



#### **Matrix**Consulting

**CONFIDENCIAL** 

### Estudio de productividad en la gran minería del cobre

Benchmark de indicadores de productividad

#### Nota importante

Este documento ha sido preparado por **Matrix**Consulting para Fundación Chile y el Consejo Minero única y exclusivamente en base a la información proporcionada por las empresas mineras participantes en el "Estudio de Productividad en la Gran Minería del Cobre".

MatrixConsulting no ha verificado en forma independiente los antecedentes e información entregados por las empresas mineras participantes para la generación de los análisis contenidos en el presente documento, por lo que no asume responsabilidad alguna respecto de su veracidad, integridad, precisión y suficiencia.

#### Contenido del documento



#### Benchmark de operaciones en Chile e internacionales

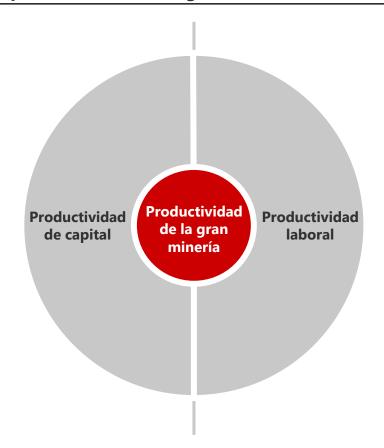
Estimación de potencial de productividad para la minería chilena

## El Estudio considera dos dimensiones para la medición de productividad: capital y laboral

#### Indicadores clave para medir la productividad en la gran minería de cobre chilena

### Ejemplo de indicadores de productividad de capital

- OEE: % Eficiencia en el uso de los activos
  - Disponibilidad: % tiempo disponible/ tiempo posible
  - Utilización efectiva: % tiempo utilizado/ tiempo disponible
  - Eficiencia de activos: % tiempo utilizado/tiempo posible
  - Rendimiento: Material movido/ Capacidad de movimiento



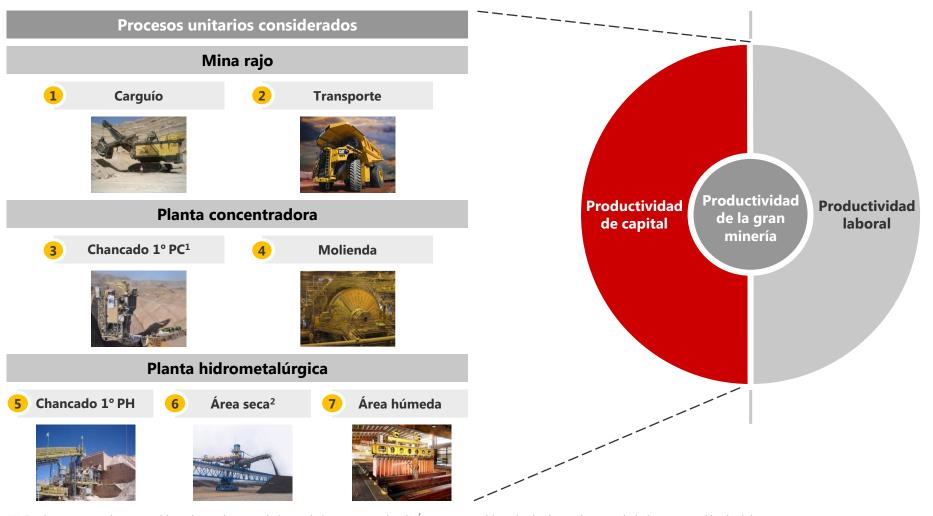
### Ejemplo de indicadores de productividad laboral

- kTon de material movido por FTE<sup>1</sup>
- kTon de mineral procesado por FTE
- KTon de cobre fino producido por FTE
- % de tiempo efectivo de operadores y mantenedores

<sup>(1)</sup> FTE: "full time equivalent" considera el equivalente a número de trabajadores jornada completa Fuente Experiencia MatrixConsulting

### El Estudio considera siete procesos unitarios para la medición de la productividad

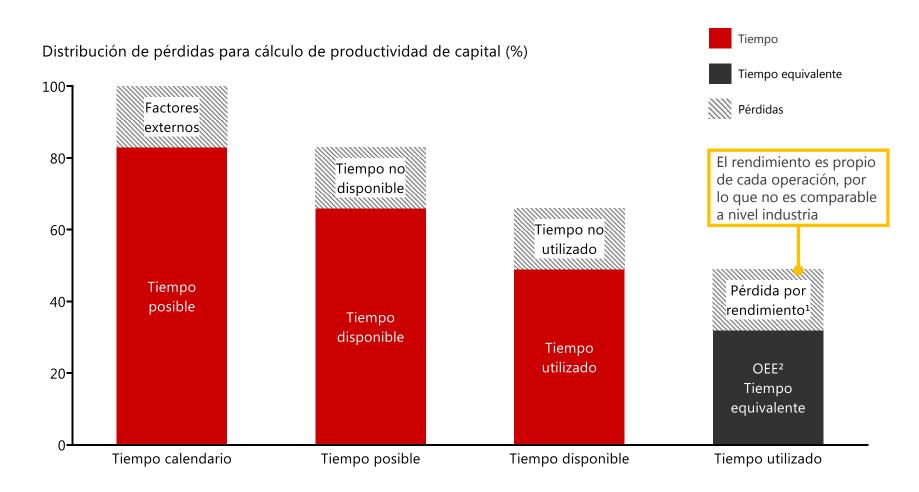
#### Indicadores clave para medir la productividad en la gran minería de cobre chilena



<sup>(1)</sup> En algunas operaciones considera chancado secundario, terciario y cuaternario; (2) Área seca considera desde chancado secundario hasta remoción de ripios Fuente: Experiencia MatrixConsulting

### La productividad del capital considera cuatro tipos de pérdidas para su cálculo

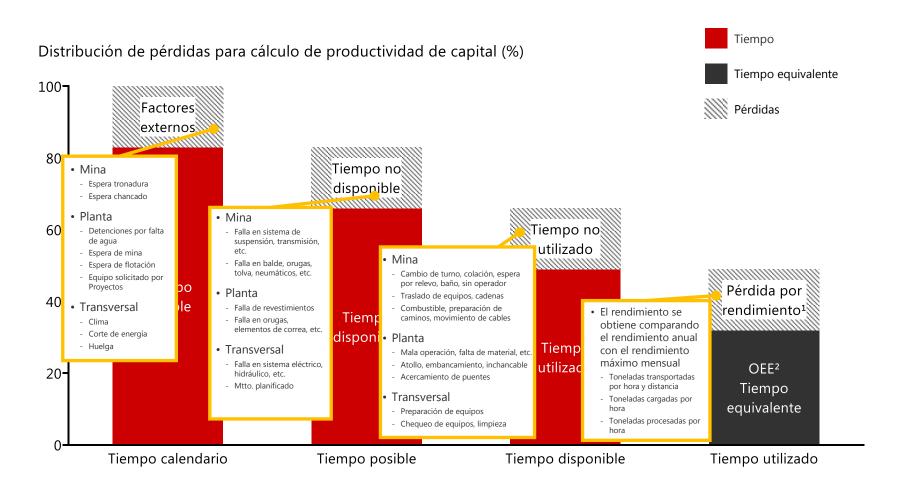
#### **ILUSTRATIVO**



<sup>(1)</sup> Pérdida por rendimiento calculada sobre el rendimiento teórico es llevada a una medida de tiempo equivalente; (2) *Overall Equipment Effectiveness* Fuente: Experiencia MatrixConsulting

