371.790	880.424	218.042	317.140	387.934
45	3.509.743	2.185.725	1.380.566	875.166	214.834	316.889	388.349
46	3.520.043	2.207.103	1.373.514	866.053	216.886	316.612	388.007
47	3.513.243	2.184.336	1.370.976	854.139	219.153	314.827	387.213
48	3.506.613	2.198.545	1.381.316	884.151	217.704	318.734	386.081
49	3.520.689	2.218.939	1.375.558	869.619	221.736	319.154	387.507
50	3.495.497	2.178.096	1.379.609	877.110	215.857	320.612	387.119
51	3.507.948	2.200.132	1.370.126	873.584	219.205	317.507	388.557
52	3.509.763	2.196.949	1.375.495	869.228	218.189	316.807	388.516
53	3.515.032	2.178.404	1.368.488	857.901	214.939	314.975	388.948
54	3.501.983	2.191.649	1.368.385	871.167	218.454	314.712	388.433
55	3.526.119	2.200.557	1.372.704	870.625	219.502	319.263	388.625
56	3.513.274	2.202.673	1.371.433	885.972	218.279	318.729	388.590
57	3.518.016	2.214.310	1.379.204	871.244	220.000	318.712	389.357
58	3.511.070	2.204.125	1.386.276	883.991	220.152	319.698	388.147
59	3.518.651	2.185.090	1.359.670	850.566	217.536	313.613	387.041
60	3.525.615	2.178.102	1.354.044	866.646	215.915	312.828	386.579
61	3.512.468	2.194.250	1.366.492	858.858	216.279	315.105	387.738
62	3.514.476	2.226.874	1.370.494	868.785	218.260	316.506	387.605
63	3.505.328	2.187.140	1.369.409	867.785	217.219	314.723	387.581
64	3.532.141	2.192.358	1.369.723	860.044	218.643	315.820	387.138
65	3.530.104	2.194.266	1.377.347	868.601	216.676	319.606	387.462
66	3.506.142	2.179.404	1.382.395	877.936	215.283	322.079	388.105
67	3.543.566	2.207.023	1.377.465	849.333	221.499	315.698	387.647
68	3.535.224	2.219.835	1.372.986	878.097	222.689	316.534	386.953
69	3.516.067	2.193.371	1.376.883	872.549	217.964	317.287	387.328
70	3.502.176	2.194.257	1.365.838	870.730	221.828	317.603	387.993
71	3.506.242	2.198.652	1.375.047	875.336	220.270	318.377	387.109
72	3.518.163	2.202.313	1.384.948	878.802	215.525	319.874	386.754
73	3.513.731	2.200.224	1.374.282	875.114	218.068	317.314	388.085
74	3.519.847	2.183.898	1.361.916	882.601	218.275	315.442	386.961
75	3.500.610	2.197.595	1.366.539	868.107	217.419	315.455	386.226
76	3.506.579	2.193.902	1.371.883	866.579	217.098	316.015	387.097
77	3.526.394	2.187.515	1.373.381	875.815	217.201	318.560	387.634
78	3.506.105	2.202.325	1.369.827	854.766	216.989	318.250	387.439
79	3.506.384	2.189.586	1.364.414	876.100	217.309	313.986	387.950
80	3.518.483	2.205.312	1.376.208	883.012	218.826	318.724	387.645
81	3.509.599	2.212.920	1.365.537	859.690	218.535	314.595	386.454
82	3.535.085	2.209.062	1.371.805	863.330	216.512	315.241	388.210
83	3.507.973	2.230.758	1.374.267	866.494	223.932	318.206	389.172
84	3.520.675	2.207.024	1.360.679	862.242	216.899	315.456	387.649
85	3.513.406	2.213.114	1.374.290	876.464	219.139	319.037	387.858
86	3.514.779	2.205.457	1.381.616	872.505	220.617	318.600	388.251
87	3.510.155	2.205.172	1.373.894	869.378	219.526	318.688	387.995
88	3.516.286	2.187.994	1.379.494	865.861	219.554	318.866	387.790

89	3.499.953	2.189.462	1.375.526	881.341	218.609	317.623	388.661
90	3.511.926	2.180.834	1.370.182	875.505	217.093	315.875	387.624
91	3.518.916	2.214.801	1.384.771	881.719	218.469	322.181	386.661
92	3.515.400	2.210.838	1.370.502	872.148	220.419	316.506	387.661
93	3.493.865	2.198.406	1.394.716	887.744	217.370	320.630	389.615
94	3.500.528	2.209.510	1.380.439	873.783	221.951	318.421	386.547
95	3.517.033	2.198.600	1.368.301	869.639	219.343	315.251	388.099
96	3.521.070	2.202.109	1.372.841	865.885	219.980	316.742	389.422
97	3.528.657	2.206.435	1.376.924	876.205	220.810	317.551	387.589
98	3.493.334	2.199.698	1.375.904	864.707	215.398	318.539	388.531
99	3.521.754	2.192.644	1.376.256	869.539	218.254	320.786	388.026
100	3.523.522	2.215.709	1.364.853	880.750	222.124	315.463	388.077

Tabla 8-16: Simulación 2023 disponibilidad 83%. Flota 12 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.810.104	1.031.206	2.344.873	424.993	-	387.193	388.104
2	2.782.638	1.020.181	2.334.728	413.126	-	384.268	386.896
3	2.830.183	1.038.838	2.349.533	427.059	-	387.813	389.096
4	2.824.343	1.031.500	2.346.910	427.039	-	389.103	386.252
5	2.794.080	1.017.091	2.334.992	417.487	-	385.541	388.903
6	2.811.474	1.021.862	2.328.190	426.670	-	384.874	385.105
7	2.797.903	1.021.604	2.326.421	436.396	-	384.723	387.931
8	2.809.780	1.025.795	2.326.827	426.176	-	384.602	388.838
9	2.808.631	1.025.516	2.336.436	425.154	-	387.178	387.171
10	2.819.005	1.024.867	2.325.955	417.507	-	385.142	386.000
11	2.818.540	1.032.728	2.346.187	434.747	-	387.310	388.218
12	2.799.505	1.019.615	2.336.677	423.204	-	384.938	387.185
13	2.811.019	1.017.852	2.321.259	415.825	-	386.059	387.442
14	2.796.241	1.026.903	2.344.566	409.651	-	386.626	387.782
15	2.812.046	1.025.534	2.322.282	410.378	-	386.064	388.811
16	2.822.603	1.029.943	2.342.839	431.803	-	386.833	388.639
17	2.815.297	1.028.689	2.328.432	432.108	-	384.773	386.114
18	2.821.980	1.026.914	2.341.555	429.855	-	388.367	388.857
19	2.821.981	1.037.107	2.329.627	430.605	-	384.847	386.953
20	2.810.376	1.034.299	2.335.648	422.141	-	386.093	389.010
21	2.806.655	1.019.725	2.320.646	432.644	-	383.653	386.921
22	2.815.471	1.023.953	2.341.557	429.398	-	386.066	387.923
23	2.798.505	1.033.952	2.327.087	421.309	-	383.708	388.839
24	2.818.227	1.031.146	2.326.288	431.779	-	386.859	386.542
25	2.822.474	1.024.327	2.334.945	429.700	-	386.559	387.608
26	2.794.469	1.017.472	2.343.861	423.185	-	387.186	386.399
27	2.814.004	1.033.215	2.325.048	423.836	-	382.933	387.914
28	2.814.091	1.037.384	2.350.385	424.982	-	389.555	386.354
29	2.795.542	1.022.177	2.345.369	421.611	-	387.714	387.165
30	2.815.651	1.027.474	2.343.053	432.212	-	385.758	387.238
31	2.807.428	1.025.812	2.355.241	422.989	-	388.468	386.513
32	2.823.282	1.033.222	2.326.554	420.355	-	385.549	387.903
33	2.811.830	1.025.917	2.336.608	426.905	-	386.657	386.857
34	2.822.213	1.031.955	2.343.152	429.550	-	385.916	387.358
35	2.809.872	1.026.286	2.330.744	422.093	-	385.272	386.415
36	2.811.728	1.021.869	2.335.544	425.075	-	384.571	386.759
37	2.822.201	1.025.135	2.343.578	423.751	-	385.730	387.684
38	2.809.325	1.025.665	2.312.691	418.049	-	382.357	388.089
39	2.808.073	1.028.955	2.351.389	422.113	-	389.490	387.252
40	2.828.929	1.030.004	2.317.598	427.983	-	384.459	386.289
41	2.808.807	1.034.526	2.341.002	426.386	-	385.727	386.011
42	2.821.241	1.026.409	2.331.170	426.543	-	386.541	387.454

43	2.802.508	1.019.862	2.326.621	427.702	-	384.888	388.040
44	2.815.923	1.028.420	2.320.719	422.087	-	384.312	387.570
45	2.809.697	1.028.686	2.346.765	416.890	-	388.684	387.335
46	2.811.884	1.028.768	2.342.464	419.383	-	386.833	386.259
47	2.810.335	1.013.624	2.336.729	429.285	-	386.705	389.086
48	2.804.172	1.022.844	2.337.772	417.344	-	387.117	386.810
49	2.822.205	1.028.775	2.325.450	423.411	-	385.528	388.678
50	2.817.465	1.024.558	2.338.666	426.686	-	386.405	386.608
51	2.815.117	1.013.592	2.324.647	425.658	-	386.017	388.135
52	2.805.129	1.023.010	2.318.912	431.933	-	383.843	388.566
53	2.813.522	1.032.499	2.342.792	417.423	-	388.026	386.613
54	2.801.550	1.035.731	2.339.202	422.557	-	384.420	387.469
55	2.814.622	1.031.744	2.328.721	419.149	-	387.234	388.935
56	2.815.140	1.032.185	2.341.508	433.798	-	386.335	388.049
57	2.810.885	1.022.739	2.331.506	431.687	-	383.659	386.986
58	2.822.232	1.033.791	2.345.085	419.369	-	386.299	386.192
59	2.795.944	1.016.290	2.327.408	411.240	-	384.906	386.229
60	2.798.334	1.023.227	2.335.709	413.684	-	384.547	387.374
61	2.803.995	1.015.154	2.322.392	418.992	-	384.869	385.863
62	2.815.513	1.029.032	2.325.375	418.774	-	385.384	388.975
63	2.805.827	1.021.366	2.322.933	411.269	-	384.240	388.398
64	2.798.331	1.014.605	2.337.776	425.257	-	387.857	388.348
65	2.808.778	1.023.556	2.328.921	421.220	-	384.669	387.556
66	2.799.338	1.024.631	2.354.361	418.533	-	386.818	387.939
67	2.809.194	1.018.148	2.322.249	412.711	-	383.724	386.367
68	2.815.345	1.029.552	2.323.704	423.790	-	382.654	387.719
69	2.803.324	1.024.232	2.341.907	425.759	-	387.323	387.427
70	2.807.243	1.021.134	2.335.256	422.549	-	387.780	387.514
71	2.826.268	1.022.175	2.338.976	426.750	-	386.863	387.439
72	2.805.257	1.022.588	2.332.342	422.975	-	384.985	389.117
73	2.794.859	1.031.304	2.355.152	423.582	-	389.392	387.757
74	2.811.245	1.021.416	2.341.544	421.342	-	388.920	388.885
75	2.791.830	1.023.916	2.331.519	420.337	-	384.633	386.469
76	2.834.834	1.031.863	2.334.146	428.001	-	386.227	387.123
77	2.816.350	1.031.580	2.341.935	425.600	-	386.000	387.966
78	2.809.196	1.025.830	2.335.924	424.476	-	387.875	386.976
79	2.807.553	1.025.188	2.322.810	415.997	-	383.375	388.562
80	2.803.971	1.026.216	2.341.084	417.818	-	386.294	387.533
81	2.819.809	1.030.176	2.333.882	418.497	-	384.820	387.716
82	2.808.413	1.019.568	2.342.028	421.614	-	385.015	386.980
83	2.807.649	1.024.824	2.345.916	427.471	-	386.675	388.564
84	2.813.760	1.027.986	2.346.649	419.724	-	388.722	386.469
85	2.822.200	1.031.590	2.343.758	434.650	-	388.615	389.076
86	2.810.139	1.024.988	2.343.020	421.481	-	387.281	387.639
87	2.818.677	1.027.290	2.343.496	429.669	-	386.480	387.896
88	2.825.171	1.030.380	2.336.415	423.050	-	386.769	385.940

89	2.811.234	1.020.756	2.329.364	430.304	-	384.116	386.499
90	2.824.955	1.031.602	2.323.257	420.683	-	384.191	386.899
91	2.809.786	1.022.923	2.330.542	427.135	-	384.351	387.949
92	2.810.613	1.019.582	2.330.637	419.889	-	385.033	387.589
93	2.809.236	1.031.747	2.341.087	421.507	-	386.424	387.941
94	2.812.965	1.024.902	2.319.008	429.364	-	382.832	387.731
95	2.796.523	1.027.092	2.344.471	414.579	-	388.184	387.044
96	2.810.755	1.026.322	2.338.226	431.680	-	388.014	387.768
97	2.819.371	1.035.620	2.339.379	428.348	-	386.259	386.612
98	2.819.208	1.029.158	2.325.123	440.231	-	384.012	387.999
99	2.808.253	1.023.275	2.337.591	427.516	-	386.163	386.859
100	2.811.192	1.024.746	2.342.575	418.113	-	387.212	387.338

Tabla 8-17: Simulación 2022 disponibilidad 88%. Flota 12 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.682.259	2.338.351	1.444.900	912.590	247.076	333.795	388.172
2	3.683.598	2.339.520	1.440.258	909.429	254.385	333.656	389.290
3	3.675.915	2.340.421	1.454.621	930.642	244.253	337.812	389.849
4	3.689.128	2.358.500	1.446.387	928.150	249.939	337.288	386.597
5	3.680.962	2.329.302	1.445.237	930.815	241.564	334.474	386.234
6	3.693.623	2.309.251	1.431.896	921.753	245.444	334.451	387.823
7	3.690.369	2.342.781	1.448.578	930.467	244.943	335.970	389.939
8	3.685.879	2.354.229	1.443.128	915.540	247.904	334.569	387.744
9	3.686.611	2.323.831	1.436.078	916.451	252.456	334.747	387.936
10	3.678.918	2.322.959	1.440.908	929.602	248.069	335.612	387.688
11	3.677.858	2.325.490	1.438.147	926.763	244.345	336.119	387.565
12	3.687.276	2.325.616	1.440.315	922.984	250.424	333.906	388.693
13	3.706.108	2.332.346	1.442.588	910.747	249.933	332.931	386.514
14	3.681.656	2.324.641	1.439.445	916.310	244.854	333.627	388.301
15	3.695.624	2.347.779	1.428.844	929.073	254.486	334.461	387.492
16	3.689.830	2.297.659	1.450.213	913.135	243.507	339.117	387.819
17	3.676.589	2.309.653	1.445.731	916.652	248.419	335.218	387.788
18	3.697.027	2.327.092	1.431.584	924.189	247.565	334.200	386.418
19	3.672.496	2.310.037	1.460.736	922.098	254.194	338.632	387.456
20	3.669.649	2.313.775	1.442.744	930.972	250.405	335.022	388.246
21	3.688.843	2.340.149	1.452.126	919.697	247.004	335.425	388.253
22	3.687.981	2.339.019	1.454.091	913.531	251.086	336.495	388.299
23	3.681.796	2.317.149	1.447.325	915.980	244.613	336.428	387.071
24	3.712.623	2.321.984	1.435.190	950.756	241.224	337.263	387.016
25	3.689.558	2.328.505	1.444.000	926.740	248.564	338.362	386.623
26	3.680.469	2.321.669	1.441.399	914.361	250.990	334.956	389.198
27	3.691.950	2.321.812	1.445.340	928.349	236.073	335.620	389.411
28	3.687.215	2.334.485	1.448.282	924.830	249.694	337.658	388.905
29	3.703.148	2.329.188	1.439.777	919.646	251.999	335.227	387.216
30	3.668.217	2.334.596	1.451.099	920.917	246.379	335.918	388.706
31	3.689.838	2.336.555	1.443.284	908.306	251.447	334.544	388.007
32	3.692.591	2.331.736	1.450.435	920.331	254.725	337.097	385.826
33	3.704.441	2.313.174	1.434.493	936.216	243.466	334.391	388.339
34	3.675.500	2.319.624	1.457.304	923.033	250.743	337.066	387.366
35	3.685.678	2.346.647	1.450.139	920.275	253.389	337.286	389.285
36	3.697.065	2.343.162	1.439.980	929.729	255.458	333.721	386.829
37	3.693.012	2.325.255	1.434.447	930.302	246.055	334.626	388.184
38	3.678.874	2.342.248	1.451.328	919.471	247.419	336.870	387.095
39	3.685.388	2.337.408	1.440.230	910.201	249.372	333.132	388.965
40	3.683.366	2.347.023	1.446.399	916.355	248.557	333.985	387.380
41	3.670.256	2.321.869	1.444.684	917.835	251.761	333.850	386.660
42	3.677.473	2.337.384	1.448.888	923.520	251.047	335.537	388.202

43	3.693.039	2.331.399	1.436.055	929.623	245.992	334.154	387.530
44	3.702.990	2.344.421	1.437.349	917.132	245.097	334.595	388.376
45	3.712.235	2.331.149	1.438.412	930.130	252.611	335.237	387.149
46	3.684.427	2.308.310	1.429.496	915.290	245.100	333.565	389.390
47	3.679.158	2.304.227	1.446.858	918.677	241.570	333.643	386.303
48	3.680.746	2.321.258	1.445.557	919.160	254.506	335.850	385.342
49	3.697.642	2.322.240	1.440.736	899.468	246.097	334.542	388.183
50	3.687.349	2.310.195	1.443.365	920.862	248.358	334.807	388.402
51	3.674.297	2.326.911	1.440.075	907.888	248.228	333.798	388.122
52	3.687.529	2.327.483	1.439.025	922.778	245.903	335.558	387.102
53	3.710.040	2.330.175	1.439.465	908.796	250.795	336.315	387.727
54	3.702.299	2.333.639	1.433.492	923.114	253.707	332.989	386.873
55	3.680.812	2.308.193	1.454.378	914.077	244.323	336.055	388.576
56	3.681.400	2.301.048	1.438.851	928.577	244.683	333.395	388.773
57	3.688.573	2.340.228	1.442.805	916.164	249.798	335.108	386.573
58	3.689.701	2.319.203	1.440.303	914.364	244.880	334.113	387.790
59	3.698.379	2.329.596	1.441.835	919.344	247.062	338.341	389.299
60	3.689.527	2.323.812	1.441.168	930.904	249.540	334.562	385.446
61	3.707.566	2.312.212	1.435.984	930.302	242.557	335.667	387.636
62	3.706.712	2.318.117	1.425.040	925.618	252.899	332.928	387.864
63	3.674.818	2.305.065	1.443.733	919.250	248.764	335.234	386.528
64	3.704.961	2.337.610	1.441.605	920.211	249.269	333.724	385.639
65	3.701.062	2.356.550	1.442.594	930.302	251.914	338.501	386.616
66	3.678.572	2.301.905	1.456.582	914.039	251.103	339.996	386.943
67	3.707.134	2.333.839	1.434.624	923.174	247.812	336.113	387.932
68	3.678.265	2.332.058	1.451.875	919.143	246.802	333.818	388.420
69	3.679.726	2.307.986	1.455.973	934.138	250.455	337.264	387.562
70	3.689.629	2.334.137	1.441.923	911.716	247.721	335.641	388.667
71	3.692.530	2.329.884	1.444.679	930.302	244.961	337.400	388.784
72	3.702.488	2.351.635	1.440.679	908.132	248.580	333.414	388.061
73	3.678.758	2.345.471	1.450.733	918.872	248.113	338.801	387.162
74	3.673.969	2.335.846	1.451.467	924.415	247.682	337.465	386.807
75	3.690.573	2.353.248	1.452.728	926.328	246.947	338.246	388.442
76	3.675.141	2.326.136	1.436.667	930.473	251.634	332.694	388.508
77	3.698.394	2.324.727	1.440.611	913.889	248.086	336.065	386.381
78	3.662.317	2.349.323	1.454.929	923.582	246.161	336.404	387.832
79	3.671.929	2.308.288	1.448.508	921.071	244.236	334.997	387.791
80	3.669.618	2.335.392	1.457.208	915.941	251.747	337.608	387.486
81	3.674.461	2.298.062	1.446.834	930.302	246.401	334.579	385.878
82	3.700.823	2.323.284	1.449.488	919.212	249.408	339.532	387.141
83	3.694.887	2.328.208	1.427.888	922.660	243.883	333.227	386.852
84	3.686.361	2.337.806	1.442.721	915.403	244.752	334.514	387.927
85	3.677.674	2.325.642	1.451.683	920.479	248.939	336.953	386.395
86	3.680.188	2.318.227	1.450.100	914.734	247.544	337.646	387.093
87	3.695.015	2.319.030	1.449.108	928.811	244.052	336.149	387.212
88	3.687.443	2.326.816	1.441.670	928.819	244.861	336.004	385.672

89	3.700.951	2.342.730	1.432.321	913.547	247.095	330.174	386.894
90	3.689.904	2.343.417	1.441.447	917.272	246.146	335.511	388.062
91	3.692.959	2.316.045	1.444.048	921.473	246.108	335.550	387.966
92	3.687.026	2.340.658	1.446.373	923.211	248.652	337.247	387.370
93	3.695.465	2.330.233	1.447.058	939.313	243.602	334.757	387.401
94	3.683.137	2.322.244	1.444.342	927.656	249.262	334.519	386.611
95	3.686.432	2.337.256	1.440.458	927.669	252.635	337.065	388.424
96	3.675.008	2.326.708	1.447.525	907.621	241.002	334.001	386.940
97	3.685.716	2.328.807	1.440.893	907.923	251.348	333.561	386.975
98	3.687.470	2.321.060	1.439.939	922.609	253.036	333.477	386.573
99	3.705.987	2.343.386	1.444.862	925.852	252.323	336.497	387.514
100	3.683.617	2.318.688	1.440.126	918.905	255.242	334.342	386.921

Tabla 8-18: Simulación 2023 disponibilidad 88%. Flota 12 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.972.203	932.446	2.441.634	451.073	-	447.679	387.958
2	2.987.825	931.277	2.459.421	461.346	-	456.504	388.720
3	2.969.731	930.375	2.465.266	464.993	-	458.451	388.211
4	2.969.922	912.296	2.455.454	459.066	-	450.005	387.885
5	2.953.243	941.495	2.465.506	454.932	-	448.692	387.267
6	2.953.866	961.546	2.449.840	461.669	-	442.599	388.227
7	2.959.372	928.015	2.465.137	459.705	-	457.997	389.327
8	2.976.443	916.568	2.471.457	454.429	-	442.861	389.356
9	2.975.402	946.966	2.464.465	454.324	-	445.454	389.929
10	2.948.504	947.838	2.472.904	465.588	-	450.337	387.089
11	2.962.993	945.307	2.465.705	450.304	-	458.322	386.987
12	2.975.799	945.180	2.474.596	459.668	-	453.714	388.120
13	2.964.987	938.451	2.466.550	471.705	-	456.615	388.563
14	2.966.910	946.156	2.471.131	454.465	-	452.773	389.234
15	2.950.895	923.018	2.479.257	466.401	-	467.747	387.868
16	2.966.055	973.137	2.454.272	469.124	-	442.438	388.019
17	2.941.891	961.144	2.461.592	460.350	-	452.619	387.364
18	2.976.476	943.705	2.475.596	446.586	-	456.017	386.682
19	2.970.320	960.760	2.481.753	448.678	-	461.272	386.910
20	2.969.282	957.022	2.461.528	463.475	-	449.771	386.233
21	2.969.201	930.648	2.468.669	457.285	-	447.163	388.028
22	2.965.190	931.778	2.467.650	457.244	-	448.780	387.271
23	2.975.228	953.648	2.450.044	465.949	-	456.436	387.492
24	2.946.144	948.813	2.472.873	450.629	-	448.702	386.926
25	2.980.737	942.292	2.468.219	461.565	-	451.873	388.242
26	2.970.694	949.128	2.448.935	456.415	-	448.202	387.960
27	2.952.772	948.984	2.472.136	454.250	-	460.928	387.941
28	2.969.285	936.312	2.459.389	458.885	-	445.011	387.384
29	2.958.744	941.608	2.460.421	468.767	-	457.072	386.138
30	2.973.069	936.201	2.459.677	449.470	-	452.281	388.240
31	2.953.124	934.242	2.457.343	451.250	-	450.198	386.031
32	2.970.697	939.061	2.477.601	456.732	-	457.760	388.891
33	2.953.708	957.623	2.456.946	461.721	-	451.070	387.838
34	2.966.357	951.173	2.463.258	473.680	-	456.355	387.719
35	2.985.001	924.150	2.460.806	461.311	-	448.535	387.899
36	2.958.239	927.635	2.472.631	453.083	-	451.716	387.092
37	2.966.357	945.541	2.467.380	462.948	-	447.566	386.949
38	2.955.677	928.549	2.463.564	451.304	-	456.082	388.756
39	2.974.679	933.389	2.464.113	454.948	-	450.637	387.404
40	2.972.238	923.774	2.459.621	460.636	-	445.392	388.017
41	2.976.207	948.928	2.461.439	472.133	-	467.077	386.606
42	2.968.665	933.413	2.469.208	463.286	-	444.665	387.881

