

Simulación de Naves para la mantención de Equipos

Proyecto: **Nueva Andina Fase II – Nodo 3500**

Cliente: **Codelco-División Andina**

Elaborado por : **Simula UC**

Diciembre de 2011



Simula UC



Contenidos de la Presentación

1. Presentación
2. Descripción del Problema
3. Modelación
4. Resultados
5. Conclusiones



1. PRESENTACIÓN

Quiénes somos – Simula UC

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

3. MODELACIÓN



Simula UC

Quiénes somos y qué hacemos

- Departamento especializado de **DICTUC S.A.**
- Desarrollo de soluciones de **simulación y optimización**
- Desarrollo de Herramientas, Estudios y Evaluaciones

“Apoyamos la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre con herramientas avanzadas de investigación operativa”

Consultoría

- Desarrollo de aplicaciones
- Estudios y evaluaciones

Docencia

- Cursos de ingeniería

Investigación

- Memorias de Título
- Tesis de Magíster



1. PRESENTACIÓN

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Dimensionamiento del taller para mantenencias

3. MODELACIÓN

4. RESULTADOS

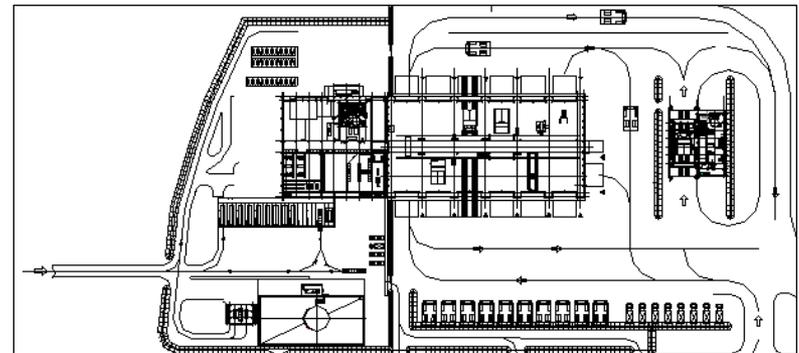


Descripción del Problema

Proyecto Nueva Andina II

Expansión de División Codelco Andina

- Aumento de 94 kTon/ día → 244 kTon /día
- Nueva Infraestructura, entro otros:
 - Barrio Cívico
 - Bodegas de almacenamiento
 - Estación de Chancado
 - **Nave para el lavado de vehículos**
 - **Taller de neumáticos**
 - **Taller de mantenimiento de vehículos**



Descripción del Problema

Dimensionamiento del taller para mantenencias

- A partir de un análisis porcentajes de disponibilidad y tiempos promedio de permanencia
 - Esta estimación no consideró variabilidad en los tiempos de falla, mantención y reparación. Considera un 100% de utilización para cada nave.
- Según *benchmark* de la industria, se decidió ampliar este número a 12 naves (una nave por cada 7 equipos aprox.)

10
NAVES



12
NAVES

-
- Espacio disponible para construir las instalaciones es muy reducido.
 - Taller debe atender correctamente los requerimientos de los vehículos
 - **De lo contrario disminuye el desempeño de la operación minera**

**Necesidad de
validar el
diseño**

Descripción del Problema

Objetivos del Estudio

El objetivo principal es:

Determinar el impacto que tiene el taller (configuración) en el cumplimiento del plan minero, y con esto, encontrar el mejor diseño factible.

Descripción del Problema

Definición de escenarios a estudiar

- Se evaluaron los siguientes ESCENARIOS:
 - **Caso *Benchmark* (50 naves)**
 - **10 Naves**
 - Flota propuesta por Codelco
 - **12 Naves**
 - Flota propuesta por Codelco
 - Flota propuesta por Codelco + **2, 4 y 10 Camiones**
 - Mejora en la gestión (reducción de tiempos en el taller)
 - **14 Naves**
 - Flota propuesta por Codelco
 - Flota propuesta por Codelco + **2, 4 y 10 Camiones**
 - Mejora en la gestión (reducción de tiempos en el taller)