### La productividad del capital considera tres tipos de tiempos perdidos para su cálculo

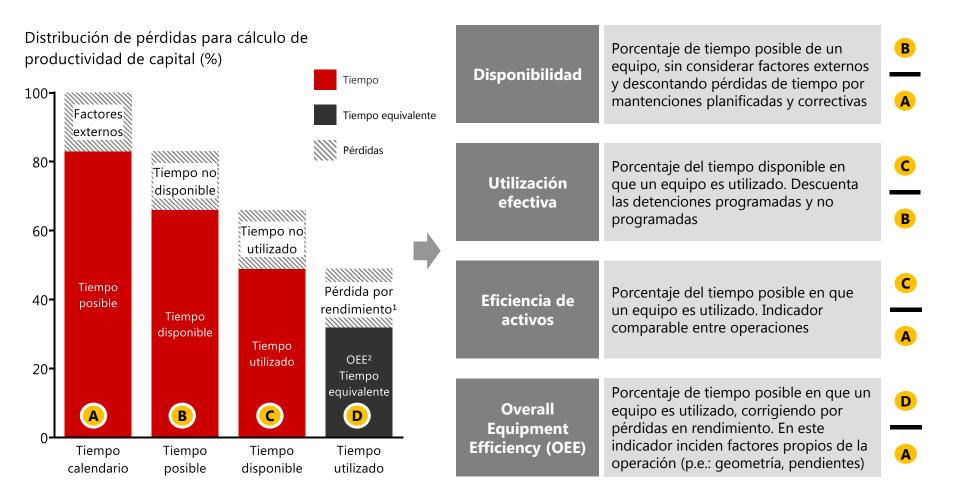
#### **ILUSTRATIVO**



<sup>(1)</sup> Pérdida por rendimiento calculada sobre el rendimiento teórico es llevada a una medida de tiempo equivalente; (2) *Overall Equipment Effectiveness* Fuente: Experiencia MatrixConsulting

# Tras descontar los factores externos, es posible calcular cuatro indicadores clave de la productividad del capital

#### **CONCEPTUAL**



<sup>(1)</sup> Pérdida por rendimiento calculada sobre el rendimiento teórico es llevada a una medida de tiempo equivalente; (2) Overall Equipment Effectiveness Fuente: Experiencia MatrixConsulting

# Se definieron cinco indicadores que permiten entender distintos aspectos de la productividad de capital

#### **Indicador:**

#### Fórmulas de cálculo y definiciones de uso :

Disponibilidad (%) Tiempo disponible (horas)
Tiempo posible (horas)

Se utiliza para medir la eficiencia de mantenimiento, excluye ineficiencias por causas externas a los procesos

Utilización efectiva (%) Tiempo utilizado (horas)
Tiempo disponible(horas)

Se utiliza para medir la eficiencia de la operación, excluye ineficiencias por causas externas a los procesos

Eficiencia de activos (%) Tiempo utilizado (horas)
Tiempo posible (horas) = Disponibilidad (%) × Utilización efectiva (%)

Se utiliza para medir la eficiencia de mantenimiento y operación, excluye ineficiencias por causas externas a los procesos

Rendimiento (%) Rendimiento promedio mensual del año (tons/hora efectiva  $\times$  km) Rendimiento mensual máximo del año (tons/hora efectiva  $\times$  km)

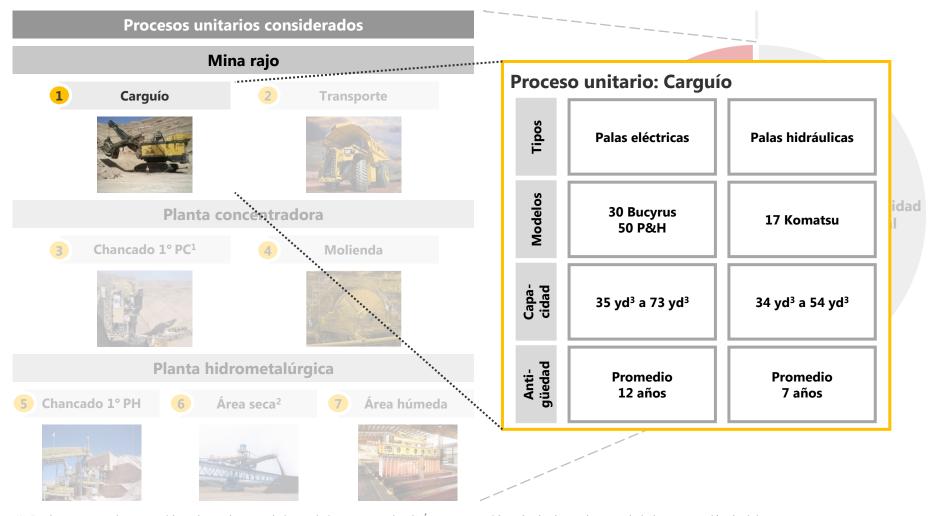
Se utiliza para medir la calidad de los procesos, considera ineficiencias de velocidad, factor de carga, potencia, reproceso, etc.