43	2.956.419	939.398	2.459.679	456.763	-	447.942	386.992
44	2.957.724	926.376	2.479.843	453.643	-	457.385	389.681
45	2.977.903	939.647	2.449.525	476.390	-	461.708	388.171
46	2.966.866	962.487	2.453.556	456.342	-	441.146	389.402
47	2.952.579	966.570	2.461.244	456.374	-	449.719	386.814
48	2.963.037	949.539	2.454.986	453.060	-	448.633	388.008
49	2.955.158	948.556	2.462.742	471.307	-	455.729	387.907
50	2.968.076	960.601	2.449.856	468.140	-	451.144	386.976
51	2.959.343	943.886	2.466.774	462.794	-	450.969	388.805
52	2.963.271	943.314	2.466.518	460.461	-	446.856	387.510
53	2.954.142	940.622	2.454.009	457.665	-	442.061	387.800
54	2.985.743	937.157	2.466.134	466.220	-	461.305	385.870
55	2.969.523	962.603	2.466.403	468.985	-	461.379	386.423
56	2.961.119	969.748	2.446.432	468.037	-	441.600	387.655
57	2.977.307	930.568	2.463.421	449.838	-	459.362	388.689
58	2.966.432	951.594	2.463.695	473.557	-	465.477	388.854
59	2.963.776	941.201	2.459.313	464.596	-	450.488	387.818
60	2.954.382	946.985	2.472.905	446.345	-	448.571	390.399
61	2.952.896	958.584	2.458.700	447.483	-	449.327	388.879
62	2.960.715	952.680	2.457.252	456.903	-	454.358	387.208
63	2.959.973	965.732	2.447.137	464.311	-	451.010	388.161
64	2.957.861	933.187	2.471.273	469.425	-	452.362	387.022
65	2.961.746	914.247	2.480.705	452.768	-	458.627	387.366
66	2.954.760	968.892	2.459.491	456.736	-	458.100	386.291
67	2.964.573	936.958	2.461.134	466.954	-	446.306	389.056
68	2.969.006	938.739	2.474.432	448.350	-	458.200	387.255
69	2.966.090	962.811	2.461.206	476.718	-	456.403	386.530
70	2.951.314	936.659	2.461.729	455.486	-	456.995	385.797
71	2.963.801	940.913	2.446.273	459.320	-	449.884	386.589
72	2.981.390	919.162	2.458.356	455.441	-	456.091	388.487
73	2.981.386	925.326	2.452.668	463.712	-	455.490	388.398
74	2.940.611	934.951	2.463.940	444.897	-	451.168	387.331
75	2.954.006	917.548	2.479.241	462.221	-	465.768	387.044
76	2.953.982	944.661	2.468.488	463.278	-	462.900	387.290
77	2.954.119	946.070	2.457.714	453.974	-	447.601	387.674
78	2.971.246	921.473	2.471.906	453.517	-	454.403	388.787
79	2.970.045	962.508	2.447.026	456.079	-	455.617	388.559
80	2.970.919	935.405	2.456.737	461.660	-	455.464	387.620
81	2.978.236	972.735	2.441.806	460.604	-	445.695	387.129
82	2.968.240	947.513	2.447.050	451.564	-	446.120	387.344
83	2.966.708	942.589	2.473.277	460.718	-	456.787	389.514
84	2.974.225	932.991	2.459.971	467.292	-	458.404	386.796
85	2.953.528	945.154	2.459.464	460.099	-	444.313	388.014
86	2.955.307	952.570	2.456.408	454.707	-	456.467	387.651
87	2.962.620	951.766	2.456.677	477.276	-	464.346	388.042
88	2.971.337	943.981	2.480.639	465.310	-	469.478	387.355

89	2.966.255	928.067	2.480.076	464.979	-	449.458	386.690
90	2.959.123	927.380	2.468.554	451.400	-	447.265	388.666
91	2.962.789	954.751	2.466.981	461.695	-	459.420	387.504
92	2.951.934	930.138	2.465.504	453.853	-	466.671	387.729
93	2.961.962	940.563	2.474.834	456.057	-	451.380	387.723
94	2.967.040	948.553	2.464.647	449.435	-	451.361	388.074
95	2.982.438	933.541	2.461.447	467.436	-	447.141	387.552
96	2.963.553	944.089	2.462.773	468.071	-	453.357	389.275
97	2.955.227	941.990	2.465.715	457.676	-	447.972	388.286
98	2.964.475	949.737	2.460.102	441.048	-	447.995	387.351
99	2.958.900	927.411	2.459.254	446.716	-	453.871	387.812
100	2.951.564	952.109	2.475.695	458.496	-	461.568	386.761

8.6. Anexo F: Simulaciones flota 13 camiones

Tabla 8-19: Simulación 2022 disponibilidad 62%. Flota 13 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.863.267	1.613.797	1.121.908	656.823	172.577	260.265	512.331
2	2.838.529	1.610.689	1.119.256	669.850	172.238	267.716	519.349
3	2.845.532	1.612.774	1.101.039	658.856	172.985	268.326	520.794
4	2.839.829	1.615.942	1.103.843	653.395	172.624	271.566	524.104
5	2.840.868	1.604.909	1.102.976	648.495	173.549	264.184	517.390
6	2.855.777	1.663.658	1.114.573	660.442	170.651	278.348	528.481
7	2.842.316	1.656.743	1.123.967	664.472	172.602	266.479	518.744
8	2.853.782	1.581.127	1.108.935	649.463	173.553	275.441	527.405
9	2.845.000	1.580.770	1.116.604	644.457	172.516	261.402	513.327
10	2.854.264	1.572.714	1.123.257	646.906	172.804	274.000	526.301
11	2.840.967	1.642.869	1.114.356	658.172	172.277	269.058	520.828
12	2.874.397	1.678.737	1.108.205	687.917	172.623	277.735	530.012
13	2.849.249	1.638.525	1.124.933	660.407	171.013	274.029	524.538
14	2.845.298	1.627.513	1.120.198	650.782	173.204	280.754	533.530
15	2.854.175	1.645.153	1.117.345	675.226	169.851	259.679	509.105
16	2.842.588	1.626.882	1.115.557	654.855	171.377	275.328	526.111
17	2.853.482	1.637.599	1.118.354	670.312	170.839	261.004	511.674
18	2.840.207	1.654.993	1.115.778	668.515	172.404	263.113	514.159
19	2.862.457	1.649.838	1.113.309	657.408	171.772	278.120	529.376
20	2.867.129	1.615.566	1.107.092	658.449	174.843	267.772	522.025
21	2.856.314	1.634.472	1.111.176	662.721	173.291	274.010	527.044
22	2.849.554	1.644.996	1.107.782	652.929	171.649	258.765	508.981
23	2.858.235	1.610.216	1.107.410	656.887	174.416	270.165	524.061
24	2.852.469	1.587.345	1.107.824	658.239	174.234	268.533	522.260
25	2.837.452	1.575.234	1.120.358	645.449	172.310	269.219	520.668
26	2.833.710	1.625.076	1.105.113	642.753	171.490	272.904	523.961
27	2.873.757	1.624.341	1.115.131	672.281	173.663	263.833	517.496
28	2.857.264	1.575.877	1.103.745	662.749	172.530	265.349	516.936
29	2.863.308	1.646.762	1.115.268	670.444	172.418	275.073	526.975
30	2.842.902	1.584.397	1.102.395	656.965	171.880	290.012	541.133
31	2.843.317	1.614.826	1.116.485	665.021	171.214	258.428	509.555
32	2.846.469	1.652.965	1.118.276	676.490	175.420	273.730	528.634
33	2.875.654	1.710.785	1.111.014	675.216	172.294	265.050	517.173
34	2.850.173	1.673.326	1.122.848	653.518	174.349	275.038	529.134
35	2.856.739	1.607.769	1.112.318	677.959	170.915	264.951	515.359
36	2.846.547	1.660.180	1.116.277	678.419	173.647	278.070	531.206
37	2.845.002	1.685.597	1.112.478	683.297	171.945	270.360	522.138
38	2.849.694	1.627.684	1.113.517	643.231	173.863	275.454	528.974
39	2.847.952	1.632.220	1.114.590	664.566	173.534	270.186	523.028
40	2.864.108	1.635.010	1.121.322	666.050	171.800	260.174	511.798

41	2.837.384	1.635.665	1.095.433	650.967	171.219	274.597	525.306
42	2.878.490	1.633.818	1.120.702	660.598	174.753	261.309	515.468
43	2.856.866	1.677.344	1.118.636	666.096	173.346	274.862	528.035
44	2.864.933	1.649.203	1.114.807	675.106	172.314	265.705	517.848
45	2.843.356	1.701.399	1.105.645	683.313	170.443	269.046	519.323
46	2.854.937	1.678.096	1.107.767	678.786	174.298	274.527	528.319
47	2.846.498	1.645.011	1.101.232	666.528	172.785	270.190	522.463
48	2.870.962	1.625.808	1.112.099	667.850	173.227	256.269	508.735
49	2.864.674	1.688.494	1.100.416	658.951	174.253	260.554	514.632
50	2.866.353	1.631.661	1.123.130	664.159	171.361	258.517	509.282
51	2.842.585	1.656.948	1.118.255	667.147	171.359	263.027	513.875
52	2.850.083	1.639.357	1.108.140	674.283	172.642	277.300	529.522
53	2.863.753	1.611.821	1.104.046	662.640	172.843	262.340	514.762
54	2.863.797	1.655.418	1.112.596	682.791	170.954	265.289	515.735
55	2.854.334	1.668.133	1.113.421	667.863	175.195	263.054	517.138
56	2.849.413	1.569.672	1.113.904	656.687	169.981	261.492	511.049
57	2.858.820	1.586.275	1.117.037	648.174	171.701	264.353	515.626
58	2.858.089	1.669.368	1.097.317	687.804	172.060	261.082	512.543
59	2.846.490	1.627.625	1.115.308	652.195	170.934	283.967	534.298
60	2.857.298	1.659.420	1.104.031	648.151	173.406	269.942	523.006
61	2.860.972	1.610.960	1.102.798	661.093	174.124	263.408	516.249
62	2.837.283	1.628.659	1.124.712	665.138	171.318	267.928	518.820
63	2.858.547	1.600.839	1.108.196	661.458	172.599	268.745	520.838
64	2.847.279	1.574.779	1.102.622	650.532	174.472	270.456	524.758
65	2.846.150	1.661.923	1.113.469	669.705	171.329	274.692	525.681
66	2.843.234	1.627.512	1.123.574	666.130	173.007	274.674	527.173
67	2.835.029	1.632.434	1.102.127	656.150	173.950	279.531	533.148
68	2.851.404	1.614.596	1.125.689	658.408	171.982	270.090	521.738
69	2.861.529	1.668.172	1.115.168	667.522	172.792	264.580	516.947
70	2.846.742	1.669.167	1.122.192	664.589	173.171	271.596	523.486
71	2.834.713	1.636.506	1.124.604	655.640	170.621	271.823	521.930
72	2.859.894	1.648.691	1.100.265	668.554	174.365	270.841	524.449
73	2.868.258	1.660.839	1.115.583	665.116	173.354	258.667	511.936
74	2.879.738	1.605.585	1.111.586	664.505	171.568	275.479	526.626
75	2.871.892	1.652.468	1.106.836	642.483	173.313	269.907	523.135
76	2.866.094	1.625.605	1.113.207	662.581	172.723	267.320	519.618
77	2.836.395	1.551.722	1.119.912	648.032	172.884	269.812	521.240
78	2.852.536	1.608.475	1.115.899	652.813	173.719	275.652	529.046
79	2.832.551	1.604.326	1.097.326	653.850	174.130	260.691	514.389
80	2.867.655	1.647.660	1.107.711	660.458	175.917	268.321	523.726
81	2.840.512	1.625.634	1.112.895	654.765	171.883	257.991	509.448
82	2.850.222	1.657.770	1.116.048	655.650	171.716	273.344	524.554
83	2.847.908	1.663.272	1.125.640	656.531	172.225	285.712	537.769
84	2.820.007	1.564.471	1.104.011	642.067	172.188	276.627	527.716
85	2.841.024	1.647.896	1.108.746	659.731	171.848	266.580	517.999
86	2.843.684	1.621.109	1.112.249	650.139	172.738	280.389	531.946

87	2.843.812	1.631.528	1.116.271	653.360	171.807	264.857	516.493
88	2.856.956	1.611.832	1.116.225	645.484	172.590	265.935	518.354
89	2.870.244	1.659.662	1.118.381	664.828	172.499	269.009	521.165
90	2.853.851	1.650.819	1.108.996	661.486	172.023	277.305	526.524
91	2.835.586	1.577.644	1.097.079	645.081	171.395	272.652	523.534
92	2.842.723	1.633.992	1.108.920	650.584	169.534	270.578	519.594
93	2.840.901	1.644.201	1.101.071	655.803	173.013	269.548	522.056
94	2.858.602	1.645.266	1.116.235	673.492	170.987	261.984	512.715
95	2.852.912	1.645.346	1.120.673	674.043	172.290	265.093	517.207
96	2.877.513	1.638.955	1.113.088	679.437	173.120	272.554	525.417
97	2.834.589	1.649.232	1.112.754	648.353	172.666	275.635	527.286
98	2.835.747	1.636.912	1.109.049	643.584	171.244	282.303	532.788
99	2.855.374	1.659.360	1.126.405	669.039	173.017	273.376	525.885
100	2.864.484	1.641.293	1.121.205	664.014	171.576	269.073	520.231

Tabla 8-20: Simulación 2023 disponibilidad 62%. Flota 13 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.300.886	790.742	1.920.312	314.209	-	331.557	331.897
2	2.302.889	745.554	1.914.846	277.318	-	338.710	338.808
3	2.306.067	707.390	1.909.644	286.186	-	361.251	361.768
4	2.298.398	725.823	1.923.736	279.458	-	367.818	367.570
5	2.303.359	713.610	1.919.296	275.511	-	364.215	364.137
6	2.293.021	774.700	1.926.986	317.652	-	348.316	348.412
7	2.298.299	716.023	1.916.555	272.372	-	362.760	362.668
8	2.309.888	721.550	1.924.007	295.459	-	360.394	361.484
9	2.314.906	782.148	1.900.877	295.558	-	351.900	352.316
10	2.306.022	668.367	1.913.309	258.571	-	359.007	358.993
11	2.303.144	751.750	1.929.646	307.884	-	342.499	342.838
12	2.301.885	717.099	1.906.377	281.928	-	356.530	356.451
13	2.304.917	743.122	1.908.625	308.396	-	350.136	350.556
14	2.299.436	782.824	1.912.573	310.014	-	374.027	373.695
15	2.290.958	754.297	1.906.107	301.291	-	357.720	357.381
16	2.294.548	710.268	1.919.102	293.133	-	352.700	353.294
17	2.311.267	704.569	1.939.471	294.922	-	347.979	347.805
18	2.304.890	741.794	1.922.331	291.275	-	350.960	351.890
19	2.308.978	744.837	1.918.278	309.314	-	359.156	359.502
20	2.313.617	712.873	1.930.433	280.948	-	347.500	347.754
21	2.303.952	716.132	1.916.877	277.123	-	351.670	351.585
22	2.315.750	711.809	1.933.622	299.317	-	350.649	351.914
23	2.299.528	741.728	1.914.676	303.442	-	344.497	344.764
24	2.300.479	726.213	1.936.424	299.934	-	349.140	349.223
25	2.314.789	722.988	1.930.656	310.004	-	358.812	359.331
26	2.294.850	739.598	1.922.104	281.089	-	369.204	369.296
27	2.308.658	752.364	1.926.687	316.858	-	343.209	342.863
28	2.315.717	749.627	1.928.647	306.838	-	336.803	337.316
29	2.319.609	704.850	1.916.274	292.535	-	353.223	353.234
30	2.278.860	763.563	1.906.999	283.373	-	343.353	343.598
31	2.298.490	717.155	1.920.803	289.635	-	344.200	343.692
32	2.313.338	715.156	1.915.269	274.148	-	347.767	347.852
33	2.300.044	744.571	1.915.221	316.541	-	367.617	367.788
34	2.297.311	732.671	1.925.408	293.932	-	343.041	342.869
35	2.287.803	735.081	1.916.114	314.563	-	339.408	339.915
36	2.301.682	726.347	1.924.842	296.993	-	357.008	356.753
37	2.302.450	724.986	1.913.221	291.449	-	352.827	352.575
38	2.285.944	692.435	1.915.013	310.095	-	357.324	357.408
39	2.316.687	681.951	1.913.773	264.517	-	357.914	358.176
40	2.305.822	725.837	1.909.112	304.065	-	363.320	363.075
41	2.319.463	753.620	1.936.782	310.616	-	348.948	349.033
42	2.317.414	740.107	1.940.002	282.797	-	346.443	346.695

43	2.319.026	727.485	1.923.898	306.454	-	353.415	353.160
44	2.322.382	733.936	1.920.116	292.079	-	374.600	374.349
45	2.311.577	726.482	1.923.659	280.530	-	341.091	340.832
46	2.312.586	710.033	1.923.285	302.204	-	345.288	345.456
47	2.296.082	751.130	1.911.895	301.612	-	354.375	354.541
48	2.302.781	699.821	1.915.551	286.649	-	327.439	327.944
49	2.290.520	705.441	1.903.367	280.217	-	347.339	347.338
50	2.304.585	716.309	1.916.835	292.924	-	361.097	361.263
51	2.307.502	743.601	1.928.568	299.937	-	348.170	348.250
52	2.297.073	769.646	1.917.075	307.216	-	357.136	356.960
53	2.303.862	675.224	1.923.724	296.616	-	334.656	335.077
54	2.298.842	681.552	1.917.858	281.522	-	349.235	349.401
55	2.292.650	717.642	1.916.196	295.812	-	355.588	355.407
56	2.294.121	756.240	1.923.319	306.397	-	352.877	352.796
57	2.301.701	728.829	1.898.524	299.391	-	385.606	385.606
58	2.313.853	670.323	1.912.534	295.661	-	336.897	336.640
59	2.305.007	753.271	1.914.171	304.692	-	330.798	330.973
60	2.289.419	760.796	1.916.000	288.643	-	348.675	348.593
61	2.309.381	723.255	1.924.613	305.585	-	335.521	335.538
62	2.319.056	729.470	1.935.339	272.376	-	338.688	338.603
63	2.300.575	765.588	1.924.751	285.618	-	341.686	341.761
64	2.304.623	662.205	1.918.357	276.997	-	343.424	343.169
65	2.315.508	716.359	1.910.256	289.213	-	338.689	338.863
66	2.303.846	703.324	1.913.092	277.954	-	360.377	360.548
67	2.316.435	769.462	1.934.120	320.926	-	345.519	345.435
68	2.303.794	750.131	1.903.255	321.684	-	352.876	352.959
69	2.308.342	718.042	1.935.731	287.820	-	358.288	358.291
70	2.297.024	685.667	1.916.487	283.850	-	366.338	366.857
71	2.305.011	724.127	1.897.693	304.189	-	353.748	353.912
72	2.308.341	735.798	1.916.829	312.945	-	355.636	355.877
73	2.306.334	767.596	1.941.941	301.788	-	343.587	343.159
74	2.309.628	723.279	1.903.774	307.743	-	354.913	353.971
75	2.295.129	725.603	1.906.890	314.166	-	356.992	356.570
76	2.297.000	746.239	1.923.919	318.691	-	356.702	355.416
77	2.312.329	741.584	1.913.699	302.817	-	356.801	356.823
78	2.296.986	699.753	1.911.394	287.517	-	371.590	371.487
79	2.289.165	720.020	1.920.801	297.252	-	345.803	345.132
80	2.317.594	782.019	1.917.489	295.750	-	346.612	346.788
81	2.321.363	732.859	1.923.520	326.598	-	339.069	339.329
82	2.295.406	720.204	1.920.612	264.417	-	349.260	349.767
83	2.304.374	734.023	1.913.241	302.571	-	348.775	348.530
84	2.293.568	698.381	1.913.930	257.571	-	366.097	366.688
85	2.312.467	760.796	1.906.240	288.345	-	351.706	351.705
86	2.307.757	722.026	1.928.967	299.442	-	351.173	351.845
87	2.302.149	751.715	1.910.978	309.801	-	376.915	376.918
88	2.309.096	723.793	1.934.071	294.751	-	360.752	359.651

89	2.304.713	711.323	1.925.910	327.211	-	351.122	351.032
90	2.305.436	712.282	1.907.317	293.234	-	360.022	362.400
91	2.302.061	705.156	1.916.498	300.603	-	366.199	366.289
92	2.304.450	719.798	1.908.043	283.047	-	352.900	352.987
93	2.295.023	698.230	1.910.989	291.924	-	362.097	362.178
94	2.300.147	713.739	1.915.293	298.914	-	350.287	350.122
95	2.304.238	724.979	1.918.160	275.400	-	349.316	348.980
96	2.302.561	724.792	1.918.934	265.481	-	336.497	336.324
97	2.305.965	715.437	1.912.004	286.388	-	353.851	354.442
98	2.318.843	687.375	1.898.176	267.420	-	360.200	360.789
99	2.305.468	682.863	1.918.202	296.894	-	362.727	362.806
100	2.295.320	709.039	1.904.496	299.259	-	372.407	372.397

Tabla 8-21: Simulación 2022 disponibilidad 70%. Flota 13 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.214.656	1.996.523	1.254.903	788.881	195.672	289.162	465.279
2	3.191.233	1.984.754	1.266.540	787.345	193.556	290.731	464.725
3	3.215.175	1.973.877	1.255.484	793.671	196.406	289.119	461.565
4	3.225.256	1.987.761	1.269.035	796.096	196.980	293.021	444.462
5	3.227.890	2.010.922	1.264.534	784.231	197.887	290.872	443.213
6	3.211.418	1.990.747	1.265.974	781.796	195.846	291.761	444.555
7	3.215.131	2.012.092	1.272.482	789.183	193.798	292.717	435.655
8	3.223.899	1.987.431	1.256.807	789.011	195.194	289.210	484.933
9	3.199.330	1.972.055	1.256.051	787.856	196.541	289.535	491.750
10	3.200.673	1.996.241	1.245.099	792.589	196.317	287.981	490.957
11	3.219.692	2.008.960	1.267.711	785.263	196.402	290.775	437.010
12	3.227.065	2.005.469	1.268.945	790.124	195.359	292.577	426.559
13	3.224.832	2.005.208	1.270.172	786.990	195.082	292.822	439.707
14	3.212.302	1.992.109	1.255.104	791.953	193.843	289.778	436.457
15	3.215.710	1.995.451	1.257.864	794.481	194.626	290.051	459.215
16	3.221.317	2.002.366	1.256.977	794.637	195.931	289.222	448.856
17	3.217.177	2.006.816	1.281.415	799.882	194.455	293.948	430.220
18	3.196.861	1.985.226	1.250.499	784.160	192.332	287.953	460.724
19	3.211.568	1.989.280	1.247.722	797.809	193.802	287.967	447.806
20	3.199.063	1.994.600	1.255.433	785.130	197.429	290.074	465.123
21	3.222.720	1.986.749	1.252.372	790.561	195.946	288.182	467.814
22	3.226.753	1.992.708	1.256.876	799.715	193.258	288.934	448.952
23	3.206.461	1.987.166	1.258.839	790.184	195.151	290.721	461.531
24	3.225.863	1.993.489	1.265.734	810.012	195.750	291.463	451.094
25	3.193.977	1.982.949	1.261.331	790.357	193.301	287.981	474.745
26	3.220.289	1.988.297	1.258.408	790.573	195.373	289.319	450.029
27	3.215.817	1.987.390	1.260.730	800.997	196.080	291.003	447.710
28	3.214.464	1.995.440	1.260.909	775.714	195.152	289.891	448.255
29	3.203.265	1.986.652	1.257.484	801.104	193.561	289.304	458.751
30	3.208.342	1.990.534	1.251.819	789.576	193.873	289.256	470.964
31	3.196.918	1.985.515	1.249.315	781.373	195.422	288.115	472.093
32	3.218.145	1.986.317	1.254.585	812.836	198.029	288.469	489.740
33	3.207.553	1.986.037	1.253.363	786.638	196.106	288.633	464.775
34	3.198.858	1.977.690	1.244.255	793.402	193.878	287.676	482.154
35	3.205.152	1.982.221	1.254.628	781.496	193.973	288.402	478.281
36	3.214.050	1.994.487	1.250.567	799.812	195.293	289.196	447.684
37	3.223.856	1.990.986	1.260.870	789.238	194.988	290.471	454.167
38	3.185.118	1.976.661	1.252.161	787.768	193.859	287.328	469.782
39	3.213.022	2.003.133	1.269.728	800.817	197.299	291.877	456.082
40	3.204.732	1.975.095	1.260.049	785.390	197.629	290.329	477.862
41	3.206.789	1.993.428	1.267.187	795.360	194.730	291.296	459.793
42	3.227.434	1.986.724	1.251.129	802.865	195.446	288.159	454.135