1. PRESENTACIÓN

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

3. MODELACIÓN

Construcción del modelo de simulación

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES



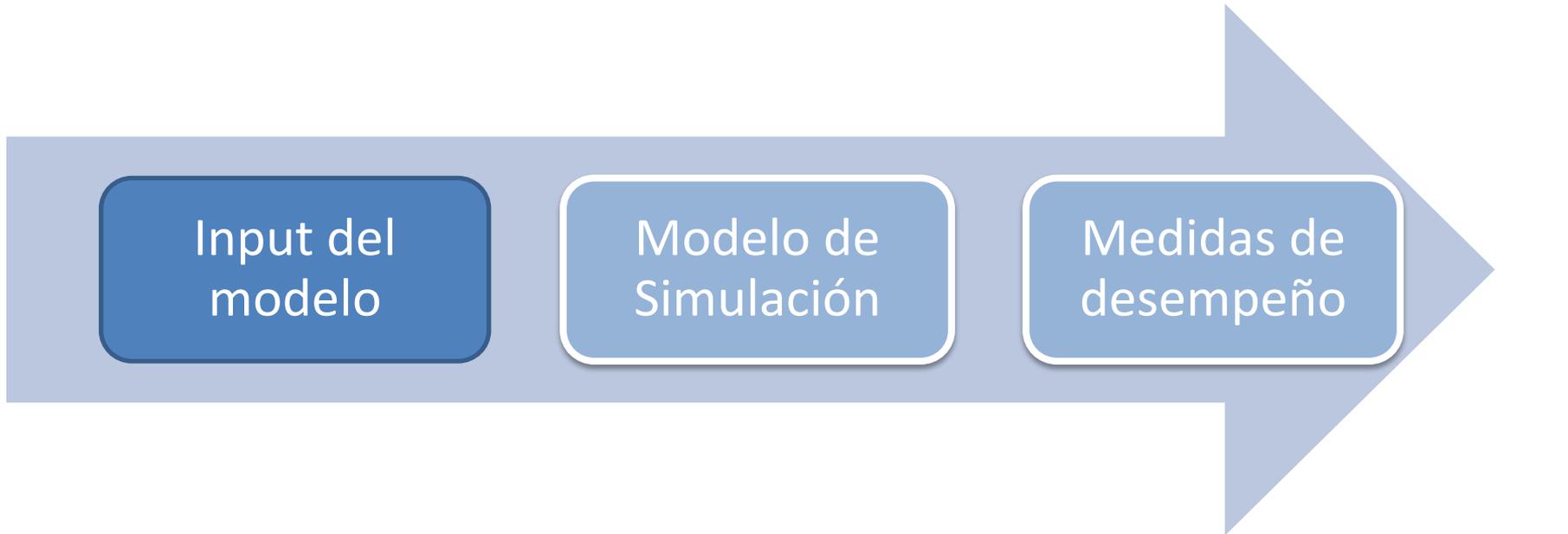
Modelación

Levantamiento de Información

Dato	Contraparte	Detalle
Plan minero para expansión Andina 244 (palas, camiones y equipos de apoyo), según planificación de Octubre 2011	Codelco	Información del tamaño y composición de flota, y de los requerimientos de equipos en la faena.
Historia de fallas de camiones y equipos de apoyo	Komatsu	Reunión sostenida en dependencias de la empresa. Presentación y planilla Excel.
Tiempos promedio entre fallas de equipos para un mes de operación	Komatsu	Reunión sostenida en dependencias de la empresa. Presentación y planilla Excel.
Plan de mantenciones de equipos (camiones y equipos de apoyo)	Komatsu	Reunión sostenida en dependencias de la empresa. Presentación y planilla Excel.
Disponibilidad histórica de camiones y equipos de apoyo	Codelco	Estimaciones obtenidas en reunión con José Zapata y Alfredo Sánchez (Codelco Andina).
Tiempos de lavado y postura de cadenas	Codelco	Discusión en reunión con José Zapata (Codelco).

Modelación

Input y Output del modelo



Modelación

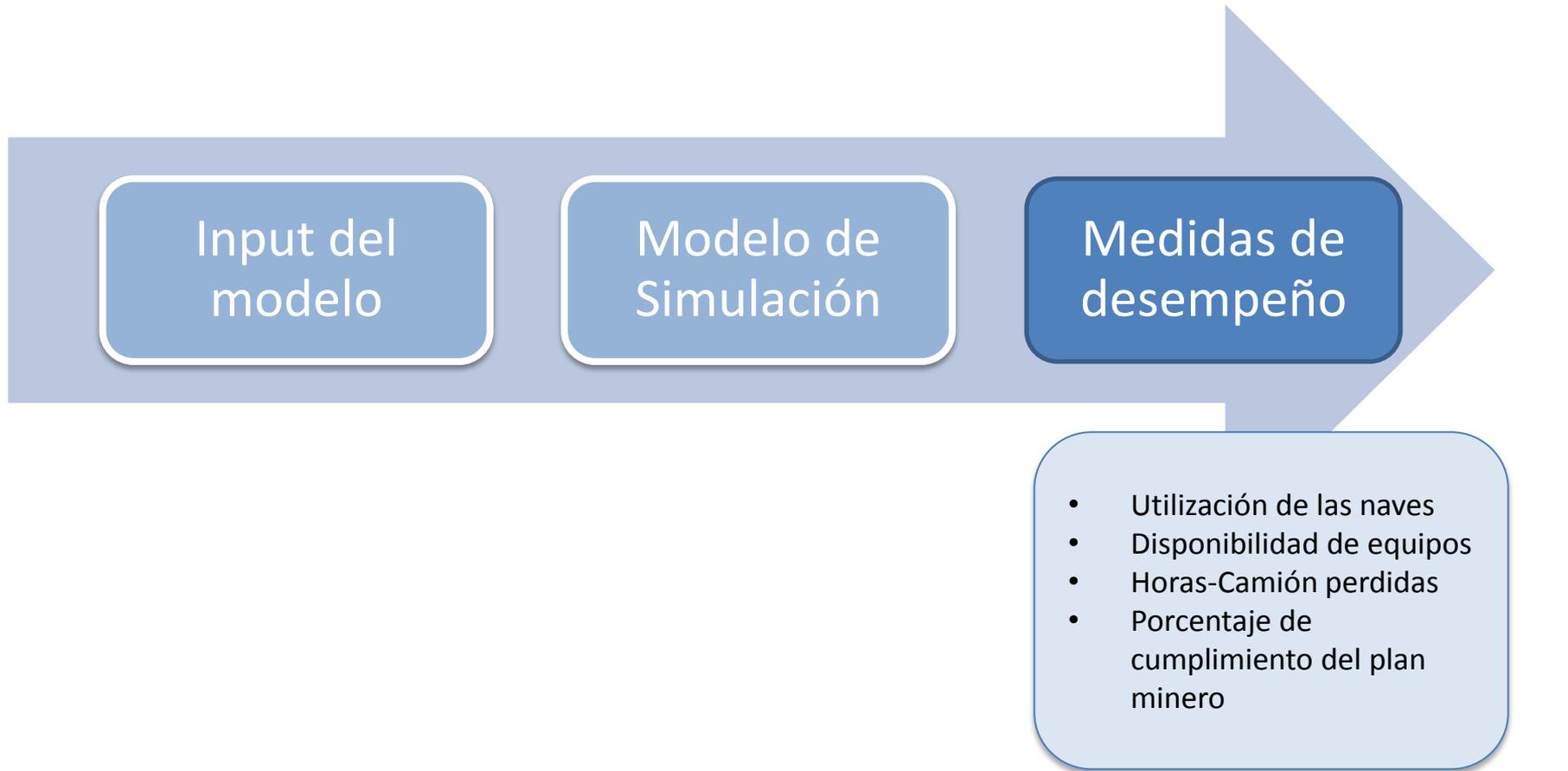
Input y Output del modelo



- Plan minero
- Flota
- Plan de mantenimiento
- Tiempo entre fallas
- Tiempos de mantención y reparación
- **Configuración del Taller**
 - **Nº de Naves**

Modelación

Input y Output del modelo



Modelación

Configuración y *set-up* del modelo

- Horizonte de simulación:

Período 2019-2037
- Equipos comienzan la operación con distinta antigüedad.
- Taller comienza año 2019 en un régimen operativo normal (no vacío)