Overall Equipment Efficiency (%) Tiempo utilizado (horas)
Tiempo posible (horas)
× Rendimiento (%)=Eficiencia de activos (%)× Rendimiento(%) = Disponibilidad (%)× Utilización efectiva (%) × Rendimiento (%)

Se utiliza para medir la eficiencia de mantenimiento, la eficiencia de la operación y la calidad de los procesos

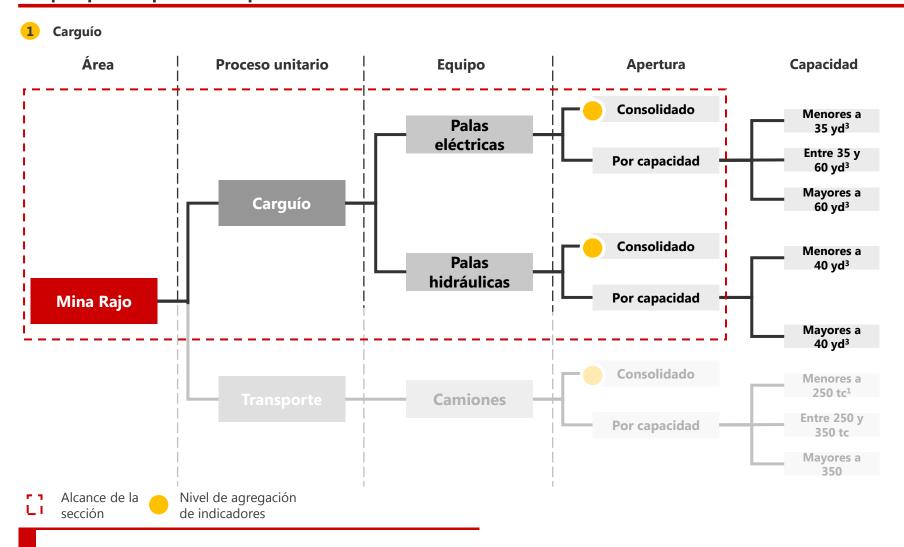
## Para cada proceso unitario se consideraron los principales equipos involucrados

#### Indicadores clave para medir la productividad en la gran minería de cobre chilena



<sup>(1)</sup> En algunas operaciones considera chancado secundario, terciario y cuaternario; (2) Área seca considera desde chancado secundario hasta remoción de ripios Fuente: Experiencia MatrixConsulting

## En mina, el benchmark de productividad permite comparar equipos por capacidad



Por confidencialidad, los datos se mostrarán consolidados por flotas de equipos

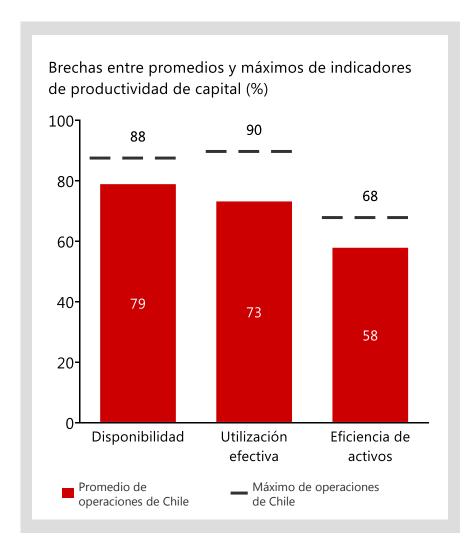
(1) Toneladas cortas

Fuente: Experiencia MatrixConsulting

# Se identificaron las principales brechas en indicadores de productividad de capital para el proceso de carguío

1

#### Carguío



#### **Principales conclusiones**

Existe una alta dispersión entre operaciones de Chile en la disponibilidad (12 p.p. min vs. max) y en la utilización efectiva (38 p.p. min vs. max) de carguío

Existiría un *trade-off* entre la cantidad de mantenciones y su duración, aunque habrían distintas estrategias de mantenimiento que permiten lograr buenos niveles de disponibilidad

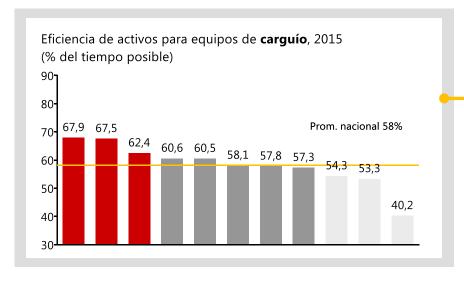
En general, las palas eléctricas presentan mejores indicadores de productividad que las palas hidráulicas (disponibilidad, utilización y eficiencia de activos)

Las palas hidráulicas requieren un mayor mantenimiento correctivo que las palas eléctricas, no así de mantenimiento planificado donde tienen promedios similares

La eficiencia de activos promedio de las operaciones de Chile es menor al mismo indicador de operaciones referentes internacionales

# Se levantaron los principales indicadores de productividad del capital en carguío para 11 operaciones nacionales

#### 1 Carguío

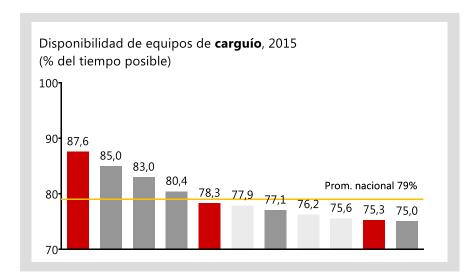


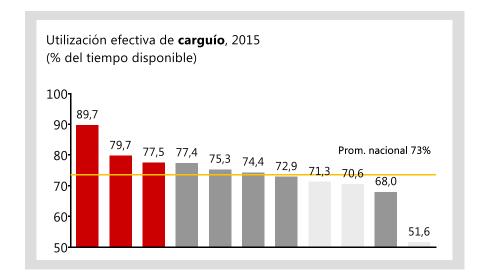
 Se definieron tres grupos de operaciones según su eficiencia de activos para carguío:

Op. de eficiencia de activos alta

Op. de eficiencia de activos media

Op. de eficiencia de activos baja



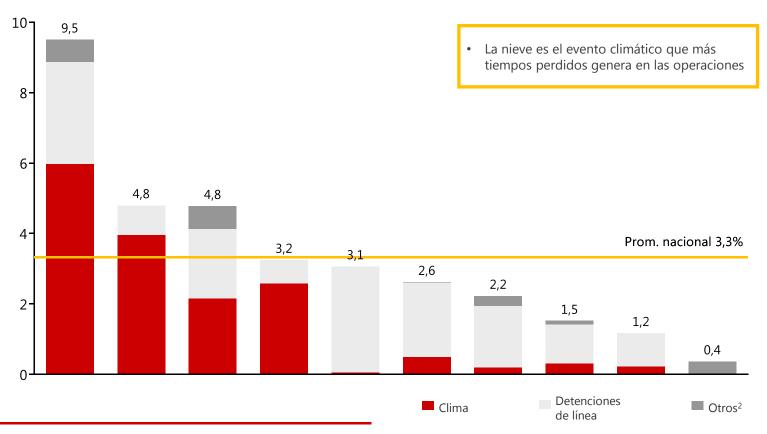


Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

## En promedio, equipos de carguío perderían un ~3% del tiempo calendario debido a factores externos



Tiempo perdido por factores externos¹ en **carguío**, 2015 (% del tiempo calendario)