43	3.224.767	2.002.176	1.259.920	796.805	197.414	290.060	459.365
44	3.210.140	1.994.609	1.265.040	790.303	194.706	291.552	468.104
45	3.218.730	1.990.650	1.250.370	793.118	195.208	288.888	455.634
46	3.223.155	1.979.541	1.255.908	788.588	195.705	288.942	452.872
47	3.221.364	2.003.634	1.253.772	785.374	194.328	287.895	430.113
48	3.209.270	1.994.037	1.259.802	786.645	194.751	290.851	443.990
49	3.227.653	2.008.844	1.259.679	797.355	197.503	290.163	462.810
50	3.220.256	2.008.625	1.261.580	795.781	194.294	290.294	442.521
51	3.229.530	1.999.462	1.259.928	804.772	194.881	289.959	471.768
52	3.221.345	1.986.082	1.244.361	793.658	195.619	286.400	457.579
53	3.213.367	1.988.685	1.250.163	781.950	196.271	287.777	469.719
54	3.219.022	2.000.960	1.253.191	799.767	194.615	289.587	453.858
55	3.207.260	1.992.267	1.257.128	794.189	195.884	289.307	466.961
56	3.197.388	1.983.690	1.246.058	796.594	196.916	287.294	455.366
57	3.213.072	1.984.284	1.255.033	789.631	194.774	286.847	463.356
58	3.217.082	1.990.511	1.255.255	790.401	194.739	287.504	460.605
59	3.191.176	1.991.226	1.253.176	774.761	195.668	288.853	455.813
60	3.210.810	1.969.607	1.250.420	793.095	195.328	288.356	478.118
61	3.208.340	1.990.845	1.252.266	784.297	195.016	287.935	470.083
62	3.200.169	1.975.019	1.246.148	785.019	195.482	287.304	476.362
63	3.197.721	1.974.621	1.246.831	801.895	193.213	287.809	475.458
64	3.230.382	1.998.590	1.255.653	791.251	196.113	289.867	460.037
65	3.212.515	1.984.755	1.262.037	788.196	194.341	290.522	428.659
66	3.208.656	1.985.974	1.260.910	784.871	192.905	290.706	467.852
67	3.200.730	1.977.849	1.248.487	788.410	193.278	288.329	479.871
68	3.218.130	2.011.405	1.265.117	788.969	196.957	290.577	452.240
69	3.208.730	1.984.256	1.252.273	781.809	196.247	289.293	466.510
70	3.196.028	1.976.185	1.251.591	784.295	195.857	287.984	458.217
71	3.212.061	1.991.724	1.266.725	796.102	196.033	291.544	456.548
72	3.215.751	1.993.107	1.260.984	783.555	194.650	289.851	443.874
73	3.189.228	1.978.351	1.246.205	784.413	196.046	287.563	459.686
74	3.222.112	1.987.118	1.247.792	794.371	196.745	288.255	459.157
75	3.214.557	1.981.392	1.251.321	794.844	194.589	289.157	447.709
76	3.218.403	1.986.143	1.251.286	787.755	195.789	288.068	447.552
77	3.225.452	2.015.337	1.257.099	791.316	195.609	289.408	442.706
78	3.200.691	1.984.504	1.245.724	776.552	194.509	286.639	461.520
79	3.202.887	1.976.012	1.244.185	790.302	194.482	287.215	488.622
80	3.230.189	2.000.758	1.261.813	780.227	196.425	291.070	429.255
81	3.199.259	1.992.705	1.256.591	789.664	196.987	289.055	466.466
82	3.219.711	1.981.382	1.250.287	794.192	193.854	288.608	433.122
83	3.197.560	1.971.055	1.250.221	794.705	195.595	288.047	471.411
84	3.209.435	1.994.485	1.256.993	787.907	195.219	289.494	469.845
85	3.207.138	2.001.736	1.252.467	790.244	195.204	288.705	470.090
86	3.208.972	1.979.111	1.247.230	791.284	195.720	286.342	474.566
87	3.209.696	1.991.474	1.265.167	793.092	195.085	290.304	451.900
88	3.193.590	1.982.034	1.238.213	784.001	193.968	284.625	477.196

89	3.214.113	1.993.495	1.250.586	795.800	195.236	289.030	444.665
90	3.208.327	1.987.308	1.254.858	791.853	193.911	287.633	448.788
91	3.223.263	2.006.620	1.251.317	795.964	195.897	287.840	453.892
92	3.193.029	1.976.633	1.257.529	807.833	194.951	289.313	462.719
93	3.223.543	1.980.090	1.249.728	793.437	195.667	288.306	468.914
94	3.213.150	1.996.366	1.257.288	791.444	196.525	288.729	455.760
95	3.217.596	1.997.751	1.254.853	782.716	196.311	288.520	449.965
96	3.226.169	2.015.516	1.258.177	786.531	196.646	288.597	448.144
97	3.232.480	1.986.069	1.249.381	789.104	197.551	288.475	436.145
98	3.204.653	1.989.751	1.264.607	785.487	196.170	290.318	462.654
99	3.200.889	1.990.197	1.261.726	790.925	194.212	289.322	458.913
100	3.201.038	1.990.285	1.260.981	775.084	194.646	290.732	457.875

Tabla 8-22: Simulación 2023 disponibilidad 70%. Flota 13 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.554.590	933.182	2.121.983	381.647	-	360.245	458.776
2	2.577.825	936.167	2.131.720	381.284	-	358.304	432.165
3	2.554.923	933.944	2.126.801	374.132	-	355.554	433.756
4	2.568.809	942.210	2.129.878	378.785	-	372.048	483.156
5	2.570.377	938.897	2.114.829	377.302	-	363.296	487.044
6	2.572.065	935.731	2.120.466	374.319	-	352.015	469.536
7	2.552.895	939.635	2.126.696	376.744	-	351.386	460.619
8	2.556.958	937.565	2.124.116	372.619	-	358.708	437.079
9	2.562.773	941.521	2.111.870	366.029	-	364.553	433.203
10	2.582.416	945.096	2.124.085	381.132	-	357.561	411.338
11	2.561.615	939.737	2.139.158	382.385	-	355.131	467.275
12	2.554.915	935.518	2.121.750	373.750	-	358.410	488.936
13	2.542.131	937.453	2.104.439	375.070	-	353.747	479.625
14	2.560.325	942.061	2.125.976	377.114	-	356.060	464.988
15	2.576.524	944.430	2.135.325	374.805	-	364.306	464.555
16	2.557.107	927.850	2.129.379	385.204	-	361.762	455.270
17	2.565.387	943.146	2.119.970	379.779	-	353.430	481.674
18	2.567.160	941.332	2.127.609	379.878	-	372.386	456.632
19	2.565.681	939.067	2.132.931	380.181	-	361.721	472.108
20	2.571.088	932.687	2.107.455	385.537	-	360.592	447.834
21	2.578.496	932.615	2.125.277	387.491	-	351.690	437.365
22	2.550.743	929.267	2.113.608	373.610	-	350.402	463.132
23	2.552.485	919.242	2.113.200	373.239	-	360.300	459.545
24	2.574.332	943.767	2.122.553	375.631	-	349.923	439.859
25	2.555.968	937.259	2.122.350	372.829	-	363.077	439.907
26	2.560.217	935.233	2.117.555	382.030	-	358.019	469.963
27	2.552.645	937.624	2.124.252	379.922	-	355.082	455.152
28	2.562.877	939.342	2.103.918	374.997	-	359.874	473.525
29	2.574.742	936.307	2.128.298	377.889	-	361.047	461.003
30	2.553.252	928.046	2.085.189	371.598	-	366.921	455.680
31	2.574.661	936.182	2.116.928	388.292	-	359.570	439.494
32	2.570.653	930.898	2.129.168	387.964	-	358.040	427.163
33	2.577.488	942.616	2.120.580	385.152	-	374.059	467.880
34	2.569.312	940.586	2.130.851	376.699	-	356.271	427.408
35	2.573.228	939.824	2.100.494	380.872	-	366.039	429.993
36	2.562.495	936.834	2.140.468	391.087	-	353.565	455.889
37	2.575.869	940.047	2.124.657	378.780	-	350.948	457.034
38	2.564.842	939.502	2.115.270	386.176	-	352.554	435.915
39	2.557.131	939.316	2.107.242	368.957	-	366.371	479.213
40	2.593.217	938.429	2.101.067	377.715	-	362.244	443.669
41	2.576.160	940.219	2.125.863	382.680	-	360.272	436.644
42	2.567.329	929.722	2.121.831	380.123	-	357.035	463.396

43	2.571.381	946.743	2.122.643	372.882	-	353.803	456.938
44	2.555.410	935.354	2.118.048	374.081	-	351.831	445.212
45	2.557.280	939.497	2.120.024	379.175	-	375.432	476.562
46	2.549.276	926.366	2.112.026	379.444	-	352.867	451.790
47	2.541.619	927.098	2.129.796	374.354	-	356.168	483.513
48	2.572.717	934.925	2.112.679	377.656	-	359.792	469.465
49	2.582.670	939.577	2.125.375	381.532	-	360.434	443.925
50	2.556.624	928.166	2.134.211	375.804	-	352.438	458.900
51	2.560.777	933.254	2.115.863	375.843	-	353.302	441.875
52	2.573.407	934.215	2.114.985	375.453	-	351.438	439.376
53	2.565.877	938.368	2.112.628	381.332	-	359.822	452.802
54	2.568.714	933.403	2.113.334	376.538	-	357.994	459.913
55	2.572.523	937.442	2.128.626	377.645	-	361.748	437.605
56	2.561.781	930.525	2.118.188	377.190	-	367.512	474.820
57	2.572.360	934.031	2.125.200	374.338	-	359.514	445.121
58	2.548.130	929.272	2.126.342	380.692	-	357.810	453.752
59	2.578.938	944.323	2.129.653	380.249	-	363.390	443.548
60	2.555.085	945.132	2.123.893	369.760	-	351.381	435.999
61	2.556.074	923.648	2.111.882	380.169	-	362.376	454.788
62	2.585.727	948.739	2.144.937	385.593	-	368.300	444.602
63	2.569.591	936.616	2.132.035	381.855	-	361.639	445.228
64	2.540.256	932.481	2.117.259	378.802	-	361.475	452.676
65	2.557.218	928.344	2.126.803	381.676	-	355.946	482.065
66	2.573.564	949.185	2.147.499	380.482	-	358.456	424.457
67	2.559.777	934.831	2.124.724	372.781	-	351.211	423.948
68	2.548.818	939.082	2.145.895	381.440	-	356.220	464.892
69	2.570.050	937.291	2.113.731	383.547	-	356.947	454.956
70	2.578.975	939.931	2.127.363	376.122	-	355.919	460.608
71	2.559.455	945.332	2.142.471	381.628	-	360.810	460.667
72	2.554.709	934.316	2.120.432	392.912	-	354.248	471.524
73	2.583.136	946.289	2.129.443	389.344	-	368.057	440.506
74	2.561.293	944.744	2.128.334	375.476	-	351.805	453.117
75	2.566.879	939.617	2.138.407	379.602	-	354.240	465.619
76	2.560.160	936.276	2.126.906	383.364	-	360.973	465.115
77	2.547.573	931.347	2.108.831	375.080	-	362.289	481.103
78	2.576.927	935.111	2.128.464	384.052	-	357.573	439.407
79	2.587.716	939.940	2.114.241	379.006	-	356.150	419.305
80	2.567.818	933.100	2.118.654	378.990	-	352.266	471.112
81	2.565.897	934.823	2.125.818	384.924	-	361.004	443.811
82	2.556.773	940.247	2.122.708	371.353	-	361.433	458.845
83	2.572.294	930.574	2.126.975	375.995	-	353.493	444.508
84	2.573.619	935.205	2.114.322	390.835	-	356.644	446.988
85	2.586.829	949.875	2.146.327	378.460	-	359.132	420.674
86	2.565.627	933.849	2.120.473	380.233	-	355.311	439.716
87	2.570.778	936.213	2.104.508	387.188	-	354.582	456.597
88	2.586.306	936.883	2.148.173	380.280	-	359.181	404.674

89	2.563.735	935.926	2.113.997	378.555	-	355.259	474.350
90	2.577.448	942.080	2.111.606	379.926	-	354.354	466.943
91	2.552.812	924.723	2.118.637	378.304	-	360.141	466.818
92	2.561.242	935.111	2.117.656	377.816	-	354.555	454.342
93	2.551.993	937.813	2.133.595	381.720	-	352.945	430.518
94	2.550.222	934.345	2.132.953	373.682	-	362.953	471.010
95	2.561.980	933.017	2.139.057	387.732	-	359.617	441.781
96	2.577.147	940.801	2.126.347	379.424	-	363.959	456.817
97	2.578.708	940.160	2.116.330	380.593	-	351.764	466.454
98	2.561.595	942.242	2.132.806	380.367	-	360.201	448.878
99	2.577.061	942.972	2.119.100	382.281	-	352.745	449.309
100	2.561.874	946.448	2.128.687	376.910	-	360.534	461.564

Tabla 8-23: Simulación 2022 disponibilidad 78,8%. Flota 13 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.605.925	2.236.118	1.390.998	890.175	229.766	322.151	388.870
2	3.580.273	2.249.150	1.406.654	908.667	224.481	325.872	388.752
3	3.595.804	2.251.577	1.406.330	885.816	223.004	324.273	387.593
4	3.590.421	2.240.826	1.407.305	885.856	230.073	325.094	388.402
5	3.592.444	2.242.225	1.406.888	887.678	230.246	326.526	385.907
6	3.593.726	2.254.478	1.401.884	908.437	232.529	324.973	385.427
7	3.599.504	2.245.017	1.402.706	893.300	231.508	326.095	387.009
8	3.597.173	2.278.794	1.393.642	907.180	230.093	325.189	386.784
9	3.580.822	2.253.259	1.409.029	890.337	225.840	325.353	387.005
10	3.600.075	2.259.010	1.409.351	873.706	231.922	328.052	387.274
11	3.601.930	2.259.369	1.398.544	891.402	229.532	324.109	386.895
12	3.594.819	2.255.574	1.398.101	886.906	228.638	322.458	388.213
13	3.593.802	2.260.285	1.416.811	889.997	228.858	329.896	388.636
14	3.589.458	2.242.765	1.400.659	900.702	232.065	326.211	389.488
15	3.600.803	2.243.684	1.405.818	881.708	225.445	326.396	387.729
16	3.594.370	2.239.892	1.403.036	889.204	227.616	326.373	387.387
17	3.599.411	2.245.682	1.393.127	897.636	227.444	322.961	387.634
18	3.614.668	2.260.936	1.402.946	904.826	231.111	325.118	387.260
19	3.585.109	2.246.172	1.413.507	879.139	228.742	330.024	388.255
20	3.608.764	2.257.139	1.410.745	897.616	229.140	328.857	387.246
21	3.593.894	2.253.277	1.408.180	889.945	231.569	326.254	385.678
22	3.586.735	2.243.401	1.404.096	900.289	225.463	327.357	387.489
23	3.581.765	2.248.707	1.392.965	900.494	227.558	325.071	387.339
24	3.605.534	2.257.432	1.416.930	875.961	231.672	326.992	387.875
25	3.594.218	2.271.271	1.404.372	906.413	237.021	325.666	386.445
26	3.586.391	2.235.802	1.399.513	899.670	231.895	325.325	387.918
27	3.598.605	2.262.835	1.414.610	892.846	226.833	326.503	388.322
28	3.588.999	2.275.399	1.418.212	887.800	234.731	327.318	387.804
29	3.602.546	2.248.553	1.406.932	904.722	230.178	326.062	387.483
30	3.587.466	2.262.191	1.411.831	903.635	234.500	325.220	387.885
31	3.599.019	2.254.171	1.398.733	884.335	230.109	323.582	387.666
32	3.590.323	2.250.258	1.411.823	896.459	228.194	327.079	387.378
33	3.572.788	2.244.210	1.417.471	885.686	225.919	329.380	387.498
34	3.610.246	2.268.177	1.410.016	892.889	233.922	326.346	387.157
35	3.584.366	2.257.149	1.407.291	906.224	232.380	325.619	386.603
36	3.602.438	2.246.764	1.405.074	896.109	226.078	323.192	387.157
37	3.609.983	2.275.682	1.403.058	889.944	229.192	324.896	388.776
38	3.577.292	2.243.201	1.402.774	891.845	231.848	323.827	388.253
39	3.619.255	2.251.330	1.409.033	910.980	235.090	325.126	388.674
40	3.606.073	2.251.031	1.397.803	910.110	228.682	322.320	385.319
41	3.584.883	2.248.759	1.408.166	891.028	226.857	327.730	388.311
42	3.596.611	2.248.874	1.412.916	895.254	227.936	326.390	388.318

43	3.571.228	2.237.403	1.405.903	877.148	225.095	323.116	388.269
44	3.592.493	2.264.769	1.404.599	883.564	231.135	324.741	386.654
45	3.600.007	2.247.360	1.411.268	899.062	231.474	327.454	387.270
46	3.609.240	2.251.738	1.404.407	885.421	230.216	322.852	388.139
47	3.598.212	2.244.675	1.397.139	903.713	228.092	324.121	387.770
48	3.600.537	2.253.528	1.400.152	896.581	226.525	325.426	387.821
49	3.571.944	2.244.796	1.411.769	887.017	229.596	325.798	387.686
50	3.630.113	2.269.974	1.404.756	883.926	227.771	325.258	387.341
51	3.617.023	2.255.943	1.397.324	890.073	230.631	325.339	387.027
52	3.582.497	2.230.828	1.406.534	898.772	223.554	323.842	387.440
53	3.597.020	2.276.082	1.417.235	887.195	230.615	328.330	388.664
54	3.608.787	2.258.449	1.400.873	891.619	228.696	324.201	386.227
55	3.596.339	2.229.054	1.398.157	905.258	226.593	322.712	389.825
56	3.590.494	2.253.638	1.404.736	903.823	234.232	323.701	388.121
57	3.601.527	2.252.534	1.389.160	892.064	232.069	322.644	388.334
58	3.587.344	2.258.497	1.403.110	887.753	222.597	325.309	387.916
59	3.594.092	2.236.846	1.407.789	881.854	225.689	324.575	387.166
60	3.623.075	2.240.519	1.398.355	911.841	230.138	323.863	387.971
61	3.601.939	2.262.301	1.391.545	907.232	228.191	323.738	387.328
62	3.586.484	2.243.152	1.407.078	897.438	223.360	325.865	387.022
63	3.605.094	2.264.806	1.401.780	888.180	228.974	326.494	388.424
64	3.609.885	2.260.295	1.400.035	889.014	224.897	326.948	387.321
65	3.611.129	2.272.940	1.407.908	904.753	231.872	324.759	386.053
66	3.592.203	2.249.976	1.408.805	899.451	231.320	327.020	388.014
67	3.577.220	2.233.753	1.402.827	884.639	226.979	324.429	387.303
68	3.597.571	2.241.425	1.411.481	911.604	228.444	328.325	387.202
69	3.596.671	2.261.928	1.412.038	897.246	229.079	327.233	387.889
70	3.590.478	2.253.741	1.401.034	907.712	233.824	323.471	387.671
71	3.604.627	2.269.729	1.402.687	896.507	229.046	324.436	387.106
72	3.610.961	2.267.036	1.399.354	911.567	228.474	323.116	388.146
73	3.603.207	2.233.010	1.404.225	903.968	229.512	326.632	387.399
74	3.596.258	2.272.034	1.401.665	879.937	227.697	325.763	388.617
75	3.582.282	2.246.872	1.404.641	891.083	231.400	325.656	388.515
76	3.592.253	2.253.135	1.398.721	886.223	226.294	326.674	387.710
77	3.612.643	2.256.272	1.395.368	882.586	229.938	324.390	387.845
78	3.619.636	2.267.227	1.404.899	884.817	227.854	325.752	387.235
79	3.583.799	2.243.144	1.406.395	892.396	225.863	325.329	387.222
80	3.592.053	2.252.228	1.400.166	897.873	224.549	322.018	387.977
81	3.600.793	2.237.389	1.405.450	891.427	225.694	327.280	388.876
82	3.583.652	2.240.423	1.407.198	900.563	228.478	327.197	388.564
83	3.596.071	2.246.440	1.404.045	885.621	230.010	323.278	387.885
84	3.614.831	2.256.463	1.401.488	893.250	227.465	323.751	385.498
85	3.589.509	2.272.438	1.413.183	896.958	230.112	326.023	387.614
86	3.586.689	2.254.832	1.409.888	907.558	229.073	326.376	387.350
87	3.590.069	2.230.559	1.404.111	891.494	229.760	325.107	387.261
88	3.587.880	2.244.513	1.399.002	875.359	223.232	323.506	386.152

89	3.602.082	2.262.743	1.397.426	903.038	228.003	322.507	387.689
90	3.600.527	2.241.755	1.401.759	892.924	227.551	324.273	388.550
91	3.589.473	2.265.588	1.412.993	900.918	227.008	329.121	390.022
92	3.611.300	2.236.502	1.405.977	896.690	227.799	325.010	387.495
93	3.600.459	2.265.768	1.399.465	895.366	228.222	323.569	386.175
94	3.570.879	2.243.896	1.410.893	899.644	228.418	325.956	385.636
95	3.616.891	2.254.582	1.394.504	905.878	230.362	323.486	386.957
96	3.608.158	2.261.860	1.398.326	891.988	232.471	323.731	387.452
97	3.582.181	2.252.733	1.405.946	887.376	228.345	324.571	388.129
98	3.603.839	2.265.078	1.399.380	896.650	230.311	325.437	388.230
99	3.595.978	2.249.174	1.399.767	919.298	225.813	325.378	387.132
100	3.607.579	2.250.457	1.402.458	904.748	229.680	325.517	389.139

Tabla 8-24: Simulación 2023 disponibilidad 78,8%. Flota 13 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.883.473	1.034.679	2.383.484	432.193	-	397.081	388.928
2	2.880.903	1.021.647	2.388.281	432.295	-	398.817	387.491
3	2.882.467	1.019.220	2.384.092	432.372	-	401.773	387.333
4	2.892.132	1.029.971	2.379.200	442.239	-	399.331	388.116
5	2.895.888	1.028.572	2.398.422	440.886	-	407.610	387.882
6	2.889.043	1.016.319	2.378.806	430.676	-	408.789	386.431
7	2.890.241	1.025.780	2.382.966	430.245	-	400.462	387.709
8	2.885.334	992.003	2.393.385	434.968	-	401.413	388.343
9	2.872.527	1.017.538	2.378.912	445.641	-	401.442	386.611
10	2.892.966	1.011.787	2.395.804	439.638	-	401.048	387.094
11	2.879.307	1.011.428	2.396.443	435.869	-	405.024	387.299
12	2.883.144	1.015.223	2.386.863	445.780	-	396.927	388.897
13	2.882.445	1.010.512	2.404.095	438.289	-	406.840	387.317
14	2.893.765	1.028.032	2.395.191	437.249	-	401.029	388.769
15	2.882.794	1.027.113	2.386.363	440.777	-	398.933	389.000
16	2.875.191	1.030.905	2.388.912	442.680	-	399.181	388.332
17	2.888.189	1.025.115	2.389.711	428.325	-	398.056	389.147
18	2.886.747	1.009.861	2.388.042	439.526	-	402.610	387.994
19	2.884.826	1.024.625	2.400.881	452.641	-	402.431	386.128
20	2.893.319	1.013.657	2.388.857	446.929	-	399.534	388.582
21	2.867.457	1.017.520	2.380.208	437.144	-	400.592	387.521
22	2.877.179	1.027.396	2.392.473	431.354	-	405.895	387.342
23	2.880.425	1.022.090	2.399.984	429.661	-	410.035	386.716
24	2.884.057	1.013.365	2.409.134	451.418	-	402.931	388.247
25	2.888.628	999.526	2.390.585	440.072	-	403.115	387.930
26	2.877.423	1.034.994	2.395.107	432.344	-	404.394	388.037
27	2.879.128	1.007.962	2.391.210	434.911	-	397.834	388.313
28	2.895.780	995.398	2.393.952	436.933	-	398.701	387.355
29	2.882.357	1.022.244	2.379.457	433.229	-	392.630	387.261
30	2.891.360	1.008.606	2.382.004	438.677	-	401.270	388.416
31	2.884.918	1.016.625	2.384.017	436.934	-	395.856	387.709
32	2.873.907	1.020.539	2.384.817	429.656	-	400.951	388.320
33	2.904.747	1.026.587	2.402.001	440.749	-	409.906	387.928
34	2.889.949	1.002.619	2.396.914	440.746	-	403.125	388.797
35	2.892.604	1.013.648	2.390.098	437.106	-	406.376	387.097
36	2.877.670	1.024.033	2.373.282	435.022	-	397.897	387.208
37	2.896.251	995.114	2.386.277	451.403	-	403.094	385.817
38	2.892.020	1.027.596	2.393.599	446.557	-	401.318	386.747
39	2.888.262	1.019.467	2.390.880	429.758	-	399.956	388.936
40	2.897.558	1.019.766	2.401.531	449.929	-	408.933	387.109
41	2.902.591	1.022.038	2.375.471	436.470	-	396.137	389.235
42	2.881.778	1.021.923	2.397.563	434.979	-	400.604	386.784