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

3. MODELACIÓN

4. RESULTADOS

Resultados y análisis para cada escenario

5. CONCLUSIONES



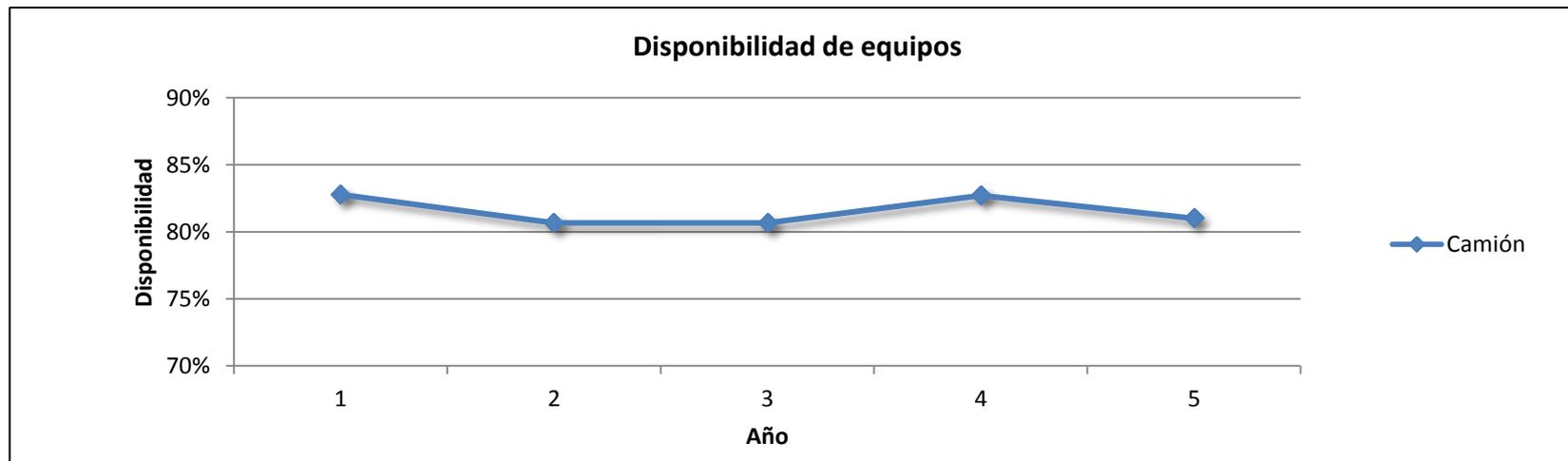
Resultados

Validación y Verificación del modelo

Comparación con modelo actual:

- 20 equipos principales
- 20 equipos de apoyo
- 7 naves

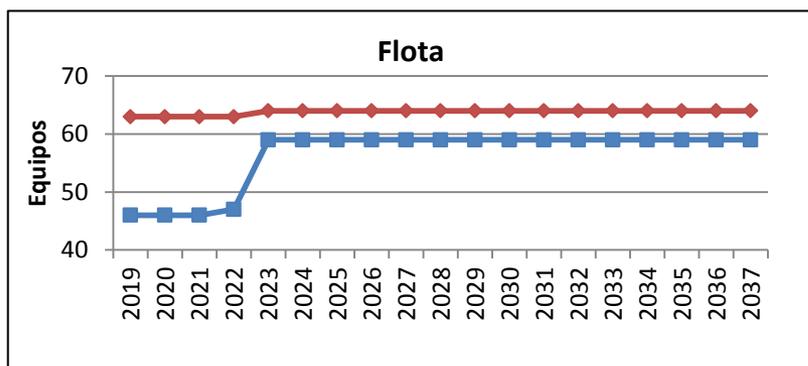
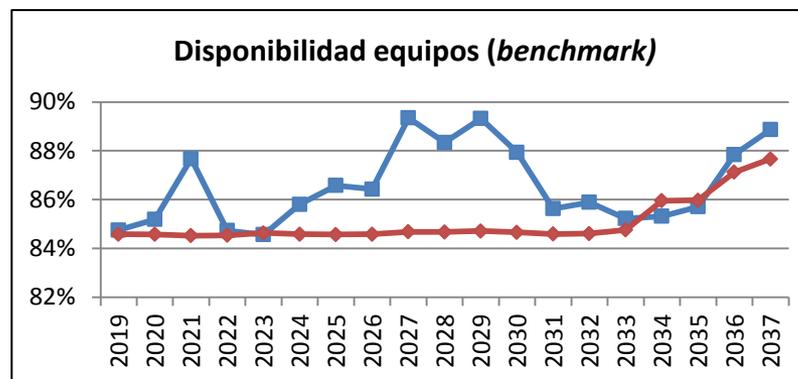
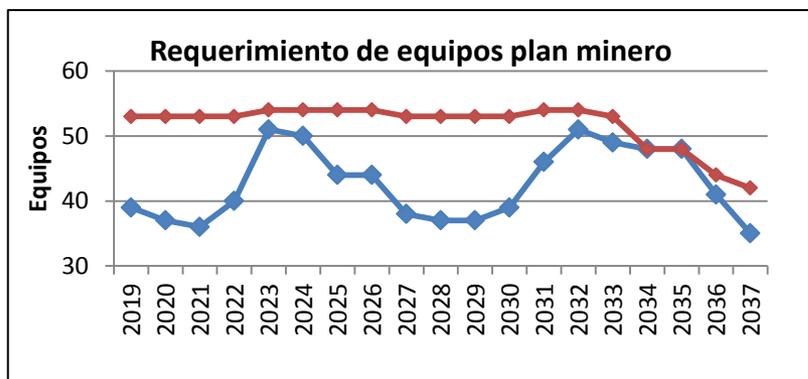
Situación Actual	Simulación
81%	81,3%