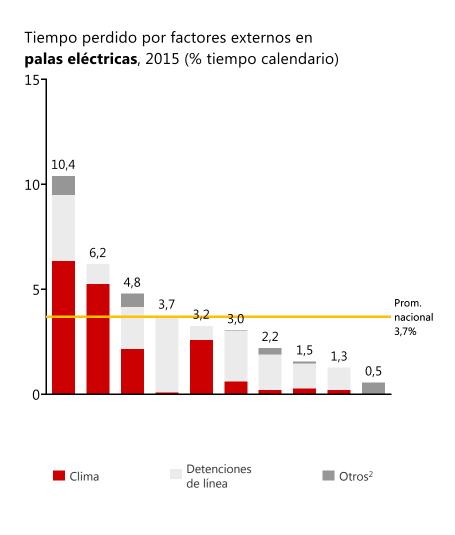


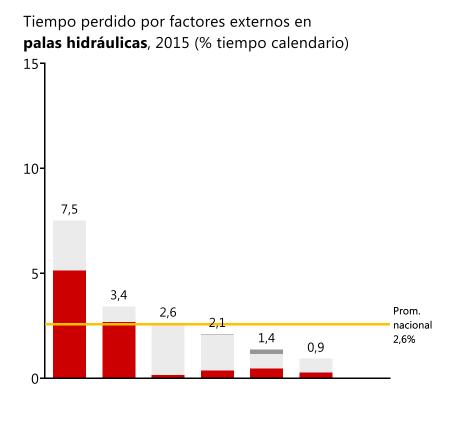
Sin embargo, la brecha entre la operación que más tiempo pierde por factores externos y la operación que menos tiempo pierde es de 9,1 puntos porcentuales

(1) Factores externos considera pérdidas exógenas y detenciones de línea por tronadura y chancado; (2) Otros considera cortes de energía y huelgas Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

# Palas eléctricas perderían ~4% del tiempo por factores externos, mientras que palas hidráulicas perderían ~3%







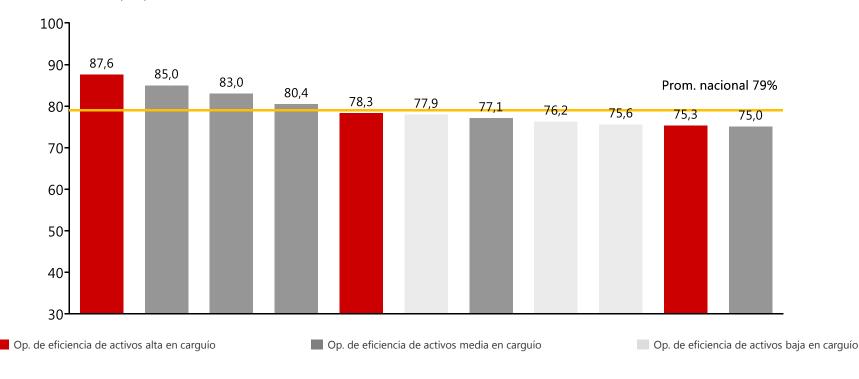
<sup>(1)</sup> Factores externos considera pérdidas exógenas y detenciones de línea por tronadura y chancado; (2) Otros considera cortes de energía y huelgas Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### La disponibilidad promedio de los equipos de carguío sería ~79%





Disponibilidad de equipos de **carguío**, 2015 (% del tiempo posible)

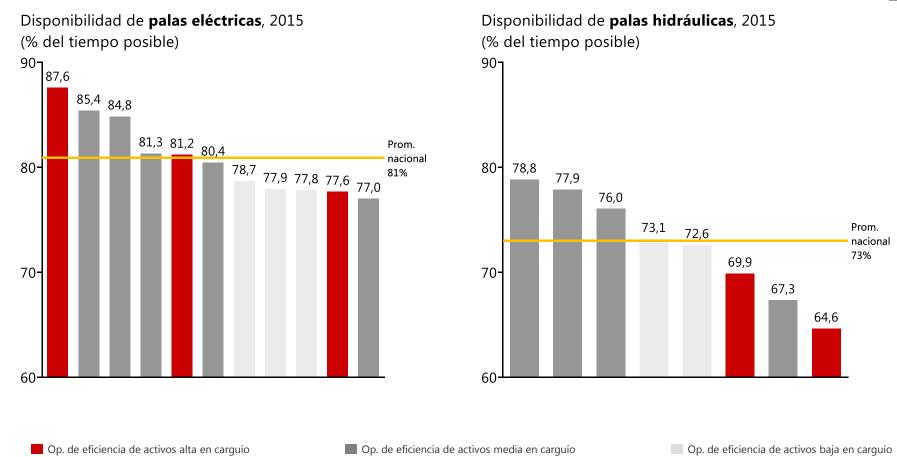


Una brecha de 13 puntos porcentuales separa a la operación con mejor disponibilidad de la operación con peor disponibilidad