43	2.884.652	1.033.394	2.404.613	430.726	-	408.448	388.902
44	2.885.201	1.006.027	2.383.470	439.410	-	397.815	388.175
45	2.873.831	1.023.437	2.379.479	444.059	-	398.730	388.014
46	2.866.611	1.019.059	2.406.470	443.182	-	407.577	386.994
47	2.876.619	1.026.122	2.392.917	441.281	-	399.474	386.758
48	2.877.995	1.017.269	2.396.641	438.204	-	399.266	388.425
49	2.875.727	1.026.001	2.408.170	441.866	-	403.466	387.784
50	2.887.339	1.000.822	2.392.517	444.729	-	404.345	386.803
51	2.873.493	1.014.854	2.382.843	441.535	-	400.582	387.863
52	2.891.479	1.039.969	2.387.611	437.915	-	399.716	387.482
53	2.905.559	994.714	2.392.097	435.576	-	404.151	387.382
54	2.871.346	1.012.348	2.379.395	432.201	-	394.966	388.916
55	2.881.716	1.041.743	2.392.015	439.998	-	398.674	388.507
56	2.886.111	1.017.159	2.388.359	439.290	-	397.865	388.764
57	2.888.580	1.018.263	2.401.024	437.278	-	403.073	386.370
58	2.892.956	1.012.300	2.400.228	442.721	-	401.394	387.015
59	2.887.446	1.033.951	2.387.374	441.601	-	402.733	387.494
60	2.886.136	1.030.278	2.390.291	431.884	-	403.206	388.495
61	2.903.194	1.008.495	2.393.786	447.518	-	403.407	388.989
62	2.878.715	1.027.644	2.393.739	439.344	-	398.484	387.625
63	2.894.756	1.005.991	2.385.023	442.289	-	400.486	387.480
64	2.883.750	1.010.501	2.404.766	437.738	-	401.116	387.806
65	2.885.007	997.857	2.372.996	438.148	-	406.504	386.856
66	2.876.022	1.020.820	2.400.500	444.305	-	397.647	385.758
67	2.883.060	1.037.044	2.392.830	431.899	-	400.316	389.870
68	2.893.219	1.029.371	2.398.372	435.460	-	404.935	387.050
69	2.894.344	1.008.868	2.389.521	440.611	-	403.941	388.274
70	2.904.459	1.017.056	2.399.137	433.786	-	410.163	388.699
71	2.892.188	1.001.068	2.385.155	436.888	-	407.096	389.140
72	2.880.459	1.003.760	2.384.224	442.445	-	409.623	387.992
73	2.888.127	1.037.786	2.386.895	434.046	-	401.342	386.894
74	2.897.633	998.762	2.384.806	441.318	-	408.715	388.415
75	2.884.809	1.023.925	2.383.913	439.704	-	399.064	387.861
76	2.899.424	1.017.662	2.382.825	444.050	-	402.827	387.335
77	2.889.006	1.014.525	2.384.453	443.271	-	405.909	388.125
78	2.891.558	1.003.570	2.394.067	436.939	-	396.556	385.467
79	2.886.711	1.027.653	2.385.616	438.268	-	396.996	388.193
80	2.877.496	1.018.569	2.385.493	431.914	-	399.916	386.827
81	2.907.863	1.033.408	2.385.605	454.721	-	402.662	388.014
82	2.887.095	1.030.374	2.386.864	432.321	-	404.042	387.193
83	2.876.906	1.024.357	2.378.901	431.650	-	396.066	387.482
84	2.901.533	1.014.334	2.388.268	429.837	-	408.606	386.839
85	2.892.055	998.359	2.400.941	441.750	-	399.738	388.582
86	2.909.447	1.015.965	2.383.755	438.706	-	403.372	386.379
87	2.869.372	1.040.238	2.382.558	438.035	-	399.784	389.085
88	2.895.212	1.026.284	2.401.638	437.346	-	403.932	388.523

89	2.886.361	1.008.054	2.391.521	445.660	-	401.248	387.565
90	2.897.679	1.029.042	2.374.797	436.096	-	399.402	385.880
91	2.881.485	1.005.209	2.395.946	445.461	-	403.504	387.965
92	2.876.925	1.034.295	2.392.403	438.190	-	400.891	387.151
93	2.883.202	1.005.029	2.391.234	438.614	-	407.259	386.970
94	2.886.041	1.026.901	2.374.699	445.596	-	397.235	387.962
95	2.884.461	1.016.215	2.403.266	441.833	-	408.209	387.859
96	2.879.258	1.008.937	2.396.956	441.758	-	404.675	387.406
97	2.892.311	1.018.064	2.387.862	440.349	-	397.780	389.128
98	2.908.105	1.005.719	2.385.349	455.890	-	402.949	388.162
99	2.907.417	1.021.622	2.391.743	445.743	-	400.989	387.177
100	2.896.771	1.020.340	2.400.820	441.820	-	402.179	388.387

Tabla 8-25: Simulación 2022 disponibilidad 83%. Flota 13 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.728.134	2.391.325	1.472.677	948.385	269.924	342.590	388.346
2	3.743.585	2.392.233	1.447.810	921.838	270.532	341.830	387.566
3	3.729.944	2.400.127	1.471.139	940.508	266.212	343.773	388.195
4	3.729.722	2.391.685	1.469.198	947.317	265.731	344.504	386.941
5	3.739.211	2.367.323	1.461.644	946.234	263.671	344.235	386.720
6	3.738.411	2.367.168	1.454.293	930.639	267.115	340.505	388.822
7	3.728.799	2.397.121	1.474.243	957.026	263.417	345.234	387.696
8	3.718.104	2.376.953	1.474.824	950.658	267.016	343.965	387.466
9	3.746.100	2.392.754	1.464.270	925.589	264.245	344.816	386.228
10	3.744.682	2.410.500	1.467.875	950.561	267.262	343.454	387.046
11	3.724.918	2.387.092	1.479.857	952.004	269.628	343.623	387.572
12	3.741.194	2.400.127	1.451.868	950.231	267.731	340.507	387.059
13	3.751.280	2.366.868	1.467.725	954.305	262.630	340.289	386.778
14	3.723.200	2.370.966	1.457.907	934.043	275.662	341.493	388.554
15	3.755.626	2.372.627	1.465.216	924.711	266.189	345.467	384.583
16	3.738.900	2.406.355	1.463.637	941.785	269.026	341.208	386.185
17	3.752.847	2.393.518	1.464.131	930.302	265.805	343.058	386.838
18	3.749.963	2.414.674	1.461.473	930.302	265.409	339.214	388.531
19	3.737.356	2.423.652	1.459.032	952.968	267.860	341.257	388.639
20	3.745.233	2.404.184	1.471.856	930.302	269.760	341.892	386.299
21	3.733.562	2.403.034	1.469.827	938.025	273.133	345.019	386.356
22	3.733.717	2.392.733	1.462.541	938.914	267.931	345.031	388.443
23	3.748.430	2.420.497	1.460.902	929.316	267.830	343.327	387.136
24	3.746.377	2.384.398	1.457.799	940.936	265.295	342.572	387.980
25	3.735.940	2.415.902	1.470.210	961.444	269.266	342.965	387.675
26	3.734.327	2.394.190	1.469.718	950.208	262.496	342.344	386.350
27	3.741.099	2.383.106	1.464.395	930.302	269.551	341.394	387.848
28	3.735.252	2.394.042	1.466.348	930.389	261.553	345.427	386.593
29	3.756.558	2.393.886	1.461.537	930.302	272.262	342.589	388.667
30	3.724.975	2.385.926	1.468.318	952.622	264.636	343.783	387.551
31	3.729.877	2.380.599	1.478.625	951.075	271.777	342.768	387.555
32	3.720.070	2.385.711	1.478.772	939.722	273.010	347.340	387.855
33	3.740.624	2.414.770	1.462.958	943.581	272.296	341.418	387.970
34	3.738.948	2.409.524	1.463.949	930.302	270.870	342.048	388.163
35	3.722.030	2.405.003	1.460.895	942.587	265.135	339.177	386.408
36	3.739.728	2.386.050	1.463.834	929.809	267.759	340.970	387.491
37	3.727.113	2.395.067	1.478.987	952.475	269.809	343.162	386.806
38	3.758.374	2.438.223	1.476.088	930.302	272.177	346.177	387.122
39	3.740.153	2.415.805	1.462.888	948.190	268.877	341.914	387.040
40	3.737.728	2.345.117	1.450.494	943.152	261.999	339.901	388.302
41	3.740.101	2.383.123	1.463.786	930.302	265.765	342.693	389.462
42	3.742.468	2.400.127	1.473.755	939.668	258.593	342.249	388.894

43	3.719.980	2.400.127	1.471.795	930.302	268.027	344.279	388.466
44	3.750.228	2.380.470	1.456.964	921.540	271.988	341.737	389.072
45	3.735.913	2.407.623	1.459.425	930.302	261.968	340.202	387.965
46	3.736.845	2.419.342	1.466.257	958.371	265.920	341.893	387.640
47	3.739.832	2.419.509	1.458.743	956.842	269.364	338.631	385.451
48	3.741.471	2.375.964	1.464.273	942.109	264.441	341.226	387.334
49	3.736.491	2.380.396	1.465.610	927.338	266.195	343.503	388.107
50	3.745.895	2.400.127	1.474.131	944.511	273.240	342.329	388.366
51	3.725.582	2.374.292	1.467.284	938.646	275.166	340.257	389.970
52	3.739.529	2.390.413	1.467.992	937.897	266.119	343.207	387.206
53	3.749.371	2.372.295	1.468.433	946.470	263.234	342.522	387.892
54	3.741.099	2.374.747	1.459.182	942.443	269.034	342.460	387.059
55	3.734.290	2.385.855	1.460.001	952.107	261.765	346.802	387.547
56	3.736.124	2.415.888	1.470.777	946.377	272.782	346.335	388.282
57	3.751.766	2.384.890	1.462.330	945.045	271.333	340.867	387.656
58	3.730.907	2.391.430	1.483.335	944.473	272.470	345.212	388.072
59	3.739.822	2.402.603	1.463.856	938.116	271.981	344.053	387.490
60	3.745.343	2.414.024	1.475.863	944.859	265.385	347.225	386.581
61	3.722.992	2.414.116	1.464.674	948.356	264.374	341.736	386.429
62	3.726.328	2.395.783	1.463.967	955.421	268.751	344.013	389.708
63	3.736.057	2.377.673	1.464.994	928.715	283.311	339.464	388.065
64	3.729.149	2.406.764	1.463.728	957.066	274.626	343.961	386.564
65	3.730.517	2.394.391	1.460.606	920.180	269.676	340.793	388.287
66	3.729.710	2.394.748	1.462.419	945.295	271.898	343.078	386.417
67	3.749.021	2.397.330	1.464.413	928.963	257.984	341.558	386.461
68	3.731.909	2.373.040	1.475.990	940.017	272.221	341.750	388.824
69	3.730.675	2.389.095	1.475.803	937.935	276.589	342.818	386.079
70	3.734.603	2.365.035	1.458.501	946.902	265.681	340.748	387.667
71	3.727.898	2.400.127	1.467.096	948.242	267.628	341.321	386.578
72	3.727.844	2.376.907	1.461.250	934.825	268.165	341.349	387.885
73	3.748.594	2.376.539	1.463.484	931.667	270.922	342.004	388.235
74	3.735.302	2.398.123	1.467.500	929.791	266.034	342.606	386.673
75	3.749.305	2.389.714	1.475.648	950.703	259.100	346.679	388.953
76	3.756.634	2.395.133	1.459.419	938.885	263.590	341.398	387.565
77	3.717.747	2.402.783	1.472.868	948.791	269.208	343.181	389.894
78	3.723.374	2.380.469	1.467.210	934.882	260.385	343.375	386.245
79	3.739.222	2.382.969	1.460.226	925.353	266.617	338.589	387.701
80	3.750.100	2.392.514	1.453.900	930.302	270.445	341.407	387.352
81	3.751.315	2.400.127	1.461.219	944.114	268.695	341.710	386.622
82	3.738.401	2.384.076	1.458.955	949.584	274.275	339.194	388.116
83	3.738.655	2.397.732	1.476.020	937.779	268.655	344.278	387.969
84	3.727.752	2.384.995	1.468.044	937.872	280.048	341.577	387.523
85	3.750.887	2.419.663	1.462.354	945.462	274.991	342.714	388.203
86	3.753.210	2.431.694	1.466.843	923.176	270.140	343.861	387.869
87	3.755.877	2.395.158	1.469.488	952.379	280.309	342.196	386.696
88	3.751.819	2.400.127	1.465.828	930.302	270.438	341.909	387.594

89	3.719.138	2.388.888	1.466.453	938.725	260.959	339.933	387.141
90	3.748.895	2.399.196	1.458.599	930.302	270.628	343.464	388.185
91	3.757.355	2.400.127	1.468.555	948.716	267.366	342.199	387.973
92	3.726.503	2.386.718	1.462.362	928.722	277.000	337.586	388.363
93	3.736.742	2.369.392	1.459.392	939.152	259.575	341.462	387.113
94	3.731.779	2.382.615	1.473.422	930.302	266.551	343.586	388.484
95	3.735.965	2.397.840	1.470.174	940.045	271.003	344.125	386.286
96	3.750.401	2.419.653	1.467.935	930.302	272.082	343.880	388.212
97	3.732.186	2.357.787	1.470.379	940.997	261.567	346.040	389.163
98	3.736.500	2.402.173	1.474.454	951.210	266.963	343.381	388.288
99	3.747.118	2.411.538	1.454.135	939.611	264.916	341.998	388.332
100	3.745.209	2.391.491	1.475.224	942.041	271.199	343.752	387.603

Tabla 8-26: Simulación 2023 disponibilidad 83%. Flota 13 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.002.888	879.472	2.497.366	466.748	-	510.078	384.494
2	3.013.323	878.564	2.500.722	467.963	-	490.957	389.779
3	3.005.577	870.669	2.525.333	481.542	-	513.508	390.787
4	2.996.893	879.111	2.509.012	470.526	-	501.766	387.929
5	2.991.848	903.474	2.511.940	466.955	-	505.805	389.626
6	2.988.095	903.629	2.503.445	470.972	-	505.226	387.767
7	3.001.708	873.676	2.517.052	468.066	-	506.717	388.536
8	3.008.776	893.844	2.505.153	469.860	-	510.191	387.970
9	3.010.079	878.043	2.511.283	472.497	-	506.855	388.288
10	3.018.072	860.297	2.500.433	470.485	-	506.828	387.215
11	3.012.087	883.705	2.504.657	469.617	-	516.791	388.108
12	3.009.736	870.669	2.503.685	475.134	-	510.622	386.636
13	3.002.236	903.929	2.512.337	473.469	-	509.835	387.981
14	2.991.592	899.831	2.510.839	473.974	-	500.764	387.968
15	3.015.655	898.170	2.499.042	483.666	-	499.142	389.264
16	3.016.951	864.442	2.511.257	483.602	-	509.095	387.723
17	2.999.267	877.279	2.513.024	470.111	-	506.690	388.011
18	2.989.016	856.123	2.511.464	466.117	-	511.309	386.685
19	3.017.352	847.145	2.502.902	471.065	-	517.537	388.485
20	3.001.148	866.612	2.515.338	471.181	-	505.296	387.515
21	3.015.898	867.763	2.513.225	470.461	-	507.358	388.627
22	3.014.143	878.064	2.493.738	461.335	-	496.796	389.030
23	3.006.831	850.300	2.509.697	473.012	-	507.378	388.188
24	3.008.055	886.399	2.505.726	471.836	-	506.838	387.799
25	3.012.546	854.895	2.506.282	471.840	-	531.184	386.070
26	3.010.928	876.607	2.501.269	483.128	-	505.309	386.812
27	3.001.029	887.691	2.507.654	472.517	-	489.839	387.370
28	3.005.496	876.755	2.508.457	465.934	-	516.984	386.340
29	3.013.974	876.910	2.498.922	489.889	-	502.543	387.864
30	3.022.889	884.871	2.498.248	476.382	-	500.450	390.611
31	3.001.978	890.198	2.499.086	475.996	-	500.596	389.229
32	3.018.757	885.086	2.499.645	474.668	-	514.083	387.608
33	2.999.537	856.027	2.512.878	465.021	-	511.834	386.714
34	3.010.601	861.273	2.508.351	481.937	-	502.829	388.133
35	3.007.763	865.794	2.499.573	479.093	-	518.404	387.862
36	2.989.685	884.747	2.513.259	470.616	-	507.172	386.740
37	3.017.094	875.729	2.509.644	475.059	-	517.463	388.632
38	3.011.000	832.573	2.510.664	470.431	-	518.457	388.500
39	3.007.096	854.992	2.511.959	470.356	-	520.537	388.110
40	3.000.950	925.680	2.494.546	475.993	-	501.648	388.173
41	3.013.314	887.674	2.509.725	476.107	-	517.181	386.602
42	3.014.202	870.669	2.501.756	479.875	-	518.854	388.580

43	3.011.933	870.669	2.486.641	467.893	-	498.098	389.309
44	3.022.761	890.327	2.512.909	459.649	-	499.841	386.031
45	3.015.233	863.174	2.495.906	472.562	-	520.810	389.053
46	3.022.857	851.454	2.506.595	469.122	-	518.396	387.394
47	3.006.293	851.288	2.528.143	474.017	-	532.167	387.907
48	3.015.507	894.833	2.499.022	469.870	-	499.155	387.534
49	3.012.536	890.401	2.516.891	468.354	-	509.160	387.579
50	3.016.532	870.669	2.502.252	468.989	-	493.652	388.655
51	3.006.913	896.505	2.506.753	482.511	-	512.348	386.184
52	3.001.643	880.384	2.493.025	467.537	-	503.117	388.695
53	2.988.915	898.501	2.505.958	468.741	-	509.494	386.511
54	3.018.059	896.050	2.498.609	475.777	-	509.410	387.643
55	3.011.752	884.941	2.525.580	475.654	-	522.725	386.299
56	3.012.527	854.909	2.512.618	473.147	-	521.354	388.190
57	3.006.638	885.907	2.506.381	460.125	-	505.306	387.122
58	2.995.475	879.367	2.503.895	469.868	-	491.805	386.206
59	3.015.248	868.194	2.486.526	482.268	-	487.798	387.195
60	2.996.117	856.773	2.516.925	474.080	-	518.034	387.664
61	3.007.746	856.681	2.513.801	474.254	-	518.022	389.505
62	2.998.140	875.014	2.511.338	473.907	-	499.514	387.813
63	3.001.840	893.124	2.516.237	458.806	-	510.962	387.193
64	3.011.738	864.033	2.506.336	466.957	-	497.607	385.327
65	3.008.210	876.405	2.503.967	469.293	-	493.991	388.980
66	2.990.859	876.049	2.509.076	474.617	-	511.386	388.295
67	3.011.777	873.467	2.506.307	472.254	-	513.303	389.359
68	3.010.122	897.757	2.504.253	481.213	-	517.377	388.587
69	3.001.415	881.701	2.492.026	484.113	-	496.621	387.404
70	3.014.906	905.762	2.504.320	467.799	-	493.178	388.206
71	3.019.072	870.669	2.489.192	476.358	-	505.526	386.855
72	2.997.509	893.890	2.506.814	484.429	-	512.386	387.065
73	2.997.591	894.258	2.489.548	456.836	-	494.685	389.538
74	3.004.952	872.674	2.501.646	488.278	-	514.980	386.104
75	3.003.381	881.082	2.495.653	481.249	-	507.968	385.662
76	3.019.930	875.663	2.504.357	483.194	-	509.368	387.223
77	3.019.623	868.013	2.507.041	470.927	-	523.783	389.321
78	2.998.952	890.328	2.504.946	466.040	-	504.073	387.393
79	3.016.073	887.827	2.486.100	465.681	-	501.469	387.187
80	3.027.461	878.283	2.510.658	472.346	-	514.356	387.698
81	3.022.284	870.669	2.497.886	469.498	-	500.321	385.972
82	3.012.732	886.721	2.499.233	474.664	-	518.512	387.650
83	3.002.033	873.065	2.499.076	468.784	-	509.294	386.023
84	3.020.798	885.802	2.492.352	476.485	-	497.987	387.042
85	3.018.649	851.134	2.500.858	474.123	-	509.303	388.133
86	3.003.822	839.103	2.503.924	478.524	-	513.215	387.570
87	3.013.694	875.639	2.489.591	473.797	-	498.337	389.695
88	3.006.162	870.669	2.502.771	480.409	-	498.993	387.124

89	3.007.965	881.909	2.494.481	459.746	-	507.719	386.389
90	3.013.992	871.601	2.509.911	482.391	-	509.113	386.498
91	3.011.834	870.669	2.503.827	465.984	-	519.647	386.898
92	3.007.998	884.079	2.496.525	465.966	-	514.207	386.572
93	3.011.507	901.404	2.487.871	462.809	-	486.189	387.905
94	2.990.721	888.182	2.515.868	472.992	-	503.738	388.969
95	3.010.505	872.957	2.513.079	474.098	-	522.258	385.704
96	3.003.578	851.143	2.515.335	471.460	-	518.157	387.170
97	3.007.994	913.010	2.490.127	466.780	-	501.985	387.467
98	3.008.196	868.623	2.504.202	473.541	-	496.722	388.465
99	3.007.866	859.259	2.510.914	467.617	-	505.689	386.138
100	3.003.932	879.305	2.500.739	479.154	-	500.281	388.499

Tabla 8-27: Simulación 2022 disponibilidad 88%. Flota 13 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.852.822	2.532.694	1.530.896	976.778	339.384	364.138	386.938
2	3.862.452	2.519.625	1.533.509	993.416	341.195	370.770	387.826
3	3.853.823	2.507.976	1.523.133	980.790	342.196	367.168	387.519
4	3.857.089	2.478.520	1.517.529	1.009.030	333.011	371.619	386.109
5	3.848.149	2.504.314	1.517.114	1.000.899	325.222	367.324	387.316
6	3.838.454	2.513.838	1.531.745	981.499	330.758	365.447	388.259
7	3.859.841	2.491.916	1.505.842	981.499	342.367	367.189	388.342
8	3.842.498	2.509.312	1.536.220	970.601	324.491	374.107	389.335
9	3.857.259	2.508.023	1.532.038	991.704	337.228	370.740	387.574
10	3.839.581	2.514.364	1.520.179	970.413	330.942	371.092	387.732
11	3.850.462	2.496.282	1.532.132	981.499	335.708	369.708	388.033
12	3.846.458	2.514.088	1.521.275	981.758	334.859	365.590	387.829
13	3.847.542	2.522.257	1.524.721	981.499	334.543	365.175	387.101
14	3.845.074	2.516.130	1.535.060	981.499	337.167	372.504	388.743
15	3.848.643	2.496.566	1.535.054	981.499	338.007	366.000	387.901
16	3.870.446	2.521.242	1.504.615	998.743	332.746	366.407	386.566
17	3.838.336	2.500.702	1.529.216	981.499	321.320	366.120	386.248
18	3.862.513	2.536.350	1.502.418	981.839	332.797	365.994	386.937
19	3.844.040	2.519.405	1.534.626	972.689	328.634	365.936	388.963
20	3.847.992	2.524.980	1.529.459	989.321	336.638	367.460	388.365
21	3.849.055	2.513.364	1.523.528	995.334	335.430	368.501	388.174
22	3.836.323	2.525.988	1.523.694	981.499	329.549	368.997	387.555
23	3.842.933	2.529.538	1.537.157	981.021	330.846	374.601	388.004
24	3.846.199	2.504.954	1.526.105	979.971	340.917	366.934	388.547
25	3.853.268	2.492.730	1.517.516	978.148	337.610	358.743	385.579
26	3.846.807	2.520.688	1.521.906	995.524	328.551	364.695	387.802
27	3.846.628	2.492.005	1.524.639	994.500	341.318	363.918	388.491
28	3.846.732	2.515.105	1.524.543	980.858	329.670	370.879	389.172
29	3.860.492	2.528.443	1.521.017	1.000.757	343.522	369.895	387.819
30	3.836.549	2.513.007	1.522.181	975.597	331.240	368.553	387.103
31	3.855.837	2.527.364	1.519.091	981.499	330.835	365.846	387.070
32	3.858.127	2.474.795	1.529.522	988.323	335.046	368.065	387.888
33	3.852.486	2.520.524	1.530.264	981.499	331.390	372.769	387.014
34	3.843.663	2.525.422	1.533.208	980.358	333.177	371.049	389.069
35	3.843.103	2.522.483	1.535.725	981.499	328.398	370.303	388.044
36	3.844.158	2.502.580	1.527.492	991.338	329.453	370.042	386.929
37	3.857.238	2.521.339	1.525.386	981.499	333.779	371.708	386.447
38	3.821.474	2.503.853	1.527.693	961.669	327.729	368.903	389.672
39	3.846.848	2.520.614	1.539.724	983.296	326.717	370.880	388.424
40	3.865.877	2.492.880	1.507.678	991.312	331.002	365.128	386.277
41	3.868.210	2.501.724	1.521.961	975.660	338.446	373.280	386.940
42	3.849.464	2.534.044	1.532.659	1.000.500	328.344	368.355	387.291