Resultados

Validación y Verificación del modelo

Consistencia



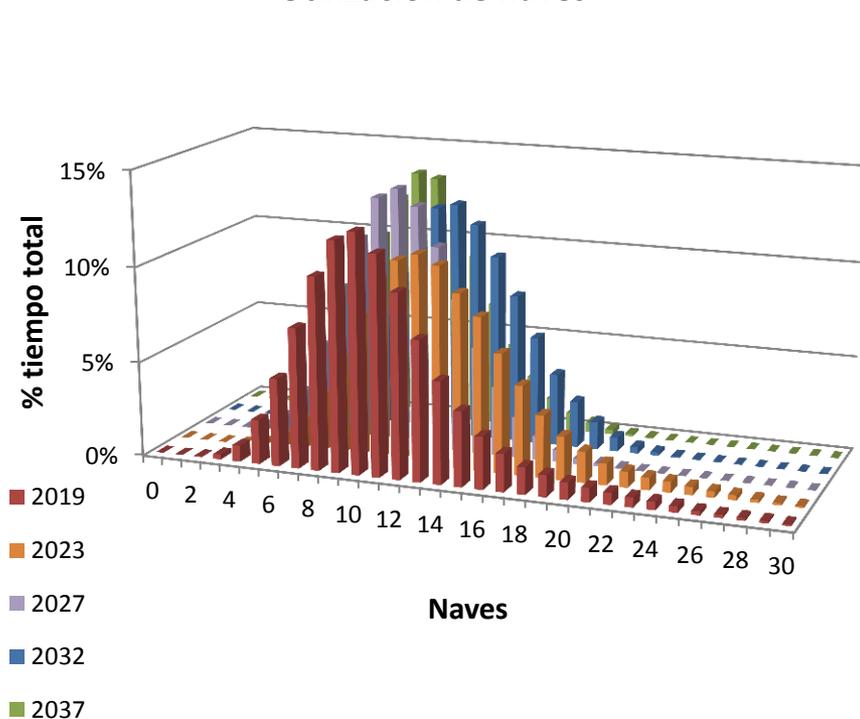
- Camiones
- Equipos de Apoyo

Resultados

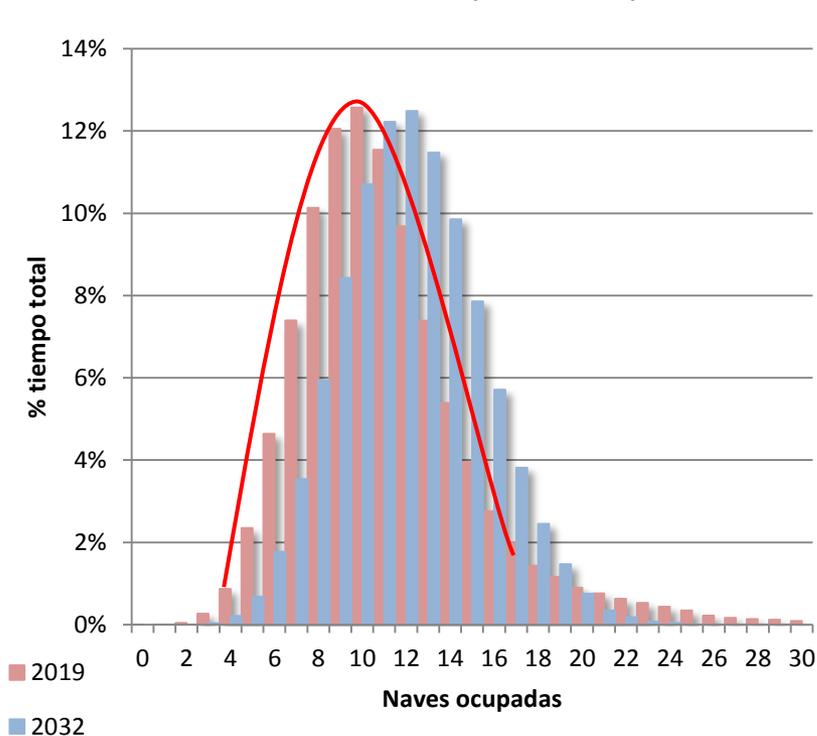
Análisis de Resultados

Benchmark: Taller con 50 naves

Utilización de naves



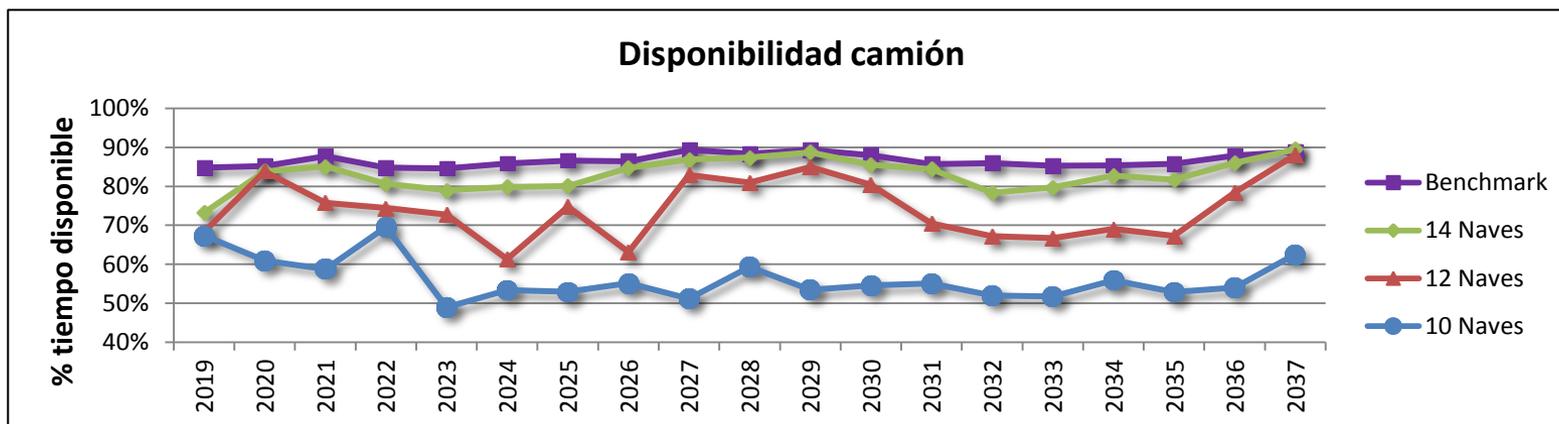
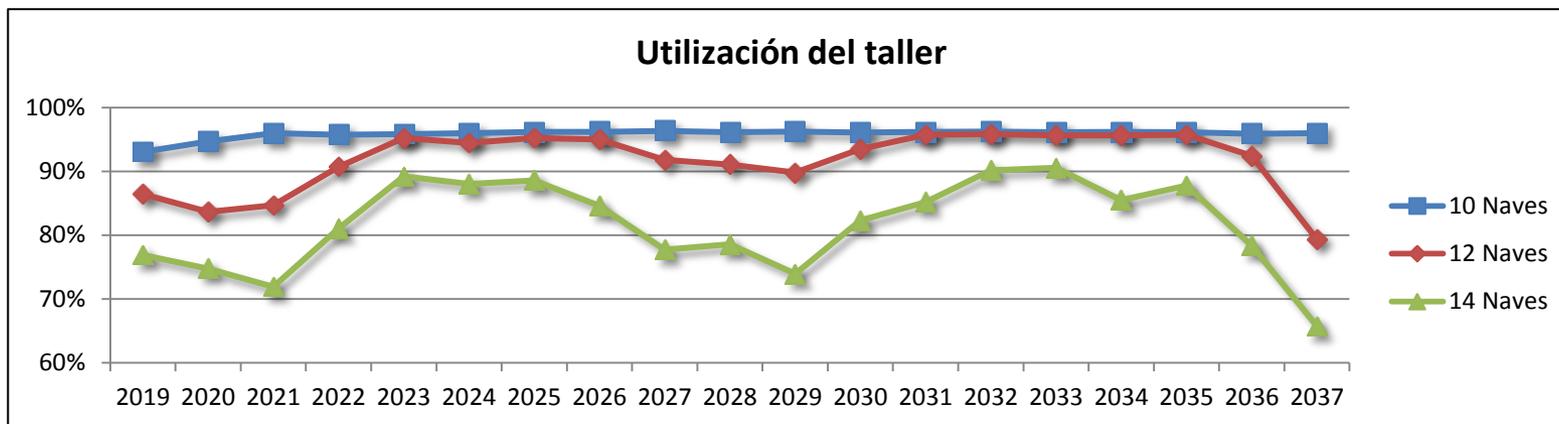
Utilización de naves (benchmark)