## Disponibilidad de palas eléctricas y palas hidráulicas es de ~81% y ~73% respectivamente



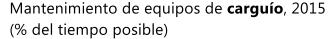


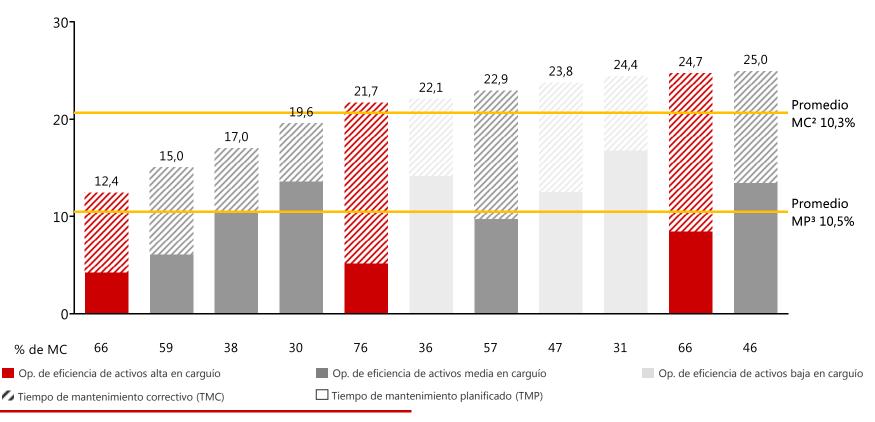


# Tanto mantenimientos planificados como correctivos se realizan en promedio durante ~10% del tiempo posible¹





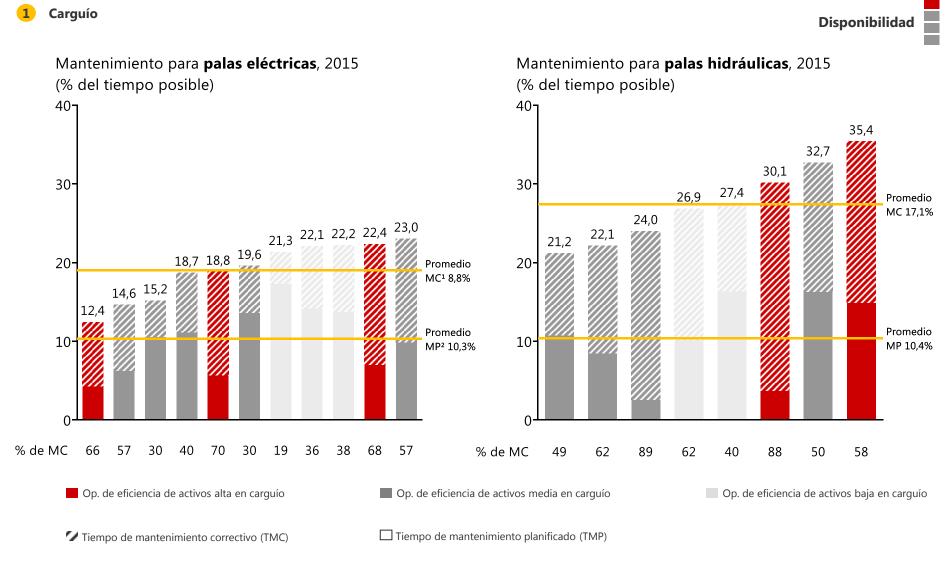




### El mix de mantenimientos planificados y correctivos varía significativamente entre las operaciones del benchmark

(1) Tiempo descontado de factores exógenos y detenciones aguas arriba y aguas abajo del proceso; (2) Mantenimiento correctivo; (3) Mantenimiento planificado Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

# Mantenimientos de palas eléctricas e hidráulicas difieren principalmente en el porcentaje del tiempo en reparaciones



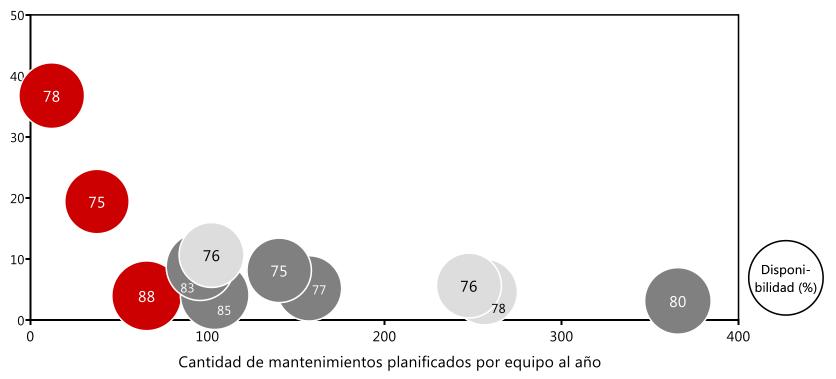
<sup>(1)</sup> Mantenimiento correctivo; (2) Mantenimiento planificado Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

## No existen estrategias dominantes de tiempos de intervención y frecuencia para mantenimientos planificados





Tiempo medio de mantenimiento planificados por equipos de **carguío** (Horas)



Op. de eficiencia de activos alta en carquío

Op. de eficiencia de activos media en carguío

Op. de eficiencia de activos baja en carguío

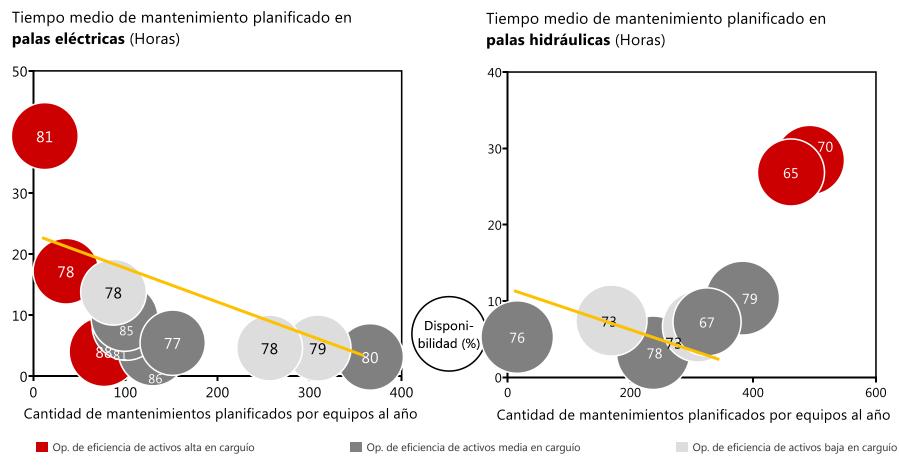
En promedio, las operaciones chilenas dedican 870 horas en mantenimientos planificados por equipo de carguío al año

### ... lo que también aplica para palas eléctricas e hidráulicas





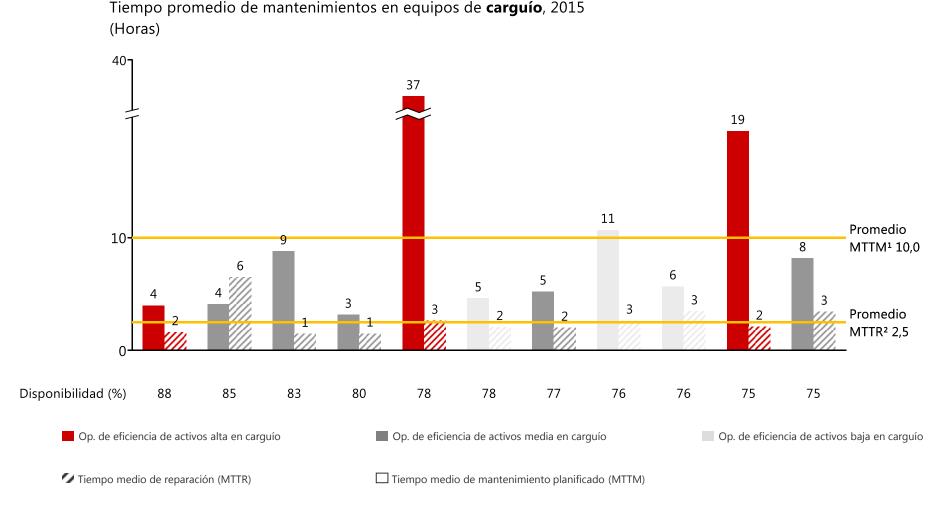




<sup>(1)</sup> Mantenimientos; (2) Eficiencia de Activos Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