43	3.857.999	2.542.086	1.528.169	1.004.765	333.621	365.814	389.185
44	3.841.327	2.498.761	1.534.698	971.726	331.764	369.439	387.256
45	3.860.653	2.519.974	1.520.564	981.499	329.958	364.361	389.801
46	3.845.868	2.508.020	1.524.276	999.839	329.379	369.134	388.376
47	3.850.624	2.509.360	1.528.322	980.970	328.472	372.519	388.416
48	3.855.171	2.529.538	1.528.152	977.860	333.716	366.505	387.658
49	3.850.553	2.521.830	1.533.920	1.000.402	327.607	369.418	389.817
50	3.866.852	2.525.269	1.509.809	993.669	332.106	368.357	386.974
51	3.833.985	2.516.145	1.544.047	994.856	330.551	363.601	386.340
52	3.844.609	2.505.506	1.529.295	1.003.539	329.608	369.188	387.585
53	3.843.284	2.507.807	1.527.910	981.499	338.971	367.226	387.541
54	3.846.957	2.511.974	1.521.567	981.499	331.132	365.895	385.973
55	3.857.753	2.510.654	1.518.735	998.097	339.081	369.486	387.743
56	3.840.753	2.473.472	1.521.147	991.130	328.794	374.206	386.884
57	3.852.370	2.504.026	1.520.493	998.927	337.395	370.887	386.206
58	3.850.345	2.512.484	1.518.112	989.954	341.210	369.876	387.573
59	3.847.189	2.508.591	1.525.504	994.197	331.267	371.052	387.486
60	3.860.828	2.507.985	1.527.765	989.653	339.111	366.079	389.282
61	3.856.311	2.509.632	1.513.875	1.004.651	330.304	365.829	387.752
62	3.852.429	2.485.075	1.519.125	981.499	327.150	369.200	388.724
63	3.866.591	2.502.504	1.505.305	1.011.408	326.409	363.654	388.102
64	3.847.261	2.477.576	1.524.483	992.311	336.737	371.717	388.345
65	3.873.659	2.501.220	1.515.088	1.000.428	333.625	372.723	389.006
66	3.854.757	2.494.157	1.532.910	998.583	334.230	367.092	387.467
67	3.847.081	2.507.943	1.514.557	997.620	336.912	366.158	387.865
68	3.848.360	2.481.744	1.521.742	978.199	345.029	366.630	389.159
69	3.844.745	2.488.080	1.536.712	976.005	332.783	367.563	385.680
70	3.847.688	2.492.191	1.524.067	1.008.581	326.665	364.370	387.477
71	3.838.586	2.510.956	1.523.726	995.133	339.235	364.666	387.094
72	3.850.026	2.539.014	1.526.416	972.518	326.368	374.042	388.571
73	3.861.382	2.528.575	1.513.540	991.455	337.964	362.519	388.227
74	3.845.647	2.525.612	1.525.798	999.133	329.291	368.451	388.679
75	3.839.251	2.508.717	1.527.642	996.748	326.771	373.938	385.919
76	3.862.193	2.524.325	1.511.331	1.020.950	329.712	366.421	387.336
77	3.844.179	2.473.365	1.517.113	981.499	339.740	364.492	387.451
78	3.863.026	2.502.886	1.517.187	970.074	330.616	365.008	389.120
79	3.850.413	2.508.465	1.522.501	984.390	322.836	366.353	387.238
80	3.843.816	2.469.253	1.520.614	978.347	334.889	369.011	388.482
81	3.861.322	2.539.028	1.522.215	967.848	335.123	375.125	387.421
82	3.868.384	2.511.770	1.515.647	993.270	335.943	367.936	386.511
83	3.859.745	2.519.356	1.526.433	1.006.394	342.350	369.536	387.303
84	3.858.245	2.524.699	1.513.847	1.002.406	328.518	364.225	388.752
85	3.852.104	2.513.180	1.525.049	997.390	330.781	366.901	387.671
86	3.854.008	2.521.937	1.524.325	1.001.680	332.470	365.609	387.127
87	3.845.819	2.522.649	1.524.346	971.774	327.416	370.231	388.502
88	3.866.039	2.486.745	1.526.896	997.482	335.819	367.708	387.406

89	3.836.489	2.507.932	1.533.140	981.499	334.132	367.870	386.452
90	3.854.858	2.529.538	1.525.775	980.958	331.460	368.491	388.319
91	3.855.833	2.484.767	1.522.293	1.000.811	336.558	363.732	387.524
92	3.830.677	2.512.091	1.529.995	978.194	333.973	366.096	388.709
93	3.854.549	2.498.041	1.505.736	994.272	317.354	367.476	386.669
94	3.842.690	2.499.557	1.520.709	977.779	327.469	366.353	386.598
95	3.833.625	2.498.394	1.540.080	980.050	335.586	370.648	387.812
96	3.859.770	2.518.700	1.526.497	990.711	324.456	366.556	387.267
97	3.845.960	2.518.738	1.518.809	992.650	335.593	366.226	389.195
98	3.859.573	2.521.939	1.520.765	975.375	338.837	371.553	389.350
99	3.863.718	2.514.437	1.517.764	981.499	335.960	369.804	389.333
100	3.830.292	2.507.603	1.525.023	993.167	340.719	362.287	389.426

Tabla 8-28: Simulación 2023 disponibilidad 88%. Flota 13 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.065.726	738.102	2.575.837	483.135	-	591.290	387.874
2	3.079.585	751.172	2.558.544	492.692	-	582.715	386.853
3	3.078.168	762.821	2.568.804	482.173	-	586.632	388.478
4	3.078.922	792.277	2.561.344	488.848	-	589.755	388.276
5	3.061.307	766.483	2.567.938	491.273	-	603.155	388.385
6	3.088.470	756.959	2.551.000	491.779	-	600.131	388.077
7	3.081.776	778.881	2.570.417	492.480	-	586.116	387.329
8	3.063.404	761.485	2.562.483	486.602	-	598.596	387.859
9	3.066.876	762.773	2.568.830	485.380	-	587.466	387.860
10	3.075.770	756.433	2.557.267	488.878	-	593.724	388.026
11	3.085.331	774.515	2.555.752	498.210	-	588.995	386.378
12	3.077.756	756.708	2.559.850	497.994	-	594.712	387.332
13	3.061.114	748.540	2.558.899	497.522	-	596.549	389.167
14	3.070.037	754.667	2.558.318	482.182	-	586.514	387.443
15	3.082.067	774.231	2.563.535	482.003	-	592.098	388.204
16	3.080.859	749.555	2.569.816	487.130	-	594.338	386.925
17	3.073.726	770.095	2.564.441	482.737	-	605.248	386.439
18	3.058.201	734.447	2.573.619	504.297	-	596.221	388.075
19	3.062.087	751.392	2.568.466	490.667	-	602.559	388.166
20	3.067.761	745.816	2.568.219	479.371	-	593.952	389.685
21	3.071.890	757.433	2.556.222	496.019	-	591.350	387.107
22	3.077.682	744.809	2.560.134	496.819	-	595.137	386.127
23	3.067.538	741.259	2.564.337	484.518	-	591.261	388.704
24	3.086.984	765.843	2.560.012	512.069	-	588.945	388.249
25	3.082.215	778.067	2.560.042	480.351	-	595.567	386.341
26	3.064.539	750.109	2.556.104	496.503	-	600.724	386.169
27	3.065.357	778.792	2.573.923	491.721	-	590.654	387.399
28	3.052.780	755.692	2.562.311	484.045	-	597.227	388.604
29	3.074.604	742.353	2.564.742	478.995	-	582.727	388.325
30	3.076.677	757.790	2.565.893	479.744	-	595.828	388.519
31	3.066.566	743.433	2.564.101	477.591	-	598.865	388.475
32	3.078.259	796.002	2.552.367	487.539	-	592.284	387.507
33	3.071.448	750.273	2.554.450	489.389	-	589.378	386.522
34	3.075.952	745.375	2.554.680	478.615	-	592.900	388.057
35	3.066.546	748.314	2.563.413	489.785	-	597.092	387.748
36	3.067.032	768.216	2.560.676	494.805	-	595.006	387.573
37	3.078.333	749.458	2.571.664	489.820	-	588.577	387.618
38	3.066.168	766.944	2.564.258	485.451	-	599.609	386.569
39	3.062.902	750.183	2.559.797	480.383	-	600.632	389.805
40	3.073.615	777.917	2.570.031	478.238	-	597.161	387.014
41	3.060.194	769.072	2.558.304	492.871	-	583.203	387.988
42	3.063.874	736.753	2.564.979	478.881	-	599.677	389.084

43	3.053.074	728.711	2.559.686	486.894	-	597.570	387.819
44	3.075.505	772.036	2.558.351	493.788	-	591.807	385.754
45	3.068.036	750.823	2.558.926	485.368	-	602.366	386.884
46	3.085.008	762.777	2.553.467	492.663	-	597.454	387.591
47	3.068.804	761.437	2.565.047	481.759	-	596.148	388.723
48	3.075.875	741.259	2.563.603	483.852	-	595.259	387.822
49	3.065.022	748.967	2.553.912	491.203	-	600.392	387.600
50	3.074.394	745.527	2.566.106	481.112	-	594.871	388.360
51	3.056.222	754.652	2.562.130	496.842	-	599.625	387.437
52	3.068.004	765.291	2.570.399	495.005	-	595.430	386.641
53	3.062.602	762.990	2.569.233	489.959	-	589.620	388.275
54	3.080.027	758.823	2.561.837	495.091	-	596.899	387.952
55	3.072.158	760.142	2.571.822	479.304	-	586.934	387.758
56	3.070.406	797.325	2.555.136	495.000	-	592.984	389.101
57	3.057.417	766.771	2.566.685	479.244	-	585.254	387.329
58	3.075.440	758.313	2.567.392	495.772	-	584.956	388.469
59	3.072.984	762.206	2.559.087	491.503	-	591.332	386.164
60	3.070.326	762.812	2.583.952	496.548	-	592.476	388.383
61	3.072.220	761.165	2.563.807	481.035	-	599.471	387.852
62	3.068.900	785.721	2.563.443	495.324	-	600.746	388.372
63	3.066.034	768.293	2.569.200	480.673	-	605.179	387.140
64	3.049.951	793.221	2.566.941	493.793	-	587.431	387.539
65	3.060.038	769.577	2.574.749	478.923	-	589.302	386.643
66	3.076.032	776.640	2.571.598	487.364	-	592.269	386.124
67	3.081.916	762.854	2.563.342	494.221	-	593.115	388.321
68	3.072.379	789.053	2.562.499	482.818	-	583.977	386.477
69	3.058.958	782.717	2.566.327	480.697	-	592.261	386.927
70	3.060.133	778.605	2.558.637	489.431	-	604.537	388.095
71	3.072.023	759.841	2.561.585	484.619	-	589.346	386.152
72	3.069.275	731.783	2.555.447	496.374	-	594.631	386.470
73	3.075.630	742.222	2.568.159	494.679	-	594.298	386.555
74	3.056.449	745.184	2.567.808	499.790	-	597.736	386.800
75	3.071.988	762.080	2.560.705	489.392	-	592.779	387.569
76	3.056.239	746.472	2.568.518	482.830	-	598.918	387.715
77	3.060.171	797.432	2.557.316	489.362	-	590.408	387.188
78	3.063.952	767.911	2.565.809	487.648	-	601.138	387.642
79	3.067.864	762.332	2.555.388	486.584	-	606.882	388.834
80	3.080.445	801.544	2.569.774	491.668	-	591.298	386.717
81	3.071.177	731.769	2.560.834	498.587	-	583.646	386.473
82	3.078.183	759.027	2.566.140	492.552	-	589.681	387.049
83	3.077.559	751.440	2.570.147	497.489	-	583.295	387.878
84	3.060.448	746.098	2.570.212	477.346	-	606.147	390.139
85	3.072.628	757.617	2.565.798	507.834	-	598.243	388.254
86	3.076.031	748.860	2.558.544	484.441	-	597.151	388.103
87	3.067.155	748.148	2.565.015	492.794	-	597.416	386.561
88	3.071.729	784.052	2.569.801	494.124	-	591.940	388.061

89	3.069.728	762.865	2.556.870	487.620	-	591.793	387.343
90	3.067.295	741.259	2.560.140	487.750	-	597.822	389.455
91	3.066.353	786.030	2.569.773	491.379	-	596.222	388.988
92	3.072.327	758.706	2.550.205	486.393	-	597.720	389.080
93	3.081.851	772.756	2.553.905	477.845	-	610.507	388.668
94	3.081.463	771.240	2.557.650	489.058	-	600.252	387.476
95	3.071.395	772.403	2.550.402	496.962	-	589.621	388.042
96	3.065.329	752.097	2.566.841	500.549	-	603.036	386.781
97	3.089.759	752.059	2.551.047	493.595	-	597.098	389.723
98	3.077.434	748.857	2.561.664	489.409	-	587.646	388.687
99	3.077.882	756.359	2.568.793	484.383	-	589.935	386.365
100	3.082.398	763.194	2.561.460	492.118	-	594.249	387.829

8.7. Anexo G: Simulaciones flota 14 camiones

Tabla 8-29: Simulación 2022 disponibilidad 62%. Flota 14 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.048.028	1.871.819	1.187.993	743.737	183.391	281.974	519.715
2	3.066.524	1.894.465	1.198.255	770.121	188.472	278.478	514.294
3	3.045.316	1.880.121	1.180.475	741.090	185.292	272.910	534.017
4	3.035.642	1.872.097	1.189.299	739.439	186.650	280.535	541.234
5	3.059.030	1.896.518	1.197.980	746.287	185.471	276.909	522.816
6	3.065.253	1.889.676	1.198.645	748.517	186.044	276.963	519.623
7	3.061.126	1.888.668	1.200.975	752.472	185.125	278.105	510.858
8	3.077.083	1.901.516	1.192.827	757.374	187.910	276.657	541.340
9	3.062.271	1.866.397	1.178.658	752.781	188.627	279.266	547.718
10	3.056.121	1.867.333	1.177.233	749.531	189.565	277.016	543.507
11	3.047.094	1.871.353	1.179.118	743.000	185.467	272.640	538.019
12	3.062.984	1.905.998	1.192.193	764.098	187.070	275.285	526.911
13	3.071.690	1.902.208	1.203.547	756.883	187.745	277.425	535.239
14	3.054.049	1.870.110	1.178.448	745.265	188.475	272.695	541.086
15	3.063.361	1.891.768	1.182.312	742.780	187.817	284.120	551.680
16	3.069.070	1.898.874	1.192.026	757.298	186.599	277.144	507.410
17	3.041.064	1.884.626	1.190.316	743.091	183.104	274.264	537.201
18	3.072.093	1.891.092	1.198.893	764.660	186.736	279.482	528.455
19	3.064.717	1.898.330	1.197.434	747.790	187.593	277.275	529.656
20	3.054.922	1.886.680	1.190.120	745.874	187.138	278.876	518.169
21	3.063.491	1.895.681	1.189.887	754.805	185.826	284.043	538.013
22	3.045.427	1.889.714	1.176.205	742.181	187.771	272.358	537.574
23	3.044.334	1.876.583	1.186.688	745.110	184.367	274.951	524.178
24	3.067.469	1.887.315	1.193.720	752.700	188.329	275.994	543.730
25	3.055.566	1.888.429	1.189.536	760.081	187.217	276.293	539.561
26	3.075.768	1.915.969	1.199.245	748.686	186.184	277.071	512.345
27	3.062.539	1.866.511	1.196.473	749.068	186.494	282.097	548.423
28	3.050.173	1.883.591	1.180.412	743.756	187.507	271.531	537.847
29	3.021.626	1.862.255	1.181.924	731.522	184.524	274.128	514.505
30	3.059.506	1.887.920	1.186.949	747.621	189.292	279.551	546.334
31	3.054.721	1.888.231	1.202.463	745.439	186.022	277.713	516.461
32	3.063.834	1.911.421	1.195.308	751.185	187.468	275.384	531.380
33	3.051.854	1.879.456	1.180.510	747.246	186.321	274.964	523.644
34	3.046.135	1.868.846	1.188.831	751.077	185.514	276.262	540.251
35	3.060.414	1.883.746	1.190.438	760.875	185.874	284.792	517.856
36	3.063.482	1.864.015	1.181.272	757.770	187.632	274.571	541.701
37	3.047.665	1.896.474	1.201.542	741.374	186.617	277.013	518.667
38	3.067.103	1.878.186	1.180.449	748.670	187.616	273.770	541.128
39	3.050.085	1.883.025	1.187.151	747.374	186.535	280.560	538.612
40	3.033.187	1.884.323	1.188.124	752.542	185.332	275.320	532.017

41	3.060.789	1.876.966	1.179.866	741.219	187.312	273.838	540.983
42	3.078.057	1.883.635	1.193.272	749.511	187.706	277.111	544.650
43	3.059.092	1.882.131	1.189.775	753.958	186.994	283.626	531.420
44	3.067.744	1.899.523	1.192.647	749.930	185.627	279.810	481.367
45	3.052.081	1.892.518	1.199.850	739.948	184.932	287.020	522.427
46	3.048.586	1.883.711	1.185.027	750.793	186.650	273.327	536.388
47	3.055.951	1.882.486	1.187.408	745.289	185.933	274.829	538.931
48	3.053.358	1.869.849	1.195.514	747.496	187.186	276.685	543.360
49	3.064.784	1.879.485	1.176.031	736.290	187.794	280.975	526.591
50	3.046.829	1.883.121	1.187.174	757.883	184.598	274.786	537.598
51	3.041.152	1.881.705	1.184.500	748.505	186.339	275.529	533.925
52	3.043.927	1.878.792	1.183.500	759.815	186.945	277.325	530.246
53	3.060.755	1.890.453	1.187.546	749.660	187.641	278.461	541.871
54	3.044.216	1.883.967	1.191.813	743.400	185.988	276.994	542.212
55	3.063.839	1.889.267	1.190.424	754.609	187.396	274.281	518.508
56	3.056.092	1.882.384	1.191.089	755.942	187.701	278.164	545.359
57	3.060.446	1.861.459	1.181.997	744.920	185.670	276.214	541.715
58	3.073.605	1.885.680	1.182.127	751.885	188.256	279.929	526.426
59	3.037.788	1.873.309	1.187.791	746.347	185.699	276.179	541.627
60	3.082.287	1.895.540	1.179.150	743.425	187.907	272.274	538.066
61	3.059.851	1.901.645	1.196.524	758.978	186.241	276.418	542.592
62	3.034.341	1.894.046	1.193.542	740.649	185.680	274.793	530.176
63	3.053.445	1.885.746	1.197.478	755.015	187.643	277.642	506.600
64	3.045.194	1.871.649	1.187.305	760.883	185.289	275.523	540.578
65	3.057.396	1.881.180	1.192.824	750.549	186.594	283.217	538.208
66	3.068.557	1.885.394	1.201.709	755.745	185.263	285.161	502.049
67	3.052.064	1.894.363	1.198.452	743.598	186.940	277.356	525.636
68	3.047.622	1.874.111	1.189.363	755.613	185.454	275.476	539.317
69	3.064.874	1.896.880	1.187.336	757.744	189.631	274.088	532.669
70	3.064.588	1.886.827	1.187.381	761.064	185.760	275.176	521.594
71	3.048.860	1.881.827	1.187.678	761.367	185.945	274.335	523.525
72	3.050.357	1.889.313	1.185.523	736.386	185.566	274.189	505.136
73	3.050.599	1.876.264	1.182.799	754.542	186.046	275.370	530.897
74	3.052.917	1.853.622	1.184.822	755.973	186.114	274.372	538.870
75	3.060.035	1.875.075	1.190.257	740.116	185.793	278.577	532.588
76	3.074.671	1.890.313	1.184.931	748.363	187.941	276.316	530.150
77	3.052.403	1.877.316	1.183.404	746.119	186.113	273.673	495.789
78	3.058.331	1.881.408	1.182.940	753.714	185.681	274.117	532.194
79	3.065.621	1.884.124	1.189.005	747.446	186.208	274.874	534.819
80	3.056.825	1.851.399	1.175.812	757.761	185.981	273.395	539.023
81	3.070.604	1.884.565	1.194.254	753.992	186.107	277.422	538.568
82	3.083.726	1.890.023	1.194.445	767.359	188.182	276.826	540.286
83	3.054.183	1.873.048	1.187.575	758.764	187.566	275.435	541.888
84	3.075.434	1.876.115	1.178.449	751.738	187.938	272.018	537.891
85	3.054.163	1.881.881	1.197.466	756.488	188.256	276.434	544.525
86	3.058.760	1.892.470	1.202.165	757.082	187.240	277.542	542.561

87	3.051.591	1.885.937	1.180.736	740.977	188.842	273.921	529.903
88	3.061.024	1.879.417	1.181.012	759.769	188.005	279.267	546.065
89	3.057.416	1.890.420	1.176.331	737.972	187.092	278.301	541.636
90	3.049.240	1.873.017	1.184.202	736.869	186.841	273.304	536.699
91	3.074.201	1.898.641	1.193.486	761.335	186.358	276.030	521.477
92	3.053.498	1.875.046	1.187.601	749.916	184.597	275.566	524.311
93	3.075.232	1.907.200	1.201.419	747.301	186.810	276.990	494.948
94	3.069.187	1.891.908	1.197.849	757.429	187.593	276.665	516.589
95	3.054.949	1.900.122	1.193.100	741.337	186.371	274.868	539.024
96	3.047.259	1.885.780	1.182.340	743.910	186.484	274.397	540.799
97	3.058.491	1.887.343	1.192.860	744.536	187.521	283.179	550.171
98	3.060.190	1.902.075	1.196.171	750.550	186.587	276.621	517.409
99	3.050.285	1.878.874	1.179.045	746.403	184.008	276.954	540.786
100	3.045.065	1.878.510	1.186.536	752.240	186.270	274.263	530.633