Resultados

Análisis de Resultados

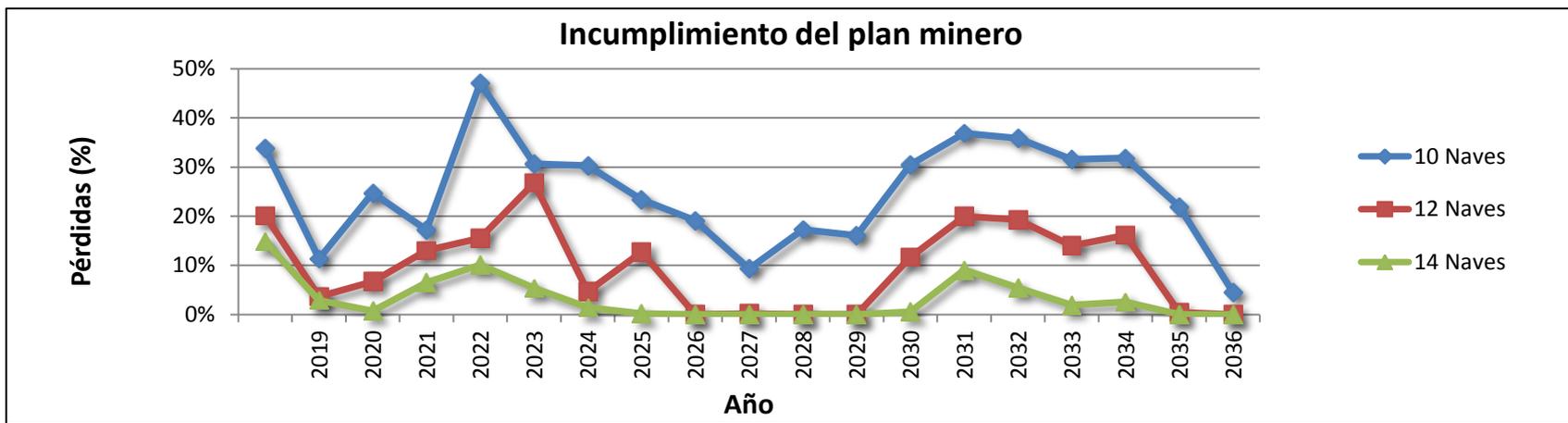
Taller con 10,12 y 14 naves



Resultados

Análisis de Resultados

Taller con 10,12 y 14 naves



	HC	Pérdidas	Cumplimiento	Disponibilidad		
	por	por	por	por		
	año	año	año	año		
Benchmark	1%	3.453,0	99,0%	87%		
Pérdida	10%	84.989,0	75,1%	56%		
Pérdida	12%	34.463,0	90,3%	75%		
Pérdida	14%	11.239,0	96,8%	83%		

?



Resultados

Análisis de Resultados

Taller con 10,12 y 14 naves

Disponibilidad

56% → 75%

75% → 83%

Cumplimiento

75% → 90%

90% → 96,8%

10 naves

12 naves

14 naves



+ US \$ 100 MM/ año



+ 2 naves (US \$16 MM)



+ US \$ 46 MM/ año

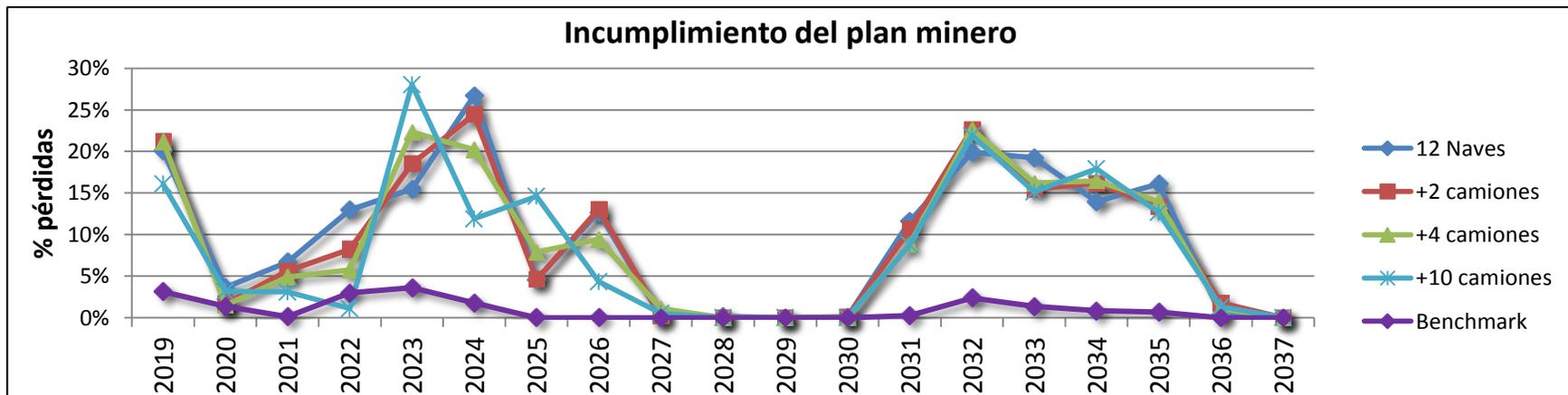
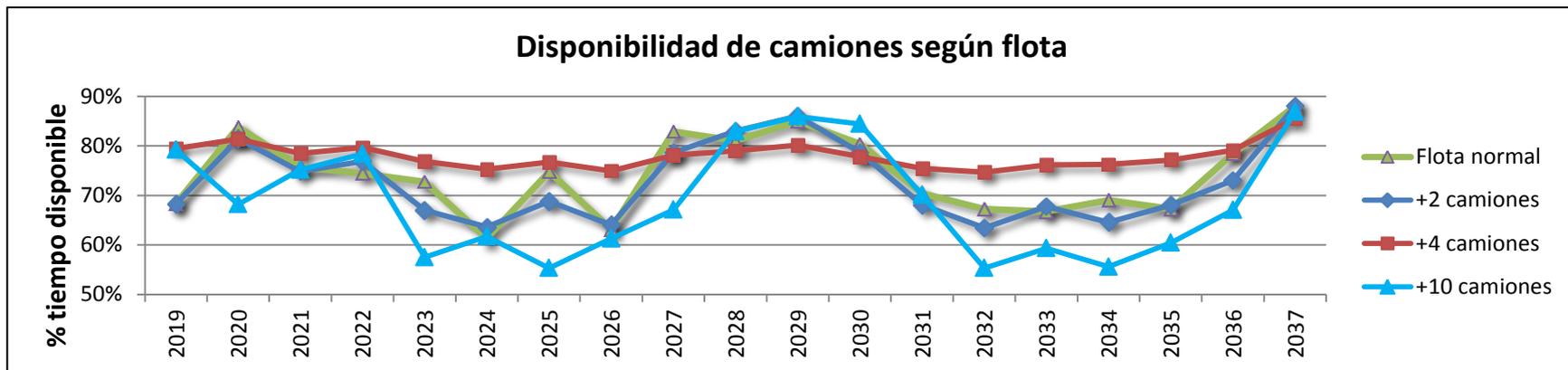