# Mantenimientos planificados en promedio demoran ~10

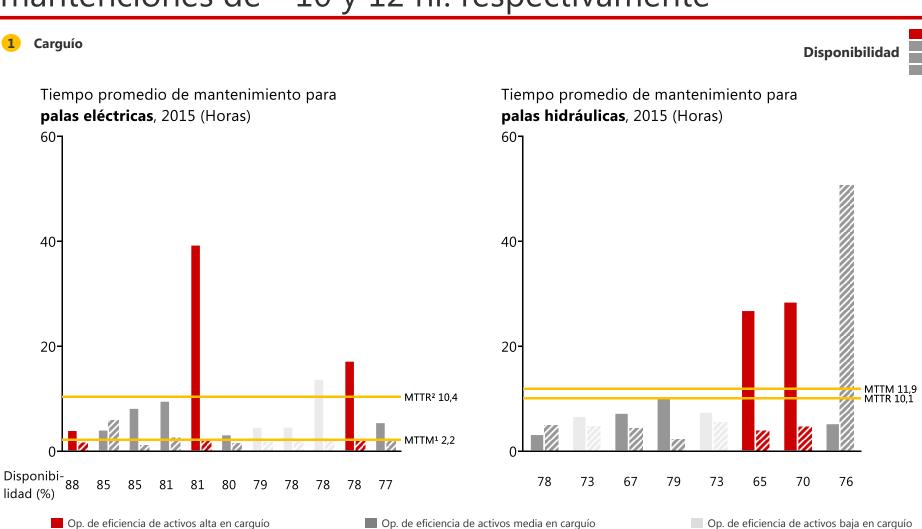




<sup>(1)</sup> mean-time-to-maintain: tiempo promedio entre mantenciones (mantenimiento planificados); (2) mean-time-to-repair: tiempo promedio entre reparaciones (mantenimientos correctivos) Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

Disponibilidad

# Palas eléctricas e hidráulicas tienen un tiempo de mantenciones de ~10 y 12 hr. respectivamente



Tiempo de mantenimiento correctivo (TMC)

☐ Tiempo de mantenimiento planificado (TMP)

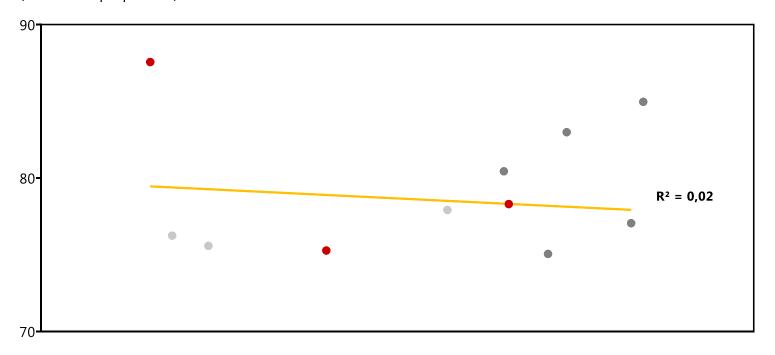
<sup>(1)</sup> mean-time-to-maintain: tiempo promedio entre mantenciones (mantenimiento planificados); (2) mean-time-to-repair: tiempo promedio entre reparaciones (mantenimientos correctivos) Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### Distancia media de ciclo en la mina no explica diferencias de disponibilidad en los equipos de carguío





Disponibilidad de equipos de **carguío**, 2015 (% del tiempo posible)



Distancia media de un ciclo en mina (km)

Op. de eficiencia de activos alta en carguío

Op. de eficiencia de activos media en carguío

Op. de eficiencia de activos baja en carguío

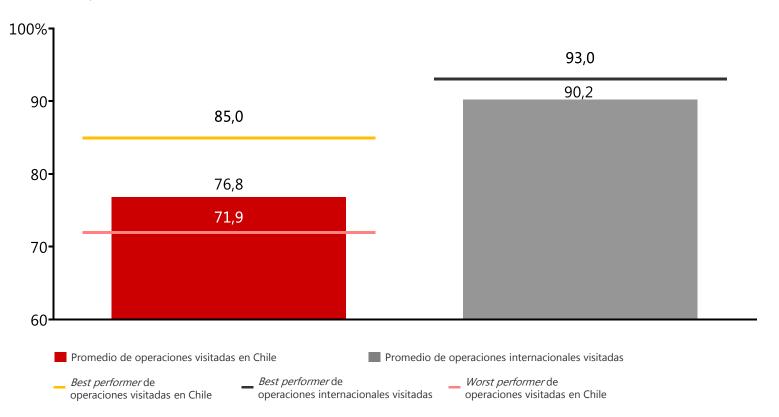
Nota: distancia media de un ciclo en mina considera distancia lineal de un ciclo completo de transporte Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### En promedio, las operaciones en Chile presentan menor disponibilidad que operaciones internacionales en carguío





Disponibilidad de **carguío**, 2015 (% del tiempo calendario)



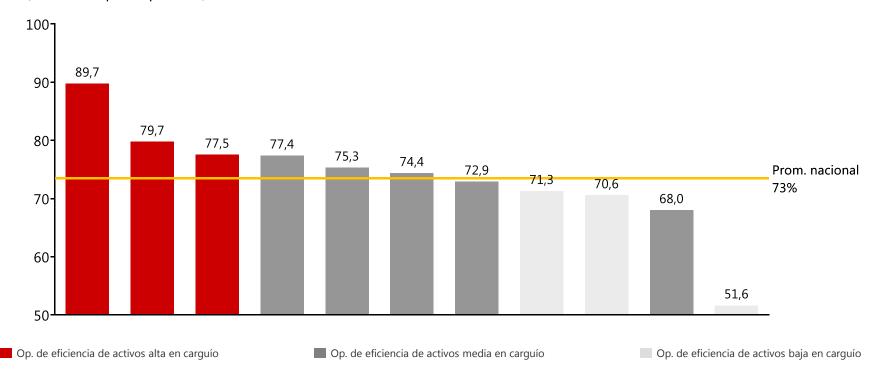
Nota: Para efectos de la comparación de indicadores de productividad de capital entre operaciones de Chile e internacionales se consideró tiempo calendario como base de cálculo Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### La utilización efectiva promedio en carguío es de ~73%



Utilización efectiva

Utilización efectiva de **carguío**, 2015 (% del tiempo disponible)



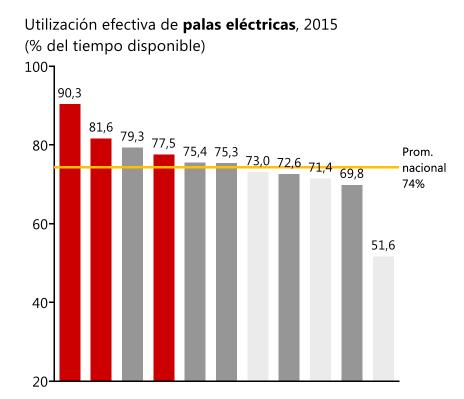
Una brecha de 38 puntos porcentuales separa a la operación con mejor utilización de la operación con peor utilización

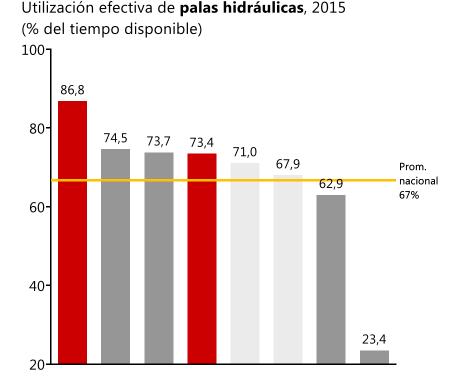
## Utilización de palas eléctricas e hidráulicas es de ~73% y ~67% respectivamente