Tabla 8-30: Simulación 2023 disponibilidad 62%. Flota 14 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.459.608	886.849	2.038.679	365.992	-	342.814	368.293
2	2.477.756	903.471	2.045.049	360.274	-	347.717	379.866
3	2.461.403	893.670	2.031.932	358.342	-	343.053	345.782
4	2.479.339	902.289	2.040.744	365.782	-	360.815	366.340
5	2.473.920	894.301	2.056.128	365.001	-	351.602	370.825
6	2.465.314	884.180	2.031.492	364.090	-	345.130	368.173
7	2.471.277	892.840	2.030.717	373.189	-	344.984	375.911
8	2.474.294	903.027	2.026.744	367.674	-	341.543	344.600
9	2.462.564	894.305	2.040.842	370.619	-	346.834	345.902
10	2.465.358	905.049	2.057.058	364.202	-	341.044	343.943
11	2.492.370	906.443	2.050.270	369.553	-	362.958	362.704
12	2.471.393	898.021	2.059.524	357.872	-	360.119	375.055
13	2.444.267	900.573	2.032.605	364.428	-	349.636	358.201
14	2.457.825	883.874	2.020.534	360.094	-	357.499	357.410
15	2.461.897	901.696	2.021.377	353.029	-	350.537	350.357
16	2.453.791	895.092	2.042.233	373.179	-	350.104	386.264
17	2.474.044	907.007	2.029.063	356.557	-	353.789	352.155
18	2.478.841	895.825	2.044.077	364.243	-	354.518	371.868
19	2.469.179	895.108	2.026.213	364.118	-	352.111	367.023
20	2.472.092	891.827	2.061.008	363.832	-	350.036	374.995
21	2.476.959	905.367	2.040.361	362.656	-	341.913	353.087
22	2.452.951	882.507	2.020.843	372.020	-	343.789	344.112
23	2.465.387	893.706	2.036.100	362.602	-	352.202	367.001
24	2.453.789	895.178	2.049.761	353.456	-	350.684	346.445
25	2.479.416	891.691	2.046.117	368.525	-	345.346	348.781
26	2.466.115	878.610	2.035.745	364.100	-	347.214	377.615
27	2.472.305	899.508	2.033.780	360.100	-	342.769	342.768
28	2.445.169	895.868	2.023.814	355.425	-	347.339	348.361
29	2.464.965	895.202	2.033.429	363.504	-	349.132	372.177
30	2.474.068	883.807	2.019.960	379.412	-	348.001	349.162
31	2.471.735	886.860	2.031.037	354.142	-	355.624	381.607
32	2.487.792	903.436	2.045.719	368.296	-	357.749	368.791
33	2.461.322	877.233	2.035.862	369.004	-	344.345	361.565
34	2.455.792	880.681	2.033.430	356.887	-	359.768	360.013
35	2.474.143	893.286	2.043.448	361.861	-	356.811	389.112
36	2.468.146	891.103	2.043.102	365.584	-	356.079	353.767
37	2.480.899	912.239	2.042.453	362.150	-	344.514	365.464
38	2.472.881	890.734	2.047.602	374.875	-	358.390	358.390
39	2.468.552	889.196	2.024.379	353.968	-	358.587	366.645
40	2.448.148	884.698	2.030.912	355.499	-	345.038	353.335
41	2.480.948	910.707	2.055.894	363.829	-	355.527	354.754
42	2.487.904	893.226	2.048.175	364.064	-	337.083	337.250

43	2.465.165	901.609	2.038.473	376.567	-	338.092	357.033
44	2.464.696	896.667	2.026.773	354.371	-	339.798	401.644
45	2.443.130	885.802	2.038.878	355.561	-	349.022	378.030
46	2.465.033	895.816	2.027.802	380.010	-	341.295	343.421
47	2.475.191	896.553	2.042.112	362.552	-	366.069	366.452
48	2.459.988	895.758	2.038.735	364.359	-	352.127	352.214
49	2.466.903	900.193	2.032.293	367.728	-	339.213	360.189
50	2.497.472	904.851	2.062.611	370.603	-	362.568	363.941
51	2.460.237	888.893	2.016.577	355.195	-	347.402	354.921
52	2.472.949	897.613	2.038.571	366.987	-	356.061	367.949
53	2.485.037	886.460	2.031.628	362.068	-	368.770	371.203
54	2.480.679	894.337	2.045.840	367.955	-	363.627	362.948
55	2.453.744	892.345	2.034.346	351.159	-	345.686	368.682
56	2.478.145	897.264	2.037.306	363.845	-	340.153	338.273
57	2.485.219	899.929	2.041.422	360.751	-	353.317	351.708
58	2.452.370	891.224	2.028.105	352.875	-	359.521	381.108
59	2.447.092	877.753	2.038.602	358.670	-	354.781	354.861
60	2.471.228	894.100	2.041.643	365.991	-	351.925	354.040
61	2.471.535	895.346	2.012.222	363.882	-	370.006	369.566
62	2.467.904	889.828	2.046.209	366.252	-	355.177	363.020
63	2.473.664	895.378	2.032.062	355.780	-	355.763	392.916
64	2.456.722	884.436	2.031.672	369.767	-	347.913	347.293
65	2.473.956	900.543	2.026.859	357.352	-	355.523	364.557
66	2.468.307	906.457	2.038.483	369.182	-	344.658	390.897
67	2.480.404	907.900	2.033.496	374.901	-	345.589	363.735
68	2.463.485	903.087	2.043.017	368.432	-	343.704	345.233
69	2.450.166	898.081	2.042.675	361.468	-	363.551	374.176
70	2.455.946	888.212	2.019.381	360.844	-	355.725	374.555
71	2.471.674	893.498	2.040.655	375.672	-	353.812	369.295
72	2.460.824	887.970	2.018.780	360.444	-	354.085	387.261
73	2.480.321	904.383	2.027.542	374.027	-	348.733	357.798
74	2.486.381	900.420	2.056.405	359.722	-	357.867	356.677
75	2.478.744	897.357	2.017.903	359.393	-	367.120	378.646
76	2.451.867	885.983	2.035.118	373.300	-	371.830	383.890
77	2.464.870	885.412	2.047.756	361.155	-	342.522	386.091
78	2.460.839	895.346	2.038.538	377.190	-	349.393	356.743
79	2.467.977	898.062	2.030.119	367.026	-	349.547	355.382
80	2.468.118	897.500	2.057.134	366.329	-	349.233	349.586
81	2.506.921	897.199	2.032.643	368.585	-	359.854	364.645
82	2.457.982	902.224	2.040.213	360.523	-	362.975	363.678
83	2.466.967	892.655	2.037.362	365.480	-	349.578	350.519
84	2.469.376	892.038	2.029.440	364.903	-	353.546	354.768
85	2.473.764	883.414	2.058.350	359.379	-	352.245	352.239
86	2.467.942	893.482	2.024.080	358.482	-	338.440	340.487
87	2.487.978	905.473	2.045.885	369.757	-	351.580	362.828
88	2.481.110	901.481	2.040.599	361.327	-	342.643	342.649

89	2.476.004	891.294	2.056.988	370.969	-	350.347	352.140
90	2.451.408	886.934	2.029.383	354.499	-	349.840	353.119
91	2.491.036	894.095	2.029.306	354.996	-	347.657	365.082
92	2.468.062	881.787	2.038.784	356.993	-	356.006	369.045
93	2.470.662	902.258	2.037.291	363.445	-	348.731	397.242
94	2.507.293	909.677	2.054.369	366.937	-	353.211	379.781
95	2.453.686	883.526	2.046.203	368.822	-	345.084	344.827
96	2.475.643	904.817	2.045.463	370.640	-	353.874	350.620
97	2.488.887	894.423	2.043.853	374.931	-	356.365	355.782
98	2.485.061	894.224	2.010.500	363.399	-	355.524	380.562
99	2.459.967	891.282	2.040.960	358.535	-	350.752	350.755
100	2.460.233	885.695	2.033.161	367.985	-	344.613	353.328

Tabla 8-31: Simulación 2022 disponibilidad 70%. Flota 14 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.461.503	2.165.918	1.360.565	867.951	214.129	312.390	387.236
2	3.463.165	2.173.237	1.367.025	856.665	213.939	313.857	386.482
3	3.467.361	2.155.865	1.338.770	847.965	212.402	309.125	388.503
4	3.475.367	2.164.303	1.338.786	854.038	217.104	309.611	386.779
5	3.483.977	2.160.223	1.367.020	860.865	214.445	314.688	387.369
6	3.469.697	2.146.620	1.344.855	851.348	210.173	309.365	385.358
7	3.474.604	2.167.985	1.347.188	847.631	211.626	310.429	390.556
8	3.459.166	2.156.257	1.354.577	851.688	211.741	313.140	393.205
9	3.466.195	2.190.969	1.362.830	854.182	214.333	313.997	389.510
10	3.461.683	2.179.687	1.367.500	861.324	215.442	314.919	392.501
11	3.469.401	2.162.323	1.363.244	859.698	214.432	315.213	389.695
12	3.473.223	2.155.740	1.345.858	855.618	216.775	310.901	394.071
13	3.453.783	2.148.442	1.354.797	851.280	213.071	311.499	386.114
14	3.442.718	2.158.935	1.351.261	854.435	211.993	312.115	388.012
15	3.463.197	2.173.794	1.352.393	861.368	213.915	310.173	387.183
16	3.461.743	2.165.284	1.345.554	860.532	211.788	311.222	396.827
17	3.481.751	2.168.261	1.353.720	855.043	214.588	313.095	387.150
18	3.467.300	2.170.744	1.352.303	860.018	213.053	312.788	387.176
19	3.468.512	2.169.786	1.349.567	855.100	214.518	310.188	391.227
20	3.447.086	2.159.980	1.359.444	852.146	210.842	313.800	392.414
21	3.477.314	2.171.398	1.355.261	856.171	212.339	314.168	387.436
22	3.459.936	2.175.086	1.367.338	858.604	215.777	314.809	389.795
23	3.459.289	2.154.220	1.355.109	865.349	214.072	313.192	389.526
24	3.471.167	2.164.811	1.357.845	862.612	212.818	311.938	389.580
25	3.451.486	2.174.670	1.373.909	847.353	216.811	317.495	387.624
26	3.456.675	2.163.865	1.365.991	863.917	210.527	316.918	387.514
27	3.474.091	2.167.942	1.358.792	853.125	210.851	314.310	387.525
28	3.489.530	2.158.578	1.349.363	871.971	214.637	312.907	388.617
29	3.457.878	2.152.962	1.353.567	856.630	212.541	313.453	389.949
30	3.435.150	2.165.751	1.351.790	839.099	209.913	312.658	387.750
31	3.484.925	2.190.195	1.351.759	861.920	215.417	313.650	388.730
32	3.439.764	2.153.463	1.349.581	857.968	213.596	311.984	389.691
33	3.469.676	2.174.823	1.355.625	844.816	214.861	314.441	386.421
34	3.449.815	2.165.390	1.354.986	855.940	213.546	312.217	392.395
35	3.465.160	2.172.670	1.355.479	875.758	216.527	315.198	387.936
36	3.436.582	2.162.468	1.359.888	847.868	213.387	314.150	392.792
37	3.458.770	2.177.812	1.360.378	862.468	216.831	315.527	388.458
38	3.456.418	2.159.537	1.354.419	849.105	210.229	312.619	387.333
39	3.462.759	2.171.006	1.341.672	850.529	212.675	310.715	387.032
40	3.482.800	2.172.349	1.362.690	858.915	217.377	314.436	387.389
41	3.474.800	2.155.332	1.357.841	869.869	211.873	314.776	386.657
42	3.454.854	2.165.160	1.354.348	870.930	213.018	313.578	387.453

43	3.474.252	2.156.977	1.353.185	866.245	213.724	312.788	391.787
44	3.478.207	2.170.690	1.365.436	855.287	215.046	314.031	388.493
45	3.493.285	2.149.974	1.348.414	869.488	215.423	311.271	388.005
46	3.476.259	2.168.207	1.349.229	846.505	215.535	310.697	391.530
47	3.483.788	2.179.431	1.340.051	855.072	214.844	309.026	387.829
48	3.470.937	2.164.457	1.356.692	866.641	213.822	313.460	386.397
49	3.473.102	2.172.294	1.352.181	858.736	214.002	310.978	390.018
50	3.468.297	2.166.116	1.348.467	857.121	212.864	311.109	391.969
51	3.477.781	2.136.237	1.352.966	877.841	213.320	311.433	386.442
52	3.467.021	2.160.860	1.343.414	881.086	216.166	312.619	388.178
53	3.471.447	2.172.636	1.369.477	852.764	212.047	313.736	389.091
54	3.458.140	2.158.655	1.358.298	857.721	211.244	313.904	388.357
55	3.457.425	2.155.460	1.344.528	854.800	207.898	309.443	387.113
56	3.464.767	2.155.119	1.366.251	857.889	208.036	314.727	386.062
57	3.463.544	2.154.062	1.365.728	854.046	213.542	314.111	387.028
58	3.466.639	2.173.286	1.355.460	863.391	216.525	312.457	387.736
59	3.444.293	2.150.141	1.355.218	864.725	213.822	312.843	386.663
60	3.465.632	2.175.284	1.364.996	865.740	218.570	313.032	386.660
61	3.472.731	2.147.391	1.359.973	851.267	213.381	313.858	387.417
62	3.473.318	2.155.241	1.345.526	854.738	213.699	310.195	388.646
63	3.467.136	2.192.982	1.357.457	855.903	214.730	311.759	388.529
64	3.455.267	2.175.125	1.365.023	846.010	212.055	316.180	387.056
65	3.457.034	2.156.364	1.360.192	850.554	212.078	311.725	391.529
66	3.463.840	2.148.442	1.352.798	857.902	212.952	311.826	386.704
67	3.447.457	2.159.429	1.353.864	844.455	217.062	312.795	388.925
68	3.452.621	2.162.319	1.347.455	834.263	210.042	310.124	386.859
69	3.467.406	2.175.292	1.344.205	860.774	215.985	311.779	391.981
70	3.452.180	2.161.766	1.351.488	865.601	215.769	311.631	391.227
71	3.460.829	2.164.172	1.353.269	851.888	212.545	312.378	386.981
72	3.462.592	2.174.606	1.360.796	864.085	215.865	312.527	386.547
73	3.464.505	2.162.967	1.361.689	856.454	210.870	313.683	387.704
74	3.473.734	2.172.191	1.356.949	858.638	215.055	311.448	389.452
75	3.469.021	2.154.994	1.352.658	857.015	212.963	313.721	393.340
76	3.439.438	2.148.442	1.350.881	848.835	210.682	311.168	387.449
77	3.472.658	2.166.072	1.355.447	860.102	210.786	311.801	386.915
78	3.474.209	2.165.852	1.358.227	859.781	213.226	312.524	387.252
79	3.468.857	2.168.030	1.348.334	851.346	213.889	310.877	391.133
80	3.454.984	2.155.570	1.340.674	862.783	211.648	311.080	394.578
81	3.475.383	2.156.391	1.349.908	874.363	216.033	310.866	392.372
82	3.441.269	2.155.490	1.344.966	847.605	209.300	309.578	386.424
83	3.466.994	2.160.041	1.353.961	860.163	211.716	311.078	388.694
84	3.451.148	2.160.162	1.353.684	857.615	214.083	311.741	390.211
85	3.465.843	2.166.653	1.352.632	856.101	213.823	313.287	389.257
86	3.457.914	2.165.377	1.358.354	869.548	215.145	313.637	387.488
87	3.459.101	2.177.541	1.360.458	851.844	213.701	313.372	391.382
88	3.473.460	2.177.614	1.343.706	866.333	216.416	310.486	387.082

89	3.456.289	2.153.139	1.366.315	869.768	211.381	315.998	386.740
90	3.458.715	2.170.067	1.360.346	857.511	212.029	314.406	387.683
91	3.454.140	2.161.342	1.353.811	855.537	208.661	314.141	387.234
92	3.476.091	2.160.106	1.342.805	864.629	214.927	309.593	388.473
93	3.485.002	2.160.441	1.347.010	871.870	214.292	312.168	386.099
94	3.458.302	2.161.799	1.354.040	858.442	215.173	314.302	388.974
95	3.446.784	2.173.417	1.362.968	855.418	211.951	312.613	388.345
96	3.477.227	2.169.959	1.343.898	863.056	217.166	311.843	387.678
97	3.461.373	2.168.803	1.342.307	844.039	212.654	311.108	388.434
98	3.466.187	2.155.798	1.357.796	864.686	213.036	314.568	386.722
99	3.465.820	2.167.299	1.348.935	850.412	216.256	310.027	391.247
100	3.454.850	2.166.477	1.360.144	860.052	216.627	313.037	388.317

Tabla 8-32: Simulación 2023 disponibilidad 70%. Flota 14 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	2.784.510	1.017.645	2.328.474	421.363	-	382.838	390.960
2	2.782.146	1.018.043	2.283.598	413.106	-	377.788	389.160
3	2.776.334	1.010.965	2.304.123	422.545	-	380.888	391.774
4	2.753.935	1.005.864	2.312.476	426.377	-	380.816	395.958
5	2.773.345	1.010.670	2.290.333	414.707	-	378.745	395.763
6	2.792.876	1.023.362	2.306.278	423.373	-	380.338	390.297
7	2.777.344	1.022.688	2.298.937	408.786	-	380.172	392.398
8	2.762.749	1.006.017	2.294.871	417.086	-	378.980	392.703
9	2.779.970	1.015.170	2.298.376	418.253	-	381.073	387.081
10	2.786.605	1.011.870	2.305.500	426.823	-	381.229	394.052
11	2.793.494	1.005.257	2.305.478	419.173	-	380.562	385.789
12	2.783.161	1.005.116	2.294.838	406.300	-	377.693	387.884
13	2.776.924	1.009.649	2.316.014	421.425	-	381.129	396.098
14	2.776.423	1.015.743	2.301.702	422.079	-	379.334	397.751
15	2.785.800	1.021.302	2.292.123	404.846	-	379.767	391.658
16	2.764.361	1.009.875	2.307.079	416.551	-	380.866	386.180
17	2.750.075	1.008.046	2.291.355	409.121	-	378.691	396.747
18	2.764.609	1.009.762	2.313.121	417.592	-	381.541	390.949
19	2.774.337	1.018.002	2.310.231	409.063	-	380.567	399.309
20	2.779.260	1.017.586	2.305.701	421.709	-	380.855	391.912
21	2.768.836	1.010.682	2.305.404	412.763	-	381.850	395.784
22	2.771.735	1.009.365	2.311.740	421.257	-	381.159	396.169
23	2.792.284	1.012.958	2.317.204	416.632	-	381.785	392.083
24	2.774.603	1.010.122	2.296.620	422.954	-	379.525	394.628
25	2.773.580	1.006.967	2.304.343	423.092	-	380.566	387.055
26	2.763.090	1.011.968	2.299.141	408.914	-	379.708	388.001
27	2.777.737	1.012.642	2.302.159	409.703	-	378.635	391.158
28	2.788.191	1.015.342	2.306.533	411.356	-	379.833	390.826
29	2.783.367	1.008.005	2.312.683	426.176	-	381.384	386.693
30	2.776.321	1.011.895	2.301.875	408.945	-	380.429	388.075
31	2.754.568	1.008.684	2.307.356	416.112	-	381.947	394.618
32	2.758.664	1.001.921	2.289.966	415.228	-	378.012	389.066
33	2.773.518	1.008.702	2.295.699	413.814	-	380.110	388.719
34	2.785.613	1.017.896	2.308.230	415.372	-	380.380	391.722
35	2.783.677	1.014.871	2.303.603	405.428	-	380.302	400.965
36	2.772.214	1.012.548	2.308.654	418.514	-	383.756	393.333
37	2.760.461	1.004.969	2.300.658	421.169	-	382.517	387.688
38	2.770.019	1.007.203	2.314.709	408.099	-	381.851	393.553
39	2.783.450	1.017.843	2.293.249	419.701	-	381.141	391.535
40	2.767.918	1.014.876	2.298.228	414.198	-	378.510	392.325
41	2.773.579	1.009.485	2.302.689	418.740	-	382.644	387.890
42	2.763.381	1.007.221	2.311.999	423.208	-	380.105	391.989

43	2.754.867	1.015.228	2.308.996	412.075	-	381.480	394.547
44	2.750.342	1.006.197	2.309.642	416.030	-	381.102	395.013
45	2.775.302	1.010.550	2.299.042	419.522	-	381.884	395.992
46	2.779.206	1.016.184	2.292.005	413.264	-	378.407	395.477
47	2.794.188	1.022.025	2.290.396	412.228	-	377.993	387.981
48	2.769.688	1.012.424	2.309.096	416.220	-	380.582	386.899
49	2.801.925	1.022.659	2.304.795	419.324	-	381.626	386.749
50	2.774.309	1.012.152	2.298.570	416.150	-	381.137	387.817
51	2.762.258	1.012.529	2.302.099	419.984	-	379.713	387.949
52	2.789.506	1.012.272	2.294.649	426.504	-	378.969	387.590
53	2.780.886	1.029.295	2.311.364	408.554	-	380.351	391.970
54	2.761.539	1.005.199	2.327.772	420.320	-	383.537	387.149
55	2.774.013	1.001.325	2.293.408	418.563	-	378.253	395.509
56	2.770.345	1.018.008	2.317.224	426.325	-	382.454	385.840
57	2.772.583	1.010.107	2.316.020	412.148	-	384.703	397.262
58	2.763.109	1.013.144	2.301.270	419.824	-	381.252	387.326
59	2.793.825	1.017.886	2.329.674	428.069	-	382.507	395.674
60	2.768.278	1.007.703	2.300.433	415.177	-	381.595	389.485
61	2.762.850	1.010.489	2.298.563	420.051	-	378.328	387.063
62	2.769.050	1.003.842	2.292.872	411.715	-	379.150	390.362
63	2.763.205	1.014.422	2.294.990	415.491	-	380.923	395.256
64	2.783.550	1.016.946	2.297.443	424.479	-	380.300	389.020
65	2.763.990	1.009.288	2.298.084	420.916	-	379.620	395.564
66	2.792.240	1.016.240	2.296.288	428.190	-	384.093	387.872
67	2.748.690	1.000.283	2.307.020	415.534	-	380.445	392.368
68	2.779.897	1.009.659	2.294.737	415.568	-	380.696	392.300
69	2.767.491	1.010.620	2.320.507	411.623	-	381.917	388.047
70	2.783.789	1.009.734	2.306.601	427.217	-	381.607	391.760
71	2.769.700	1.023.531	2.308.214	412.018	-	381.019	390.086
72	2.758.590	1.010.500	2.296.664	422.025	-	381.641	403.352
73	2.767.671	1.020.916	2.298.791	414.434	-	379.490	387.131
74	2.760.379	1.012.434	2.309.350	417.102	-	381.033	391.029
75	2.768.391	1.012.518	2.309.792	406.619	-	381.058	395.691
76	2.787.001	1.020.505	2.311.980	416.760	-	382.256	389.261
77	2.775.987	1.013.275	2.305.271	416.560	-	380.980	400.649
78	2.774.444	1.024.267	2.314.619	420.852	-	380.749	398.458
79	2.780.994	1.017.142	2.288.318	409.543	-	378.032	391.188
80	2.780.965	1.021.306	2.274.827	417.982	-	374.728	398.563
81	2.781.057	1.010.625	2.287.532	424.114	-	378.575	393.207
82	2.801.851	1.020.614	2.304.087	413.990	-	379.679	388.872
83	2.772.598	1.018.868	2.304.627	413.339	-	379.089	390.305
84	2.766.322	1.005.331	2.294.975	412.795	-	378.017	396.689
85	2.776.391	1.014.996	2.291.985	416.077	-	378.070	389.075
86	2.751.952	1.008.362	2.301.760	411.093	-	380.206	391.330
87	2.768.190	1.010.075	2.303.754	412.319	-	382.547	395.573
88	2.769.247	1.008.458	2.308.140	413.224	-	380.887	394.887

89	2.768.405	1.011.974	2.305.452	413.760	-	382.693	391.758
90	2.771.798	1.007.218	2.292.029	414.406	-	378.195	391.149
91	2.787.193	1.012.288	2.295.587	408.626	-	379.942	389.534
92	2.769.054	1.010.491	2.294.180	408.891	-	378.123	402.090
93	2.775.941	1.009.209	2.295.749	421.287	-	378.200	387.445
94	2.793.990	1.019.783	2.291.872	420.689	-	382.463	391.986
95	2.776.757	1.004.487	2.309.089	412.401	-	381.561	394.885
96	2.751.747	1.011.318	2.298.822	420.963	-	381.061	393.525
97	2.767.176	1.005.526	2.313.244	418.502	-	381.165	388.348
98	2.772.427	1.010.181	2.310.511	418.912	-	381.624	389.841
99	2.772.807	1.012.824	2.295.561	424.033	-	379.608	387.207
100	2.760.415	1.015.582	2.304.017	414.048	-	382.113	396.911