+ 2 naves (+US \$16 MM)

Resultados

Análisis de Resultados

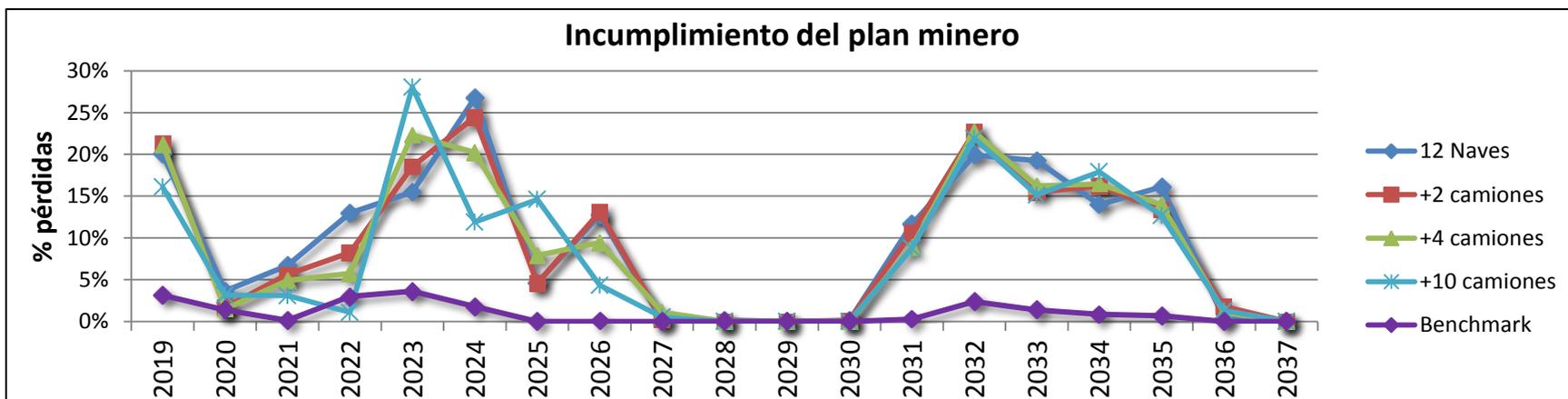
Se puede compensar la falta de naves aumentando la flota?



Resultados

Análisis de Resultados

Se puede compensar la falta de naves aumentando la flota?



- **La respuesta es NO**

- Se debe descongestionar el taller:

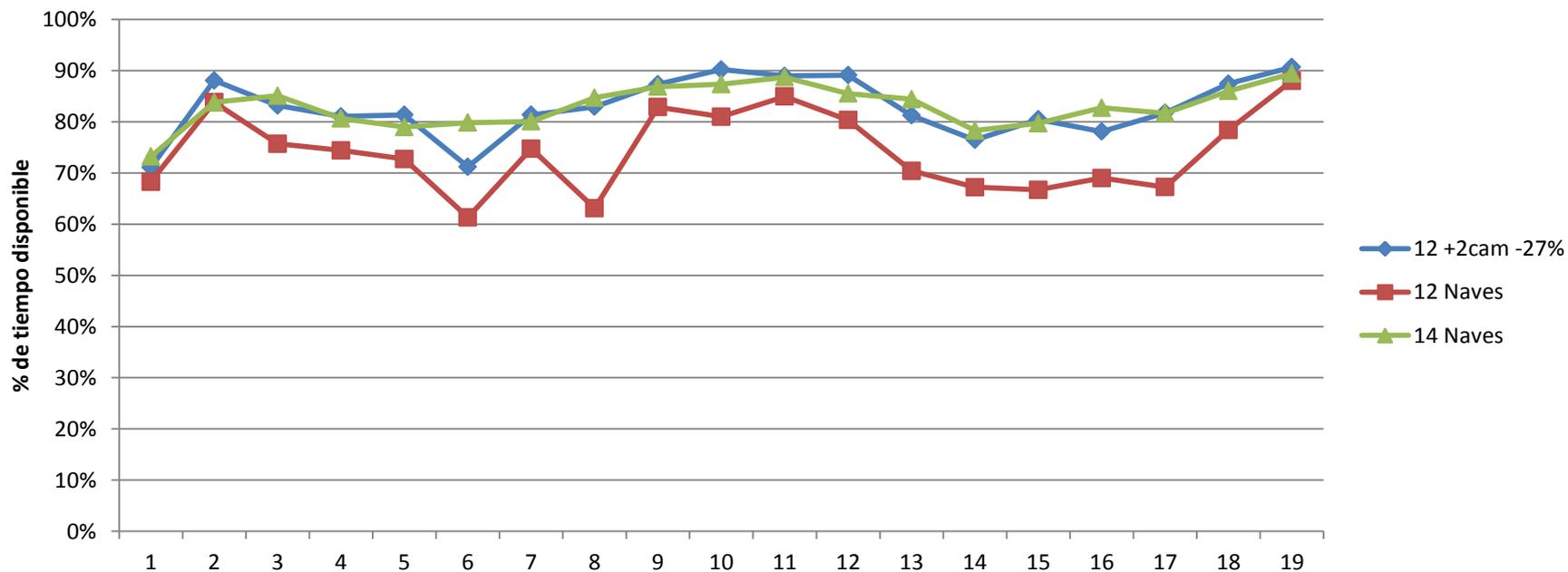
- **Disminuir tasa de fallas y/o tiempos de reparación**
- **Aumentar el número de naves**

Resultados

Análisis de Resultados

Que pasa si mejoro las gestión de los equipos (MTBF y MTTR)?