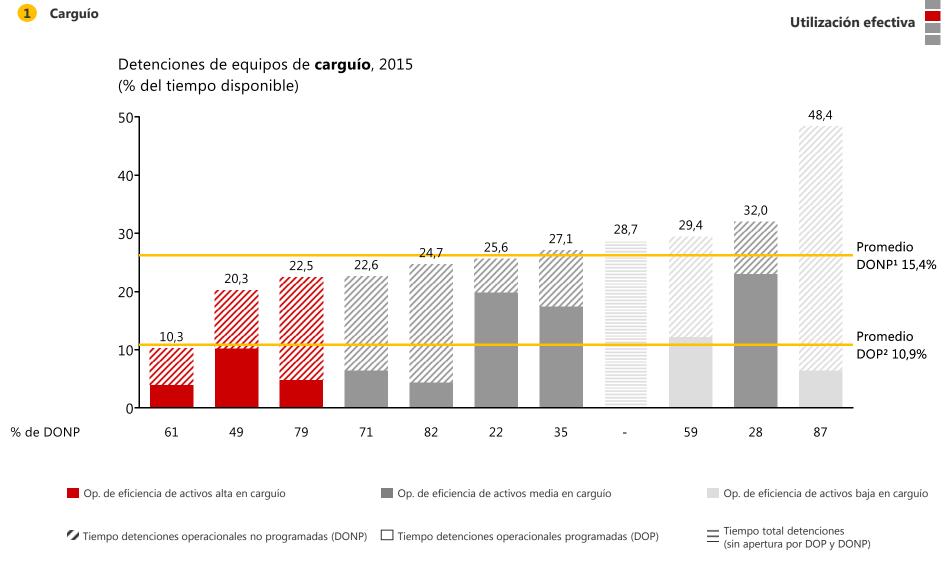


Op. de eficiencia de activos alta en carguío

Op. de eficiencia de activos media en carquío

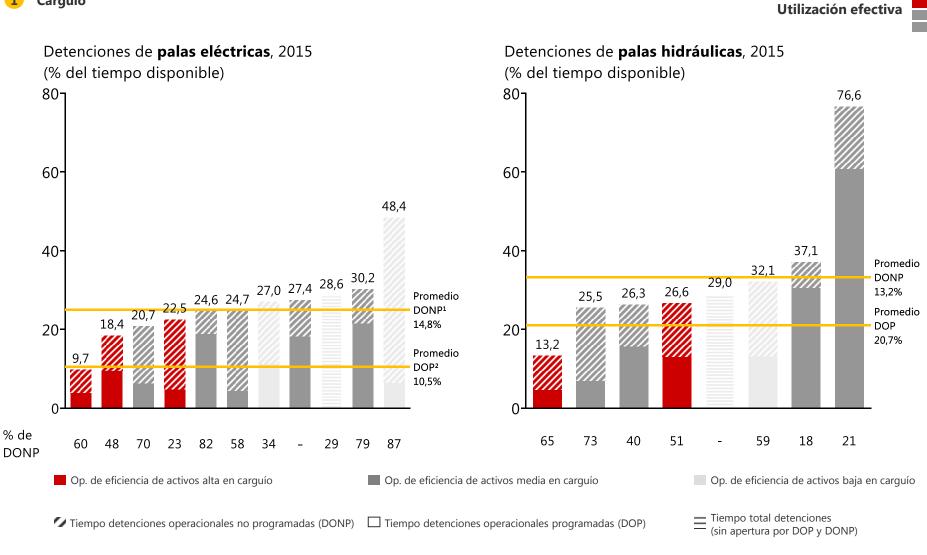
Op. de eficiencia de activos baja en carguío

# Detenciones programadas representan el ~11% del tiempo detenido, mientras que las no programadas son el ~16%



<sup>(1)</sup> Detenciones operacionales no programadas; (2) Detenciones operacionales programadas Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### Palas hidráulicas tienen el doble de detenciones programadas que las eléctricas



(1) Detenciones operacionales no programadas; (2) Detenciones operacionales programadas Nota: Considera 10 de las 11 operaciones a rajo abierto incluidas en el estudio Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

Carquío

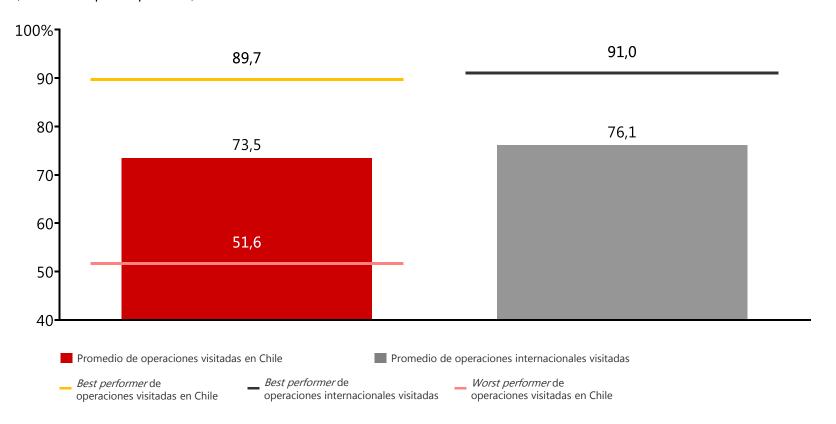
# Comparando con operaciones internacionales, la utilización efectiva de carguío en operaciones chilenas es menor



Othización electiv



Utilización efectiva de **carguío**, 2015 (% del tiempo disponible)



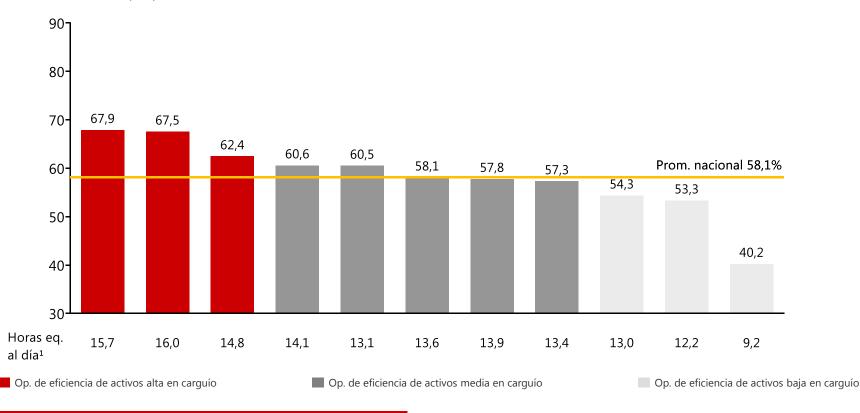
#### Eficiencia de activos promedio para equipos de carguío es de ~58%