Tabla 8-33: Simulación 2022 disponibilidad 78,8%. Flota 14 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.759.749	2.422.543	1.493.376	951.265	280.100	349.791	386.614
2	3.788.856	2.449.538	1.489.331	949.549	294.725	352.755	388.242
3	3.758.718	2.439.199	1.497.670	951.275	297.688	351.385	386.953
4	3.781.343	2.437.250	1.485.236	952.807	290.947	348.267	387.404
5	3.778.203	2.425.653	1.492.820	956.972	282.610	354.858	389.204
6	3.800.389	2.443.761	1.487.246	962.830	295.237	354.356	387.046
7	3.783.934	2.459.173	1.495.515	951.098	291.399	350.595	388.865
8	3.772.891	2.414.747	1.496.212	950.294	296.236	353.919	388.036
9	3.791.269	2.433.963	1.477.043	954.611	294.360	350.652	387.148
10	3.775.703	2.445.188	1.491.925	965.803	284.049	349.475	389.130
11	3.772.389	2.430.606	1.491.464	934.129	280.726	354.530	387.367
12	3.780.434	2.443.127	1.490.470	946.798	290.473	352.204	388.874
13	3.780.875	2.442.236	1.505.072	970.064	288.842	354.742	388.327
14	3.783.677	2.430.375	1.482.495	977.275	286.461	346.881	386.549
15	3.798.575	2.480.839	1.485.428	956.192	298.837	349.552	387.726
16	3.794.592	2.454.908	1.479.456	952.333	284.597	349.739	386.957
17	3.764.996	2.421.713	1.484.618	953.436	284.670	349.465	386.965
18	3.788.538	2.442.521	1.489.546	954.822	289.898	351.736	388.888
19	3.779.491	2.440.732	1.483.091	948.545	286.434	354.062	388.655
20	3.768.086	2.465.906	1.491.728	960.885	285.349	349.903	388.580
21	3.781.294	2.460.099	1.489.844	945.901	299.162	353.613	387.393
22	3.766.838	2.423.955	1.490.897	940.259	295.987	355.383	386.002
23	3.793.754	2.415.281	1.480.154	949.507	297.331	352.425	386.582
24	3.768.148	2.456.990	1.485.509	951.406	288.385	348.986	386.051
25	3.778.561	2.444.429	1.486.635	964.389	297.061	350.616	385.635
26	3.782.674	2.422.791	1.486.230	945.938	288.635	349.351	387.772
27	3.773.320	2.440.965	1.482.581	949.812	293.734	346.955	387.968
28	3.800.023	2.423.916	1.496.917	960.947	293.085	355.309	387.817
29	3.777.090	2.458.375	1.481.483	948.230	292.535	347.432	387.896
30	3.781.119	2.451.185	1.482.222	953.427	287.891	348.041	385.984
31	3.791.037	2.443.461	1.494.208	956.823	285.321	348.908	388.711
32	3.798.004	2.447.564	1.486.513	968.532	292.476	349.819	389.449
33	3.782.869	2.418.989	1.484.519	950.464	286.651	350.940	388.215
34	3.780.459	2.445.149	1.496.219	963.558	285.276	351.930	387.204
35	3.772.578	2.412.315	1.488.547	948.747	295.442	354.228	388.688
36	3.772.640	2.448.437	1.496.574	972.411	294.980	348.334	387.553
37	3.774.289	2.467.585	1.493.526	960.105	294.138	346.993	388.009
38	3.776.634	2.434.669	1.486.151	953.745	286.774	348.431	387.074
39	3.790.092	2.455.908	1.477.017	962.389	283.225	350.943	388.088
40	3.775.960	2.450.841	1.491.289	959.088	290.619	354.242	387.533
41	3.776.151	2.416.995	1.486.049	966.026	283.813	348.263	386.680
42	3.789.423	2.445.148	1.481.466	951.989	278.060	346.755	388.757

43	3.766.750	2.459.744	1.494.537	972.370	300.267	351.033	387.662
44	3.769.609	2.443.574	1.491.748	952.520	285.257	349.638	386.453
45	3.790.230	2.419.882	1.489.133	956.083	287.787	356.563	388.065
46	3.779.089	2.418.758	1.493.301	955.376	292.968	348.652	386.344
47	3.788.763	2.449.856	1.479.594	972.492	291.398	347.785	387.876
48	3.772.255	2.446.693	1.493.392	974.641	291.145	356.250	386.388
49	3.790.073	2.430.501	1.495.325	950.868	287.279	352.376	387.844
50	3.766.355	2.450.228	1.499.556	970.931	291.215	349.556	387.013
51	3.778.928	2.441.916	1.488.100	974.726	288.487	350.981	387.448
52	3.816.720	2.438.644	1.488.779	960.751	297.755	350.879	387.614
53	3.775.256	2.437.584	1.489.679	946.904	280.307	348.197	388.027
54	3.781.843	2.449.426	1.490.929	954.464	301.650	348.485	388.037
55	3.785.759	2.417.774	1.491.820	965.517	290.028	350.321	386.661
56	3.782.667	2.433.944	1.489.446	963.168	293.050	355.651	386.085
57	3.782.051	2.436.804	1.490.228	970.040	299.720	356.077	387.416
58	3.784.593	2.451.331	1.492.207	967.659	277.600	351.020	388.136
59	3.785.824	2.442.490	1.490.153	959.606	290.642	349.053	386.751
60	3.774.671	2.412.656	1.499.698	966.606	293.690	349.261	386.366
61	3.776.485	2.469.153	1.486.729	951.915	297.207	347.607	387.878
62	3.785.176	2.431.411	1.492.573	962.632	299.059	351.090	386.387
63	3.773.218	2.478.380	1.499.116	944.991	294.928	352.084	385.379
64	3.765.667	2.459.718	1.496.618	958.413	290.403	345.801	390.094
65	3.759.479	2.451.091	1.490.644	954.307	290.772	348.783	387.596
66	3.777.919	2.433.812	1.479.267	947.585	286.341	353.083	388.680
67	3.772.225	2.430.141	1.490.087	945.297	290.752	351.120	387.735
68	3.781.956	2.446.072	1.492.835	971.000	302.783	350.033	388.429
69	3.781.587	2.432.954	1.491.640	961.358	282.738	347.126	387.595
70	3.787.928	2.471.330	1.485.656	958.510	287.366	347.715	386.998
71	3.783.250	2.451.329	1.493.487	974.456	287.689	349.897	386.855
72	3.783.350	2.450.829	1.482.565	959.383	299.324	348.129	387.325
73	3.781.577	2.444.227	1.490.331	961.988	297.727	349.739	389.644
74	3.772.164	2.433.592	1.484.664	938.817	302.149	348.380	388.572
75	3.790.562	2.445.922	1.479.720	965.601	285.949	349.517	387.470
76	3.771.236	2.456.452	1.490.181	965.313	292.053	348.335	386.731
77	3.791.066	2.429.609	1.481.120	928.885	293.005	349.041	388.420
78	3.785.642	2.434.235	1.481.070	958.741	294.691	352.357	387.271
79	3.779.977	2.420.304	1.485.802	941.310	290.478	350.943	386.485
80	3.775.172	2.446.470	1.481.742	964.118	281.804	348.889	387.853
81	3.774.238	2.428.109	1.505.500	951.850	306.755	351.443	387.432
82	3.785.600	2.442.318	1.500.546	972.532	288.117	350.894	386.716
83	3.780.959	2.410.235	1.474.591	951.674	302.892	350.327	387.545
84	3.769.632	2.439.092	1.499.336	962.486	297.429	349.222	386.356
85	3.793.451	2.425.850	1.481.569	967.286	291.905	348.373	385.618
86	3.775.712	2.405.412	1.478.169	970.371	298.540	350.082	389.052
87	3.775.014	2.449.407	1.489.165	958.836	300.869	347.859	387.536
88	3.771.699	2.439.264	1.500.398	947.890	283.273	348.798	389.492

89	3.759.222	2.443.439	1.497.007	956.801	295.928	349.994	386.895
90	3.783.374	2.458.070	1.495.509	961.644	294.928	350.977	388.221
91	3.779.917	2.434.658	1.474.254	961.570	286.147	344.740	388.189
92	3.776.380	2.425.714	1.486.948	959.077	299.320	351.647	387.555
93	3.777.756	2.438.385	1.475.124	963.758	296.601	345.873	388.346
94	3.787.842	2.427.790	1.490.137	961.511	296.152	350.340	387.149
95	3.778.504	2.426.951	1.498.278	964.921	299.091	350.205	388.214
96	3.771.825	2.450.969	1.499.395	961.529	292.214	352.640	387.952
97	3.778.952	2.426.067	1.487.894	958.018	291.832	348.335	386.786
98	3.760.874	2.415.781	1.503.175	947.089	290.684	351.881	386.693
99	3.796.493	2.424.900	1.479.550	953.784	295.023	348.102	386.513
100	3.769.944	2.442.605	1.481.413	945.417	291.835	348.022	386.950

Tabla 8-34: Simulación 2023 disponibilidad 78,8%. Flota 14 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.042.196	848.254	2.531.581	482.662	-	582.389	387.665
2	3.056.330	821.259	2.519.346	489.241	-	563.135	388.129
3	3.052.151	831.598	2.530.436	479.460	-	569.871	388.687
4	3.027.841	833.547	2.526.750	477.064	-	574.412	386.514
5	3.030.324	845.144	2.530.239	475.299	-	584.515	387.408
6	3.044.216	827.036	2.525.152	488.871	-	564.869	387.357
7	3.049.365	811.624	2.529.537	479.619	-	593.733	388.843
8	3.038.752	856.050	2.519.878	484.536	-	566.149	386.098
9	3.030.749	836.834	2.535.170	473.308	-	576.591	386.060
10	3.042.555	825.609	2.538.889	486.261	-	570.996	388.857
11	3.047.905	840.191	2.537.234	484.923	-	574.299	388.160
12	3.056.714	827.670	2.517.277	494.784	-	599.207	387.589
13	3.039.968	828.561	2.530.345	489.322	-	579.636	386.174
14	3.029.282	840.422	2.533.691	475.819	-	580.883	389.545
15	3.045.418	789.958	2.515.918	480.017	-	568.283	388.565
16	3.039.812	815.888	2.527.444	480.886	-	555.878	387.434
17	3.035.687	849.084	2.526.160	488.314	-	567.637	387.650
18	3.047.704	828.276	2.529.055	486.603	-	579.357	387.188
19	3.034.672	830.064	2.530.970	487.481	-	576.906	386.473
20	3.041.346	804.891	2.528.294	488.271	-	597.900	388.175
21	3.044.795	810.697	2.529.650	486.015	-	585.550	388.447
22	3.036.057	846.842	2.543.740	490.959	-	591.370	387.170
23	3.027.959	855.515	2.534.899	488.523	-	572.646	387.818
24	3.043.896	813.807	2.532.650	485.732	-	582.132	388.837
25	3.030.258	826.368	2.538.166	474.239	-	584.976	387.277
26	3.025.761	848.006	2.532.652	486.218	-	576.219	387.817
27	3.037.183	829.832	2.540.205	486.242	-	576.134	388.437
28	3.042.387	846.881	2.537.949	484.500	-	587.169	389.430
29	3.035.457	812.422	2.526.976	484.252	-	590.642	388.066
30	3.023.856	819.612	2.526.398	489.161	-	584.746	386.673
31	3.046.198	827.336	2.525.162	474.742	-	575.283	387.227
32	3.028.238	823.233	2.533.128	479.959	-	576.925	389.287
33	3.039.294	851.808	2.519.048	486.807	-	569.055	389.997
34	3.039.301	825.648	2.526.320	488.215	-	577.425	387.666
35	3.050.410	858.482	2.524.796	484.344	-	584.162	387.447
36	3.053.971	822.360	2.528.236	493.352	-	587.281	386.518
37	3.034.664	803.212	2.539.173	485.596	-	595.116	386.664
38	3.035.464	836.128	2.522.474	477.242	-	552.441	388.404
39	3.047.328	814.888	2.528.867	487.433	-	585.773	386.519
40	3.023.418	819.956	2.526.699	480.660	-	578.318	388.353
41	3.052.484	853.802	2.534.196	480.387	-	586.358	388.732
42	3.050.366	825.649	2.522.927	481.657	-	573.778	386.785

43	3.048.690	811.053	2.532.618	495.141	-	570.158	387.626
44	3.038.998	827.223	2.530.705	476.742	-	585.811	387.304
45	3.025.079	850.914	2.522.908	483.897	-	569.134	388.834
46	3.033.377	852.039	2.539.275	479.611	-	592.600	387.329
47	3.031.046	820.941	2.542.046	479.248	-	561.654	387.224
48	3.023.687	824.104	2.532.827	484.647	-	581.033	388.237
49	3.039.322	840.296	2.546.215	477.516	-	573.851	387.194
50	3.026.716	820.569	2.535.688	489.859	-	594.747	385.906
51	3.045.078	828.881	2.528.004	481.702	-	587.318	387.876
52	3.032.866	832.153	2.532.719	482.819	-	564.295	386.531
53	3.034.301	833.213	2.529.128	481.191	-	591.064	388.473
54	3.034.681	821.371	2.537.327	486.956	-	594.060	384.793
55	3.033.640	853.023	2.522.675	479.130	-	578.459	386.714
56	3.040.831	836.853	2.541.231	473.461	-	586.150	385.728
57	3.060.514	833.993	2.524.107	498.097	-	579.007	387.675
58	3.027.235	819.465	2.533.079	491.834	-	592.823	385.998
59	3.019.766	828.306	2.536.531	488.063	-	569.729	386.913
60	3.028.137	858.141	2.518.568	485.325	-	571.401	387.970
61	3.031.470	801.644	2.535.712	480.565	-	592.572	387.613
62	3.033.121	839.386	2.537.359	487.762	-	585.216	386.071
63	3.036.219	792.417	2.531.279	504.874	-	600.864	388.761
64	3.018.715	811.079	2.532.360	477.593	-	585.835	388.491
65	3.042.517	819.706	2.528.834	479.226	-	585.582	389.717
66	3.040.446	836.985	2.537.299	479.446	-	573.828	386.966
67	3.034.889	840.656	2.530.515	485.635	-	586.209	388.322
68	3.042.774	824.725	2.525.146	483.519	-	581.232	385.614
69	3.043.096	837.843	2.521.495	486.498	-	567.834	386.237
70	3.040.477	799.467	2.532.607	467.742	-	585.119	387.263
71	3.018.716	819.467	2.528.812	484.357	-	574.370	389.340
72	3.034.902	819.967	2.536.265	475.767	-	595.945	387.487
73	3.053.067	826.570	2.529.663	493.925	-	590.332	387.028
74	3.055.562	837.205	2.527.240	480.424	-	563.880	386.531
75	3.036.065	824.875	2.544.857	490.511	-	579.016	387.557
76	3.025.137	814.344	2.528.439	481.717	-	585.948	388.767
77	3.038.750	841.188	2.534.057	495.512	-	571.845	388.453
78	3.047.334	836.562	2.523.834	487.428	-	578.227	389.163
79	3.023.442	850.493	2.545.227	473.059	-	582.552	387.696
80	3.041.393	824.326	2.531.053	480.244	-	573.827	387.016
81	3.030.265	842.687	2.539.926	489.679	-	595.436	389.192
82	3.030.636	828.478	2.533.361	479.390	-	577.327	389.012
83	3.019.541	860.562	2.520.465	480.500	-	558.295	387.560
84	3.055.651	831.705	2.519.627	493.706	-	575.476	388.303
85	3.035.296	844.947	2.521.522	492.021	-	569.629	388.067
86	3.024.721	865.385	2.542.100	475.353	-	570.647	387.125
87	3.043.523	821.390	2.542.203	482.175	-	589.235	389.833
88	3.043.656	831.533	2.521.222	481.760	-	590.301	386.688

89	3.054.236	827.358	2.531.554	482.849	-	584.275	388.598
90	3.040.630	812.727	2.534.863	478.392	-	604.610	387.892
91	3.037.089	836.139	2.527.268	482.309	-	577.363	387.558
92	3.037.757	845.083	2.535.696	483.066	-	570.109	388.032
93	3.031.006	832.411	2.542.452	475.006	-	568.006	389.388
94	3.039.576	843.007	2.529.347	480.171	-	571.348	387.812
95	3.049.186	843.846	2.516.156	495.279	-	562.449	387.839
96	3.025.950	819.828	2.525.087	488.160	-	600.707	389.051
97	3.045.534	844.730	2.520.850	485.635	-	592.487	388.414
98	3.042.488	855.016	2.537.002	490.102	-	581.415	388.126
99	3.035.105	845.897	2.519.563	490.453	-	574.921	387.509
100	3.054.692	828.192	2.533.373	488.199	-	581.861	387.802

Tabla 8-35: Simulación 2022 disponibilidad 83%. Flota 14 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.888.789	2.555.686	1.520.785	1.003.583	348.626	375.226	385.685
2	3.887.526	2.552.923	1.544.229	1.009.518	340.993	381.530	387.342
3	3.865.419	2.539.163	1.540.335	1.002.874	342.890	377.690	388.398
4	3.862.332	2.545.984	1.541.679	998.475	350.624	375.174	388.014
5	3.883.185	2.543.239	1.543.058	1.006.691	357.563	377.922	387.504
6	3.867.455	2.548.505	1.551.695	998.059	354.821	375.415	388.822
7	3.874.680	2.543.637	1.525.664	997.683	345.273	376.182	387.772
8	3.869.326	2.534.732	1.547.269	997.807	343.699	384.724	388.359
9	3.876.406	2.529.538	1.526.199	997.044	348.315	370.850	386.749
10	3.861.403	2.535.925	1.550.388	1.011.301	345.644	372.470	387.117
11	3.876.397	2.559.158	1.549.125	996.888	357.323	377.578	387.437
12	3.872.583	2.512.732	1.530.752	999.649	354.334	376.095	387.068
13	3.867.776	2.506.108	1.534.270	1.011.601	352.628	373.767	389.121
14	3.879.683	2.552.670	1.533.786	989.956	356.914	375.543	387.684
15	3.866.965	2.543.422	1.549.065	999.986	343.956	379.193	389.205
16	3.871.740	2.543.306	1.546.477	1.000.940	349.199	382.294	388.223
17	3.879.508	2.517.584	1.550.743	1.012.871	359.748	376.463	388.416
18	3.875.130	2.534.236	1.534.092	1.002.096	350.538	390.989	386.913
19	3.873.257	2.537.717	1.537.866	1.012.404	348.891	381.459	387.007
20	3.862.761	2.551.955	1.542.514	1.002.819	347.966	380.550	388.084
21	3.869.005	2.545.712	1.537.331	1.007.649	347.930	374.637	384.124
22	3.887.556	2.561.143	1.534.879	995.338	352.692	383.624	388.264
23	3.877.974	2.519.022	1.543.518	986.444	355.769	381.572	388.369
24	3.874.651	2.552.687	1.555.042	1.013.440	347.767	377.761	386.981
25	3.872.466	2.542.030	1.535.507	1.010.093	351.509	377.721	386.970
26	3.886.638	2.537.345	1.530.574	1.006.255	344.238	378.094	388.587
27	3.879.747	2.538.511	1.550.150	1.016.686	350.443	379.172	388.382
28	3.863.322	2.550.558	1.546.423	977.921	349.409	377.539	389.264
29	3.889.758	2.555.061	1.540.310	1.017.635	351.681	383.147	388.114
30	3.858.885	2.552.946	1.548.930	1.003.139	350.288	377.061	388.305
31	3.865.379	2.538.985	1.545.452	998.299	349.057	377.850	388.140
32	3.863.330	2.543.167	1.547.609	994.534	354.890	385.251	387.878
33	3.891.441	2.538.999	1.533.231	996.950	348.399	381.659	387.013
34	3.881.584	2.540.390	1.541.216	1.017.579	348.692	382.024	389.757
35	3.858.005	2.545.985	1.538.774	1.011.773	349.683	380.762	389.469
36	3.871.848	2.537.877	1.539.597	1.002.525	346.797	383.255	386.748
37	3.862.718	2.549.154	1.535.031	1.004.044	345.138	386.581	387.064
38	3.881.619	2.565.319	1.530.741	999.632	358.119	377.978	387.999
39	3.881.033	2.519.120	1.530.302	995.000	355.389	375.884	387.873
40	3.889.439	2.545.918	1.528.337	1.008.718	355.958	381.963	388.790
41	3.881.018	2.537.292	1.546.418	994.186	345.578	378.414	387.593
42	3.877.028	2.556.465	1.532.424	994.954	355.361	372.752	386.828

43	3.887.429	2.529.538	1.535.646	1.017.711	358.297	372.734	387.476
44	3.873.193	2.529.538	1.548.190	994.674	353.667	383.662	386.819
45	3.870.904	2.535.573	1.542.232	1.015.032	360.721	374.744	387.118
46	3.859.656	2.538.891	1.549.465	994.491	355.414	377.634	388.185
47	3.888.987	2.535.000	1.532.787	996.741	357.012	380.754	388.227
48	3.866.603	2.536.915	1.544.721	999.250	346.729	378.134	389.046
49	3.864.208	2.535.516	1.546.538	1.008.752	356.612	380.708	387.606
50	3.890.068	2.538.913	1.536.148	1.027.118	343.354	383.319	389.400
51	3.870.820	2.541.278	1.538.750	974.662	349.579	376.152	388.223
52	3.877.939	2.548.070	1.533.407	1.000.308	347.522	381.729	388.228
53	3.876.718	2.515.985	1.538.716	985.160	345.629	380.927	385.814
54	3.860.016	2.509.703	1.536.417	1.009.035	356.993	375.019	387.190
55	3.880.869	2.539.086	1.537.632	1.022.669	358.244	381.054	387.852
56	3.872.692	2.519.918	1.535.661	1.005.378	348.556	375.586	386.617
57	3.882.114	2.536.170	1.531.780	1.001.792	356.732	374.454	386.076
58	3.860.691	2.516.273	1.533.251	987.970	356.766	369.661	386.728
59	3.878.334	2.529.538	1.545.989	1.003.129	343.073	385.422	387.077
60	3.890.928	2.542.054	1.530.902	1.005.274	349.252	378.178	388.408
61	3.886.264	2.561.170	1.536.163	978.660	351.309	376.026	386.752
62	3.872.788	2.518.960	1.536.575	1.004.787	351.600	373.269	388.475
63	3.869.424	2.537.746	1.537.141	990.704	348.131	376.527	388.753
64	3.889.842	2.529.538	1.525.830	1.005.082	352.703	379.432	387.058
65	3.862.372	2.544.619	1.548.946	993.918	351.628	380.969	387.691
66	3.860.980	2.543.937	1.546.866	1.004.212	345.793	381.841	387.711
67	3.885.057	2.539.077	1.535.077	1.004.973	351.153	376.166	388.827
68	3.879.153	2.550.192	1.531.500	1.003.445	355.685	378.403	389.056
69	3.859.304	2.553.659	1.550.341	993.906	339.705	376.682	388.858
70	3.875.040	2.523.770	1.549.448	1.010.954	346.990	375.577	386.511
71	3.875.049	2.529.538	1.535.378	1.001.746	351.740	382.257	385.735
72	3.886.934	2.537.188	1.529.133	1.009.349	356.546	374.277	388.346
73	3.872.954	2.528.436	1.544.138	981.499	347.079	380.130	388.181
74	3.863.362	2.545.466	1.542.109	999.973	351.945	379.959	385.900
75	3.880.223	2.559.361	1.535.011	1.001.449	346.534	377.062	388.040
76	3.867.047	2.553.695	1.547.199	1.007.655	344.201	375.455	387.646
77	3.881.424	2.525.023	1.539.067	981.499	349.530	379.453	387.340
78	3.888.573	2.537.547	1.528.583	1.005.763	350.128	385.905	388.353
79	3.884.962	2.535.105	1.531.611	989.840	351.987	372.352	388.926
80	3.870.461	2.533.953	1.535.705	1.000.557	349.867	376.925	387.500
81	3.882.130	2.495.285	1.536.347	1.004.622	351.627	375.707	389.172
82	3.869.567	2.545.193	1.535.279	981.499	353.922	377.371	387.688
83	3.864.980	2.544.602	1.549.051	1.004.070	344.668	373.453	386.511
84	3.885.354	2.566.247	1.532.906	1.006.055	352.573	378.371	385.430
85	3.883.772	2.544.153	1.553.661	996.982	346.365	382.265	387.229
86	3.877.181	2.538.993	1.529.260	995.980	347.662	376.881	389.846
87	3.876.808	2.513.474	1.530.937	1.013.339	352.934	377.016	386.774
88	3.874.665	2.537.826	1.547.862	990.741	347.478	388.564	386.961

89	3.884.028	2.525.719	1.539.550	1.008.670	344.966	379.715	386.950
90	3.874.534	2.544.575	1.548.862	988.814	348.635	383.986	387.575
91	3.872.847	2.539.012	1.539.869	1.000.269	350.726	374.797	388.005
92	3.879.214	2.518.797	1.537.155	981.499	355.148	376.988	386.447
93	3.867.902	2.522.139	1.541.907	1.002.036	349.305	376.770	386.167
94	3.880.812	2.516.925	1.534.635	1.006.430	360.589	372.198	387.759
95	3.866.816	2.558.471	1.538.517	1.000.197	355.286	372.693	387.835
96	3.867.694	2.551.374	1.557.575	1.008.849	351.788	378.574	389.332
97	3.884.535	2.562.617	1.533.288	1.000.145	344.361	382.209	387.498
98	3.889.932	2.515.505	1.520.532	1.001.912	355.765	373.056	387.749
99	3.882.616	2.542.144	1.533.714	1.000.058	355.498	375.581	387.642
100	3.879.046	2.537.762	1.536.699	995.361	348.705	379.228	388.898