Disponibilidad de Camiones

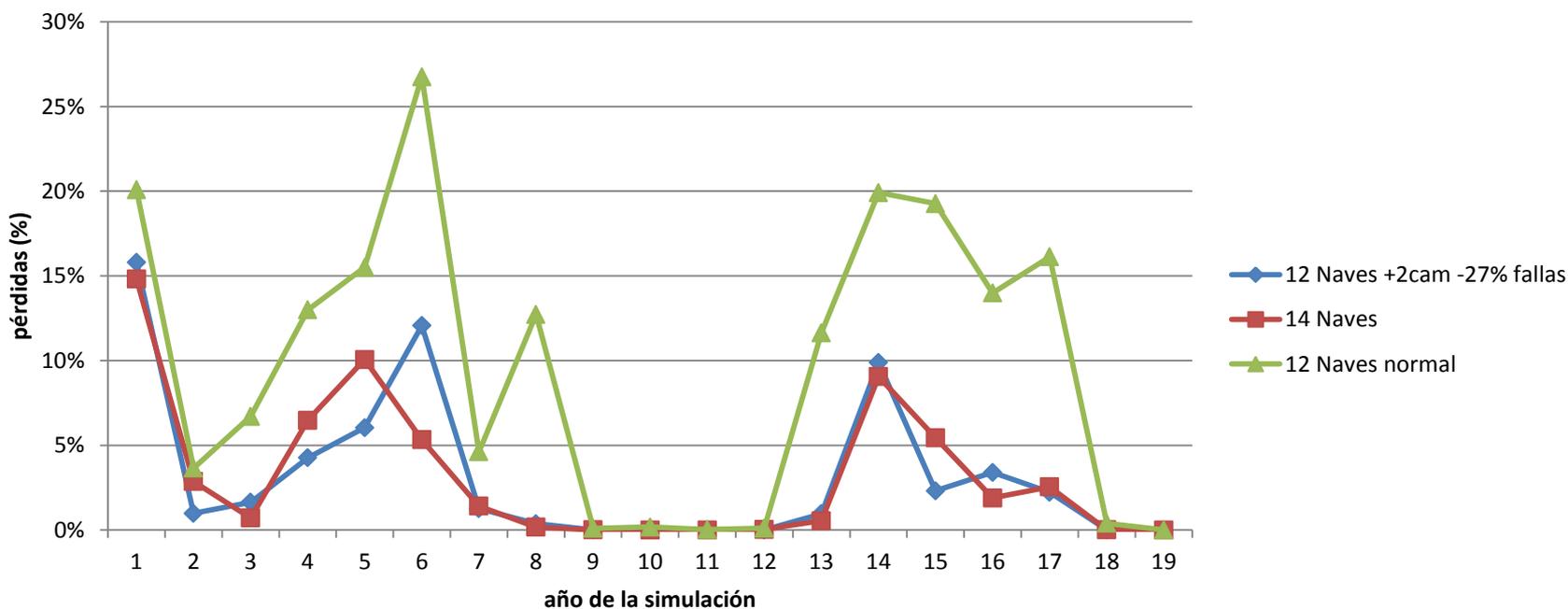


Resultados

Análisis de Resultados

Que pasa si mejoro las gestión de los equipos (MTBF y MTTR)?

Incumplimiento del plan minero



3. MODELACIÓN

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

Recomendaciones finales del estudio



Conclusiones

Recomendaciones finales

- Si tomamos el caso del taller con 12 naves, el limitante principal del cumplimiento del plan minero **es el taller** (cuello de botella).
- Si el taller está congestionado, aumentos marginales en la flota de camiones (12 naves + 2 camiones) **no ayudan mejorar el cumplimiento** del plan minero.
- Existen dos opciones principales para descongestionar el taller/mejorar cumplimiento:
 1. **Aumentar tamaño del taller**
 2. **Mejorar gestión (Disminuir tasa de fallas y/o tiempos de reparación)**

Conclusiones

Recomendaciones finales

- Aumentar el tamaño del taller de 12 a 14 naves permite reducir las pérdidas por cumplimiento del plan minero en **\$ US 46MM** al año.
- El mismo efecto se puede obtener reduciendo la tasa de fallas en un 27% y agregando 2 camiones adicionales.
- En ambos caso, se estima el cumplimiento del plan minero en un 97%.
- Para obtener un cumplimiento superior al 98%, es necesario combinar alternativas:
 - Aumentar tamaño del taller a 14 naves
 - Disminuir adicional de tasa de fallas

Extensiones del Modelo

Trabajo actual

- Simulación de recursos:
 - Mecánicos
 - Eléctricos
 - Soldadores
- Nuevo objetivo:

Determinar la dotación necesaria de personas para asegurar un estándar de disponibilidad de equipos
- Modelo Genérico, aplicable a otras faenas

Simulación de Naves para la mantención de Equipos

Proyecto: **Nueva Andina Fase II**

Cliente: **Codelco Chile**

Elaborado por Simula UC

Diciembre de 2011



Simula UC



6. ANEXOS

Recomendaciones finales del estudio



Modelación

Límites y supuestos

1. Las distribuciones de probabilidad de los tiempos entre fallas de equipos y sus correspondientes tiempos de reparación se calibraron para representar la disponibilidad histórica de cada tipo de equipo
2. Los procesos de falla se renuevan en cada reparación, y no dependen directamente de la edad del equipo en cuestión.
3. El mantenimiento se realiza dentro de un rango de tiempo (10%) en torno al instante de mantenimiento indicado por Komatsu
4. No se modela el trabajo de personas en el taller. Se asume que siempre existirán los recursos necesarios para atender los camiones en las naves.

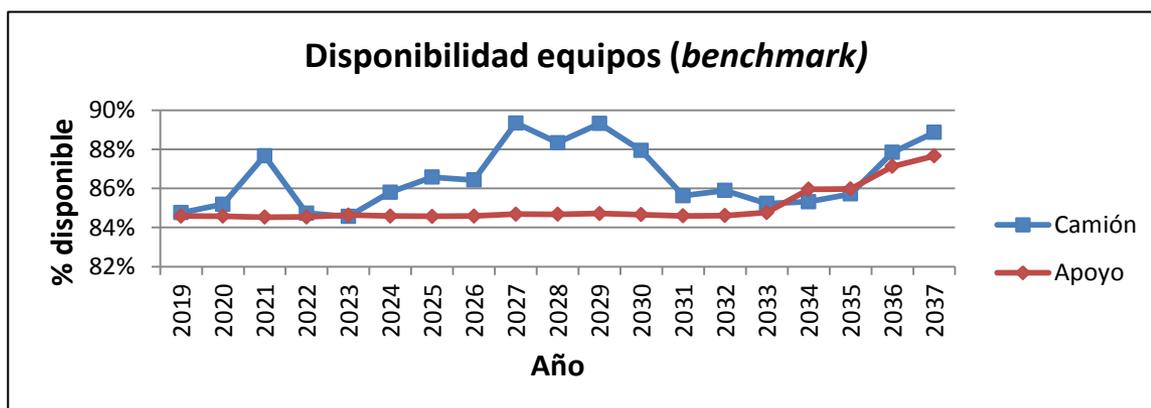
Resultados

Análisis de Resultados

Benchmark: Taller con 50 naves



Cumplimiento promedio: 99%



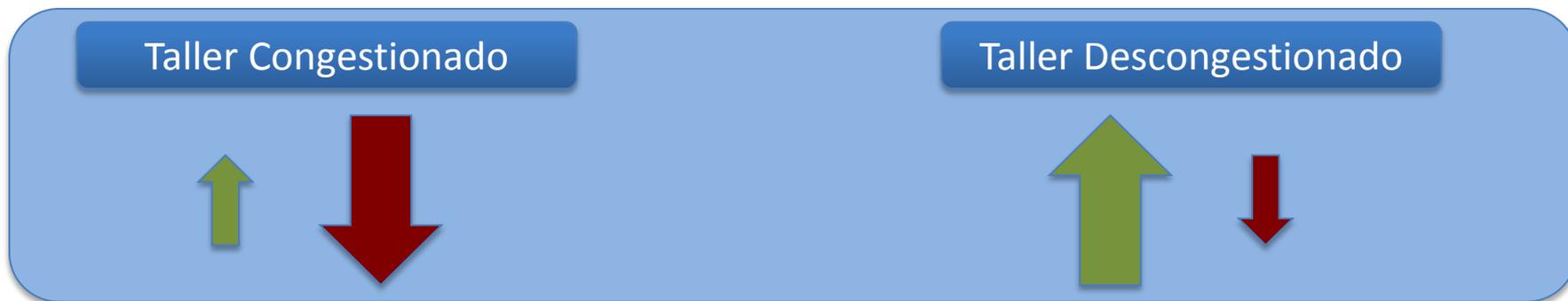
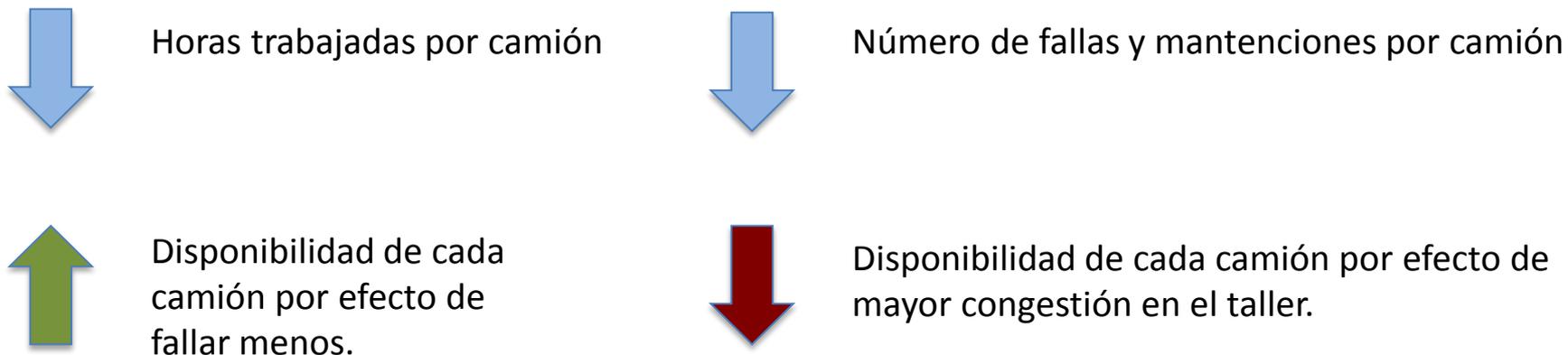
Disponibilidad promedio: 87%



Resultados

Análisis de Resultados

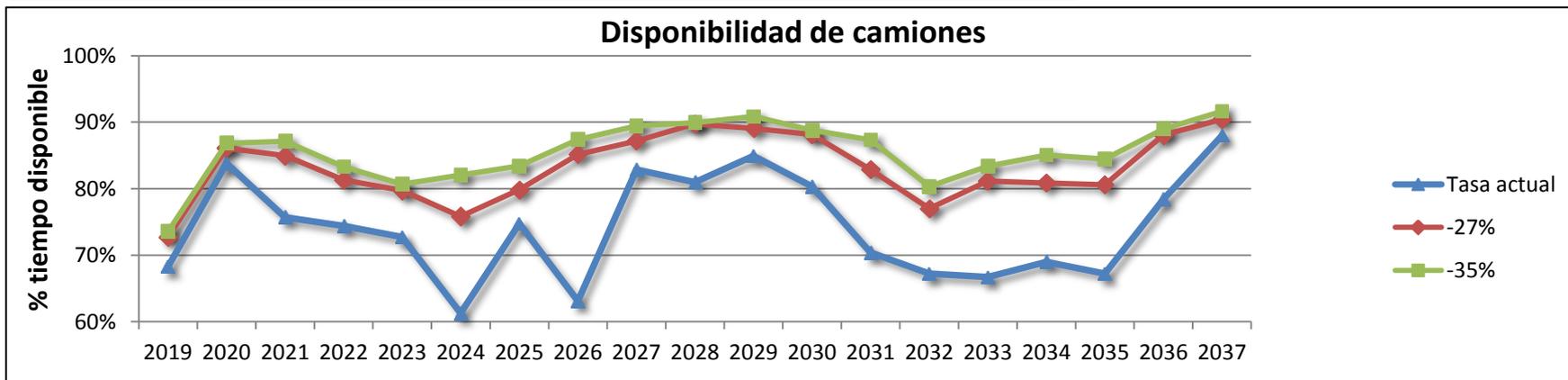
Se puede compensar la falta de naves aumentando la flota? (12 N)



Resultados

Análisis de Resultados

Escenario: Modificaciones en la gestión (12N)



Resultados

Análisis de Resultados

Resumen de escenarios

Naves taller	Equipos adicionales	Var en tasa de fallas	Horas-Camión perdidas	Cumplimiento (%)	Disponibilidad (%)
10	0	0%	84.989	75,1%	57%
12	0	0%	34.463	90,3%	75%
14	0	0%	11.239	96,8%	83%
50	0	0%	3.453	99,0%	87%
12	2	0%	33.412	90,6%	73%
12	4	0%	32.735	90,9%	72%
12	10	0%	30.524	91,5%	70%
12	0	-27%	12.390	96,5%	83%
12	0	-35%	8.364	97,6%	86%
12	2	-27%	11.282	96,8%	84%
14	0	-27%	5.386	98,4%	87%
14	2	0%	8.895	97,4%	83%
14	4	0%	7.820	97,8%	82%

Modelación

Levantamiento de Información

Proceso de Levantamiento

- Reuniones con ejecutivos de **Codelco**
- Reuniones con ejecutivos de **Komatsu**

- Revisión de registro histórico de Codelco
- Revisión de documentos adicionales
- Estimaciones y supuestos en base a expertos de Codelco y Komatsu