Tabla 8-36: Simulación 2023 disponibilidad 83%. Flota 14 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.080.722	715.111	2.584.546	501.192	-	569.112	387.278
2	3.069.017	717.874	2.576.053	494.956	-	570.905	386.086
3	3.054.936	731.634	2.562.938	496.048	-	576.741	388.923
4	3.053.910	724.813	2.570.046	499.233	-	569.082	386.866
5	3.078.945	727.558	2.580.318	498.591	-	558.791	386.772
6	3.065.862	722.292	2.577.266	487.899	-	566.435	387.849
7	3.061.030	727.160	2.571.614	493.378	-	574.565	388.247
8	3.060.618	736.065	2.568.261	499.934	-	568.225	388.289
9	3.050.760	741.259	2.565.931	489.002	-	574.959	387.375
10	3.045.901	734.872	2.565.005	493.075	-	575.513	386.510
11	3.054.692	711.639	2.566.563	493.323	-	560.510	387.974
12	3.058.544	758.065	2.584.218	499.162	-	564.098	387.459
13	3.044.891	764.689	2.568.716	492.221	-	570.108	387.382
14	3.051.059	718.127	2.574.236	502.384	-	562.271	387.044
15	3.048.291	727.375	2.567.714	486.152	-	573.740	387.685
16	3.047.500	727.491	2.574.673	496.686	-	564.418	387.689
17	3.070.669	753.213	2.566.540	489.871	-	560.762	388.558
18	3.048.682	736.561	2.572.772	490.361	-	553.259	387.873
19	3.069.292	733.080	2.583.418	503.286	-	564.793	388.136
20	3.052.164	718.842	2.572.521	489.728	-	567.086	387.518
21	3.066.258	725.085	2.573.431	497.592	-	567.810	386.254
22	3.068.536	709.654	2.562.787	496.394	-	559.213	387.265
23	3.060.485	751.775	2.566.741	486.845	-	559.308	388.280
24	3.065.154	718.110	2.565.345	491.025	-	568.450	386.996
25	3.069.169	728.767	2.577.687	498.091	-	565.501	387.760
26	3.076.221	733.452	2.583.068	497.627	-	574.675	388.420
27	3.060.965	732.286	2.561.531	488.020	-	565.312	386.544
28	3.060.142	720.239	2.585.072	488.196	-	570.308	387.992
29	3.063.991	715.736	2.573.466	485.376	-	561.315	388.029
30	3.065.348	717.851	2.570.588	487.233	-	567.863	386.908
31	3.053.937	731.812	2.561.608	479.039	-	567.157	385.924
32	3.073.178	727.630	2.567.269	491.626	-	554.879	387.142
33	3.061.252	731.798	2.586.359	493.774	-	565.525	388.570
34	3.080.062	730.406	2.572.279	487.169	-	567.017	387.976
35	3.063.461	724.812	2.575.400	504.160	-	567.798	388.775
36	3.056.181	732.920	2.573.372	495.845	-	564.639	387.943
37	3.068.944	721.643	2.578.696	493.212	-	562.188	386.843
38	3.065.170	705.478	2.571.482	486.516	-	558.938	387.037
39	3.071.779	751.677	2.575.865	497.099	-	564.206	387.606
40	3.057.611	724.879	2.569.441	502.663	-	558.765	387.896
41	3.048.983	733.504	2.570.738	498.185	-	572.024	388.423
42	3.068.589	714.331	2.570.833	484.616	-	565.534	386.820

43	3.063.003	741.259	2.576.684	500.181	-	565.339	388.893
44	3.049.534	741.259	2.565.633	490.934	-	555.306	385.817
45	3.069.450	735.224	2.562.884	490.477	-	561.706	390.053
46	3.057.657	731.906	2.574.967	484.664	-	562.609	387.471
47	3.060.205	735.796	2.574.593	495.017	-	557.097	386.636
48	3.075.660	733.881	2.565.425	486.798	-	570.563	386.381
49	3.079.817	735.281	2.569.111	495.983	-	556.904	386.618
50	3.063.815	731.884	2.569.853	496.025	-	569.781	387.053
51	3.060.895	729.519	2.570.581	491.882	-	571.213	388.721
52	3.056.412	722.727	2.558.417	498.538	-	566.294	387.317
53	3.052.871	754.811	2.567.682	487.854	-	566.950	387.692
54	3.051.585	761.094	2.581.854	482.386	-	562.994	387.815
55	3.076.261	731.711	2.581.581	499.460	-	557.131	388.577
56	3.040.665	750.879	2.564.577	486.451	-	570.143	387.668
57	3.064.879	734.627	2.569.507	496.530	-	561.336	386.447
58	3.070.573	754.524	2.576.167	497.386	-	568.199	387.897
59	3.062.102	741.259	2.556.294	500.470	-	566.353	387.772
60	3.067.223	728.743	2.565.936	487.256	-	568.620	387.642
61	3.068.348	709.627	2.562.741	493.236	-	567.919	388.501
62	3.062.016	751.837	2.578.387	486.875	-	571.079	387.473
63	3.055.592	733.051	2.563.208	477.259	-	570.801	386.705
64	3.080.114	741.259	2.572.858	486.492	-	562.495	387.572
65	3.065.589	726.178	2.569.440	497.037	-	561.905	386.810
66	3.054.895	726.860	2.571.111	488.324	-	567.325	387.248
67	3.072.464	731.720	2.575.186	493.186	-	569.381	387.872
68	3.068.391	720.604	2.560.666	489.063	-	561.921	386.953
69	3.071.339	717.138	2.569.574	492.197	-	581.602	389.132
70	3.079.702	747.027	2.579.585	503.633	-	570.594	386.649
71	3.070.845	741.259	2.571.829	483.978	-	557.945	386.207
72	3.066.840	733.609	2.591.432	501.854	-	565.764	388.241
73	3.063.478	742.361	2.587.540	489.413	-	568.263	387.291
74	3.055.707	725.331	2.563.884	497.998	-	562.892	388.896
75	3.069.436	711.436	2.560.290	496.106	-	573.536	389.092
76	3.049.916	717.102	2.573.530	500.933	-	575.332	387.342
77	3.065.644	745.774	2.572.848	498.151	-	566.935	388.578
78	3.055.953	733.250	2.573.249	492.393	-	560.515	388.194
79	3.083.686	735.691	2.580.618	502.165	-	573.658	389.070
80	3.048.484	736.844	2.576.481	503.158	-	567.827	387.118
81	3.058.302	775.512	2.563.406	500.589	-	570.031	388.193
82	3.067.564	725.603	2.575.569	489.306	-	565.382	388.988
83	3.052.609	726.195	2.580.897	501.052	-	576.398	388.009
84	3.062.630	704.549	2.563.735	493.038	-	561.482	386.996
85	3.077.988	726.644	2.570.815	495.520	-	566.648	388.049
86	3.078.465	731.804	2.583.759	496.698	-	572.291	386.989
87	3.067.042	757.323	2.577.759	496.791	-	564.900	388.076
88	3.040.266	732.971	2.567.398	500.908	-	559.211	388.291

89	3.058.195	745.077	2.574.749	495.531	-	570.766	388.496
90	3.071.125	726.222	2.557.166	490.938	-	562.244	387.291
91	3.046.603	731.785	2.580.041	490.159	-	570.822	388.341
92	3.066.502	752.000	2.571.101	497.936	-	561.804	387.494
93	3.064.891	748.657	2.564.764	490.096	-	567.624	387.532
94	3.065.039	753.872	2.573.219	499.041	-	564.130	389.157
95	3.066.898	712.326	2.584.027	497.780	-	567.580	387.724
96	3.070.165	719.423	2.580.666	513.343	-	567.516	388.547
97	3.082.512	708.180	2.580.341	498.412	-	569.772	388.844
98	3.081.651	755.292	2.570.383	489.737	-	566.800	387.872
99	3.083.723	728.652	2.571.896	498.711	-	564.581	388.018
100	3.071.865	733.035	2.563.629	496.715	-	568.412	387.447

Tabla 8-37: Simulación 2022 disponibilidad 88%. Flota 14 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.958.726	2.631.538	1.560.444	1.048.160	395.898	427.124	386.973
2	3.969.347	2.629.931	1.583.271	1.059.258	400.869	425.367	389.003
3	3.963.932	2.616.169	1.560.151	1.051.841	402.156	422.298	387.716
4	3.952.896	2.640.954	1.572.557	1.042.987	397.299	419.554	388.944
5	3.974.158	2.650.642	1.557.412	1.039.589	395.703	419.155	388.467
6	3.964.094	2.638.967	1.572.077	1.046.785	393.113	429.490	387.330
7	3.964.231	2.637.186	1.576.349	1.034.959	394.993	430.560	387.088
8	3.974.339	2.627.438	1.569.450	1.051.683	396.407	434.832	387.630
9	3.957.226	2.637.173	1.579.104	1.053.417	402.849	429.628	386.887
10	3.953.027	2.638.272	1.571.296	1.045.164	399.568	426.682	389.277
11	3.954.475	2.624.434	1.572.806	1.044.765	391.957	424.728	387.859
12	3.967.577	2.621.172	1.578.374	1.057.363	406.462	429.964	387.273
13	3.950.456	2.616.321	1.564.342	1.033.504	400.109	422.386	386.897
14	3.962.640	2.615.041	1.571.416	1.055.790	397.157	423.804	388.729
15	3.950.451	2.643.013	1.577.689	1.044.700	398.368	419.217	387.055
16	3.958.743	2.643.495	1.571.545	1.046.722	398.043	428.550	387.773
17	3.954.835	2.628.182	1.567.024	1.056.533	394.254	431.022	386.659
18	3.973.509	2.643.439	1.568.657	1.049.449	402.152	435.078	386.812
19	3.947.797	2.640.934	1.571.539	1.045.031	397.352	418.901	387.112
20	3.959.387	2.640.108	1.574.522	1.043.769	397.591	426.210	389.564
21	3.941.622	2.636.582	1.590.680	1.031.769	397.411	423.568	387.131
22	3.959.657	2.626.976	1.573.592	1.059.258	400.847	428.063	386.469
23	3.943.217	2.644.893	1.583.308	1.050.143	399.189	424.978	388.803
24	3.957.445	2.631.101	1.570.773	1.054.413	396.948	421.592	386.175
25	3.967.381	2.639.173	1.569.120	1.040.281	403.227	424.613	388.046
26	3.950.468	2.640.926	1.580.152	1.039.536	394.129	430.553	388.172
27	3.951.951	2.618.526	1.587.109	1.053.583	401.823	428.962	386.014
28	3.969.517	2.602.208	1.562.375	1.059.204	400.798	427.670	386.750
29	3.953.656	2.636.632	1.583.103	1.052.612	397.028	430.395	387.768
30	3.946.001	2.609.385	1.573.442	1.052.989	401.699	422.844	386.275
31	3.947.849	2.622.390	1.571.468	1.051.369	398.337	423.784	387.646
32	3.953.804	2.633.715	1.570.283	1.048.877	400.479	418.248	387.553
33	3.939.493	2.659.275	1.574.787	1.031.398	396.420	426.804	387.323
34	3.952.075	2.642.124	1.577.107	1.038.436	396.904	427.175	388.074
35	3.961.231	2.619.206	1.572.028	1.051.840	399.244	421.934	388.006
36	3.956.639	2.619.083	1.577.152	1.045.627	394.447	432.049	386.444
37	3.957.347	2.652.995	1.575.405	1.054.597	404.537	431.546	388.286
38	3.953.141	2.631.476	1.571.346	1.037.964	399.761	431.529	388.397
39	3.957.099	2.619.975	1.573.534	1.035.470	402.171	425.083	388.344
40	3.964.019	2.621.845	1.565.713	1.048.430	398.833	427.543	388.580
41	3.963.405	2.646.531	1.583.543	1.046.270	395.970	439.327	388.594
42	3.960.859	2.633.371	1.567.222	1.054.969	398.588	420.832	389.358

43	3.961.815	2.618.688	1.569.651	1.052.933	396.928	419.164	386.548
44	3.954.657	2.637.892	1.577.086	1.035.280	405.600	428.660	386.696
45	3.958.517	2.645.892	1.571.152	1.052.703	394.977	421.579	387.203
46	3.956.191	2.630.601	1.571.252	1.053.963	396.280	427.641	387.879
47	3.965.438	2.619.124	1.565.025	1.050.249	403.855	423.806	389.115
48	3.947.616	2.621.364	1.583.240	1.041.091	392.775	428.112	387.392
49	3.966.532	2.601.229	1.570.198	1.047.935	399.786	425.418	389.310
50	3.962.119	2.656.498	1.581.544	1.051.115	400.225	432.762	386.051
51	3.942.341	2.630.677	1.583.958	1.043.343	397.374	418.770	388.198
52	3.952.842	2.616.174	1.582.120	1.051.718	404.506	433.457	386.821
53	3.953.369	2.626.128	1.564.589	1.041.297	401.383	423.257	387.772
54	3.940.689	2.624.718	1.579.132	1.039.016	398.115	425.248	388.537
55	3.949.748	2.628.867	1.567.710	1.041.732	401.136	417.123	387.253
56	3.947.883	2.646.217	1.587.746	1.046.406	404.490	430.176	388.394
57	3.957.902	2.639.005	1.573.510	1.020.732	398.875	428.030	386.600
58	3.963.373	2.651.532	1.569.305	1.038.799	396.493	426.241	387.604
59	3.964.748	2.656.153	1.570.980	1.045.621	399.571	433.048	388.773
60	3.962.401	2.611.081	1.568.324	1.051.127	394.768	433.273	387.851
61	3.960.543	2.638.382	1.580.656	1.041.923	396.208	427.747	388.474
62	3.957.722	2.636.962	1.582.635	1.054.473	404.057	427.838	388.625
63	3.955.759	2.646.428	1.574.419	1.030.877	398.120	425.437	387.497
64	3.972.763	2.636.102	1.565.649	1.043.327	399.014	426.611	388.091
65	3.937.978	2.635.412	1.585.177	1.043.253	399.047	419.261	387.332
66	3.957.170	2.634.284	1.576.804	1.045.226	395.096	433.915	388.328
67	3.964.798	2.651.221	1.572.602	1.029.850	406.644	422.443	387.697
68	3.954.937	2.629.949	1.575.100	1.027.269	395.736	435.167	386.634
69	3.949.884	2.637.970	1.573.571	1.041.397	402.406	426.365	388.077
70	3.950.711	2.613.951	1.573.532	1.043.219	400.196	429.426	387.192
71	3.961.332	2.642.430	1.571.750	1.057.877	401.176	432.099	386.757
72	3.961.539	2.614.343	1.568.343	1.035.751	398.716	429.537	389.271
73	3.937.513	2.633.179	1.585.972	1.048.140	400.887	422.756	389.837
74	3.954.344	2.632.321	1.576.706	1.043.404	393.865	418.571	388.609
75	3.951.409	2.652.369	1.580.488	1.043.090	401.009	432.422	387.848
76	3.952.548	2.641.103	1.573.088	1.026.882	402.558	428.666	386.122
77	3.958.081	2.646.910	1.573.778	1.055.386	401.220	430.120	388.587
78	3.949.355	2.645.013	1.583.781	1.045.666	403.731	426.157	387.728
79	3.957.282	2.645.530	1.582.122	1.036.240	399.583	426.881	386.172
80	3.953.537	2.612.555	1.582.502	1.029.762	401.276	434.614	386.230
81	3.977.449	2.641.303	1.562.843	1.051.320	403.790	427.872	386.850
82	3.955.481	2.599.270	1.565.830	1.037.174	406.027	416.505	388.951
83	3.940.347	2.618.638	1.578.243	1.043.540	401.273	433.063	388.178
84	3.961.602	2.645.235	1.566.124	1.059.258	402.596	431.544	388.109
85	3.956.550	2.645.126	1.576.211	1.055.368	393.235	431.639	387.246
86	3.963.872	2.627.595	1.567.057	1.045.328	397.582	428.576	386.660
87	3.945.272	2.636.273	1.579.347	1.041.837	401.262	429.783	389.766
88	3.954.934	2.635.785	1.581.650	1.042.417	400.138	424.021	387.150

89	3.949.519	2.630.267	1.587.489	1.037.071	396.200	420.945	388.849
90	3.962.452	2.611.370	1.576.451	1.056.107	399.424	432.399	387.399
91	3.946.677	2.636.236	1.585.762	1.054.157	396.557	425.244	385.416
92	3.951.831	2.611.887	1.579.285	1.050.129	398.994	429.692	387.110
93	3.949.886	2.640.263	1.585.785	1.064.298	399.614	433.362	387.907
94	3.952.137	2.607.397	1.574.293	1.054.606	402.752	427.808	388.029
95	3.968.344	2.646.395	1.571.481	1.039.840	395.935	442.309	388.626
96	3.958.654	2.608.230	1.563.203	1.047.298	398.373	428.489	387.905
97	3.935.406	2.630.135	1.586.483	1.048.233	399.307	426.086	387.593
98	3.946.683	2.611.237	1.575.667	1.035.587	397.073	429.085	389.003
99	3.953.503	2.645.164	1.580.953	1.051.432	405.212	423.253	388.163
100	3.958.406	2.624.527	1.576.136	1.042.260	403.098	422.255	386.681

Tabla 8-38: Simulación 2023 disponibilidad 88%. Flota 14 camiones

Réplica	F3n		F3s		F3n	F3s	Stock
	chancador [t]	botadero [t]	chancador [t]	botadero [t]	stock [t]	stock [t]	chancador [t]
1	3.078.953	639.259	2.633.831	510.151	-	471.794	387.842
2	3.056.790	640.866	2.624.051	504.559	-	469.894	387.128
3	3.057.406	654.628	2.644.996	515.198	-	472.778	389.515
4	3.082.964	629.843	2.608.906	511.062	-	480.844	388.754
5	3.068.408	620.155	2.625.675	512.026	-	480.981	387.372
6	3.077.318	631.830	2.622.052	498.426	-	473.234	388.507
7	3.075.526	633.611	2.625.466	499.844	-	469.616	388.081
8	3.069.738	643.359	2.634.733	496.299	-	464.684	388.293
9	3.072.755	633.624	2.645.127	499.389	-	462.259	387.849
10	3.082.196	632.525	2.628.177	514.340	-	470.368	387.342
11	3.080.744	646.363	2.628.627	498.263	-	479.298	388.124
12	3.070.389	649.625	2.640.951	494.664	-	458.672	387.825
13	3.064.683	654.476	2.625.292	506.913	-	472.487	388.085
14	3.079.946	655.756	2.624.519	502.267	-	475.930	388.162
15	3.053.151	627.784	2.622.458	509.035	-	474.973	385.504
16	3.061.064	627.302	2.622.297	501.583	-	467.378	386.198
17	3.077.596	642.614	2.632.765	497.651	-	469.399	388.017
18	3.062.350	627.358	2.637.249	504.303	-	457.337	387.754
19	3.067.443	629.863	2.624.573	508.587	-	479.774	388.914
20	3.074.206	630.689	2.614.843	506.990	-	474.161	388.398
21	3.053.689	634.214	2.631.688	503.754	-	473.471	387.319
22	3.061.064	643.821	2.636.824	494.305	-	464.637	387.079
23	3.063.936	625.903	2.627.814	509.190	-	472.929	388.293
24	3.063.412	639.695	2.633.344	506.216	-	473.595	385.960
25	3.063.388	631.624	2.634.446	500.931	-	468.378	388.172
26	3.060.223	629.870	2.617.960	501.823	-	471.844	388.354
27	3.048.146	652.270	2.642.602	492.850	-	464.352	389.122
28	3.056.094	668.589	2.628.012	493.966	-	465.984	387.703
29	3.057.871	634.165	2.619.408	501.454	-	468.994	388.649
30	3.062.396	661.412	2.637.875	495.196	-	468.141	386.410
31	3.071.361	648.406	2.618.004	502.171	-	472.067	386.543
32	3.071.231	637.082	2.611.452	503.010	-	476.563	387.736
33	3.068.114	611.522	2.626.904	505.382	-	471.912	387.814
34	3.061.815	628.673	2.622.924	503.289	-	472.126	388.130
35	3.052.293	651.591	2.624.920	501.482	-	473.218	386.390
36	3.060.442	651.714	2.630.148	477.408	-	467.744	387.797
37	3.049.383	617.802	2.628.022	498.982	-	460.923	388.719
38	3.050.728	639.321	2.632.554	502.666	-	464.490	387.383
39	3.063.472	650.821	2.627.712	506.350	-	468.255	387.166
40	3.070.393	648.952	2.640.366	519.345	-	469.404	387.201
41	3.062.686	624.266	2.624.896	506.299	-	461.820	388.524
42	3.074.843	637.426	2.641.257	506.292	-	476.639	386.700

43	3.061.254	652.109	2.630.792	506.445	-	479.503	389.046
44	3.059.297	632.905	2.642.113	500.250	-	460.640	388.203
45	3.062.376	624.905	2.636.214	507.208	-	479.650	389.004
46	3.063.267	640.196	2.626.384	507.072	-	471.096	387.137
47	3.063.196	651.673	2.627.065	510.181	-	469.195	387.741
48	3.066.818	649.433	2.609.596	502.071	-	473.627	387.122
49	3.057.937	669.568	2.633.855	499.734	-	471.777	387.672
50	3.061.792	614.299	2.633.593	501.508	-	461.463	388.398
51	3.077.735	640.120	2.612.537	502.772	-	480.876	388.822
52	3.069.746	654.623	2.638.163	500.528	-	456.302	387.444
53	3.070.927	644.669	2.623.077	505.599	-	469.314	386.182
54	3.059.732	646.079	2.631.043	500.922	-	472.507	387.334
55	3.072.823	641.930	2.613.553	499.413	-	477.084	388.090
56	3.056.196	624.580	2.634.149	507.222	-	462.057	388.329
57	3.075.534	631.792	2.626.924	501.137	-	468.793	389.099
58	3.068.809	619.265	2.618.239	496.792	-	473.730	388.860
59	3.069.792	614.643	2.633.109	508.395	-	461.944	385.790
60	3.063.627	659.716	2.622.039	496.921	-	466.544	386.734
61	3.055.920	632.415	2.622.243	493.374	-	471.371	386.851
62	3.061.740	633.835	2.630.851	499.358	-	464.040	387.310
63	3.058.410	624.369	2.621.036	505.390	-	471.191	387.251
64	3.066.792	634.695	2.621.120	491.506	-	469.380	386.914
65	3.080.880	635.385	2.627.940	505.241	-	478.200	389.176
66	3.054.837	636.513	2.617.488	491.181	-	467.352	388.035
67	3.053.928	619.576	2.629.380	498.119	-	465.922	387.313
68	3.070.675	640.848	2.635.879	495.795	-	464.110	388.379
69	3.062.824	632.827	2.625.500	498.619	-	466.197	386.892
70	3.058.100	656.846	2.620.155	499.988	-	466.282	388.711
71	3.053.027	628.367	2.645.678	496.149	-	461.789	388.306
72	3.074.746	656.454	2.620.011	488.712	-	467.384	386.366
73	3.053.069	637.618	2.616.757	505.566	-	474.698	388.504
74	3.081.416	638.476	2.616.327	497.153	-	484.395	388.222
75	3.060.383	618.428	2.622.802	509.117	-	462.482	388.065
76	3.059.690	629.694	2.624.704	502.135	-	463.382	388.485
77	3.067.554	623.887	2.615.353	486.227	-	465.915	388.667
78	3.060.050	625.783	2.641.503	508.411	-	466.270	388.431
79	3.073.126	625.267	2.647.441	506.629	-	465.877	386.169
80	3.060.688	658.242	2.632.687	507.739	-	458.985	388.645
81	3.069.739	629.493	2.640.999	503.084	-	461.982	386.795
82	3.080.826	671.527	2.623.349	499.013	-	475.853	389.433
83	3.059.560	652.159	2.636.332	508.426	-	461.739	387.896
84	3.064.872	625.562	2.633.043	500.463	-	460.187	386.218
85	3.059.971	625.671	2.631.247	498.440	-	469.427	387.056
86	3.064.362	643.201	2.627.642	506.312	-	468.204	387.702
87	3.066.595	634.524	2.635.132	496.639	-	466.194	387.474
88	3.057.461	635.012	2.626.461	512.284	-	470.918	387.928

89	3.071.219	640.530	2.613.235	510.702	-	479.215	387.511
90	3.078.892	659.426	2.632.310	500.461	-	464.447	388.870
91	3.078.899	634.561	2.620.532	506.502	-	470.667	387.052
92	3.059.720	658.910	2.633.032	509.569	-	466.872	388.448
93	3.053.045	630.534	2.636.662	502.128	-	461.104	386.173
94	3.074.325	663.399	2.638.582	503.474	-	464.253	386.785
95	3.058.571	624.402	2.638.914	502.992	-	456.775	386.393
96	3.066.519	662.567	2.630.391	500.552	-	470.036	388.992
97	3.053.581	640.662	2.629.297	496.925	-	471.884	389.684
98	3.059.379	659.560	2.638.388	504.678	-	468.712	385.867
99	3.067.854	625.633	2.634.126	501.886	-	466.993	387.295
100	3.055.954	646.269	2.640.689	511.797	-	469.204	387.876