Eficiencia de activos para equipos de carquío, 2015 (% del tiempo posible)



Una brecha de 27 puntos porcentuales separa a la operación con mejor eficiencia de equipos de la operación con peor eficiencia de equipos

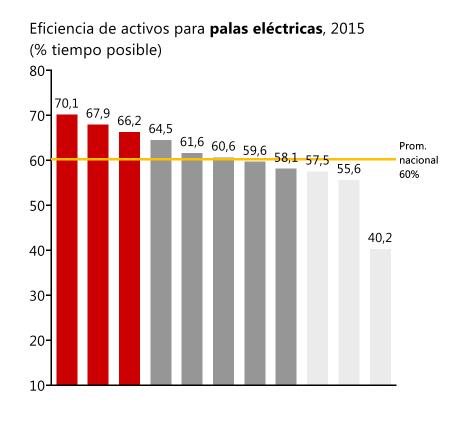
(1) Horas equivalentes al día se refiere al equivalente de horas utilizadas diarias de los equipos Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

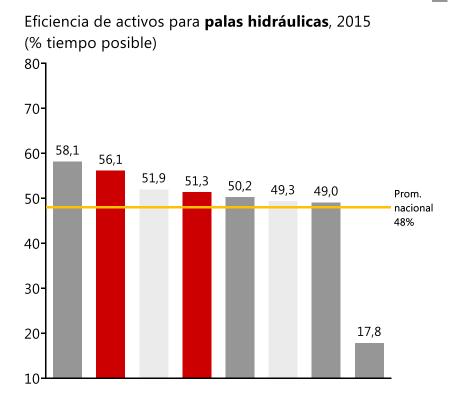
# Eficiencia de activos promedio para palas eléctricas es de ~60%, mientras que para palas hidráulicas es de ~48%











Op. de eficiencia de activos alta en carguío

Op. de eficiencia de activos media en carquío

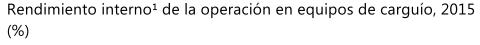
Op. de eficiencia de activos baja en carquío

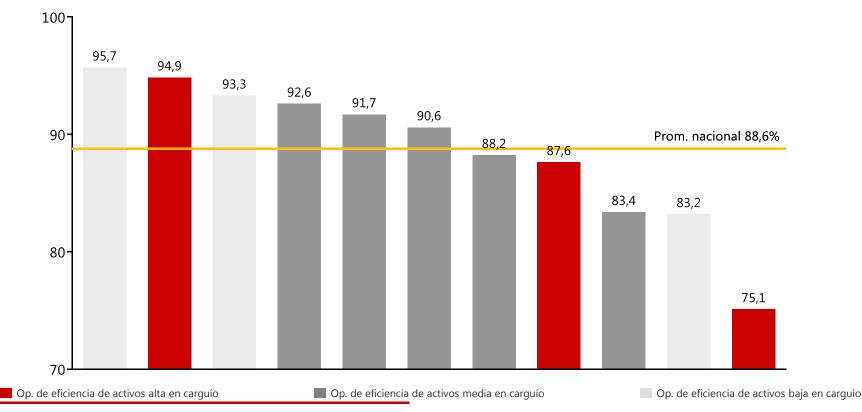
#### Rendimiento promedio para equipos de carguío es de ~89%...



**Overall Equipment Efficiency** 







#### El rendimiento no es comparable entre operaciones

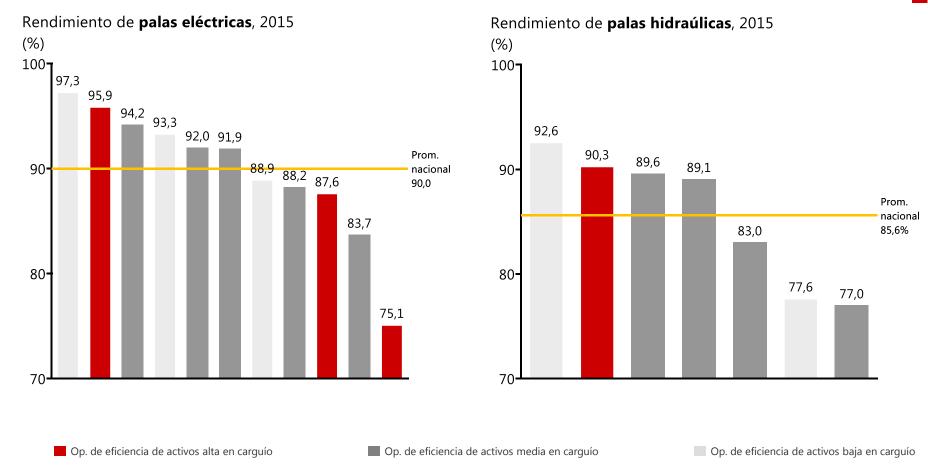
(1) Rendimiento es calculado como el rendimiento anual sobre el rendimiento máximo (ton/hr) Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### ... y para palas eléctricas e hidráulicas es de ~90% y ~87% respectivamente





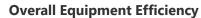




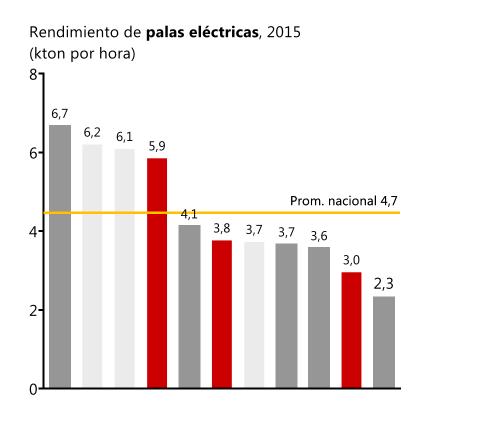
Nota: Rendimiento es calculado como el rendimiento anual sobre el rendimiento máximo (ton/hr) Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

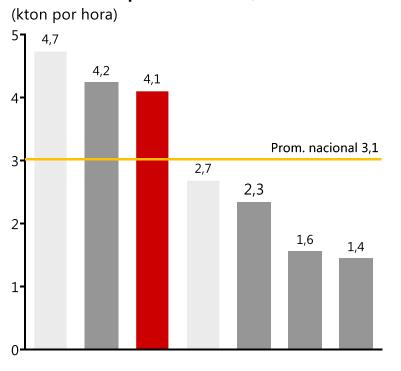
## Las palas eléctricas e hidráulicas tienen un rendimiento de 4,7 y 3,1 kton/hora respectivamente











Rendimiento de palas hidraúlicas, 2015

Op. de eficiencia de activos alta en carguío

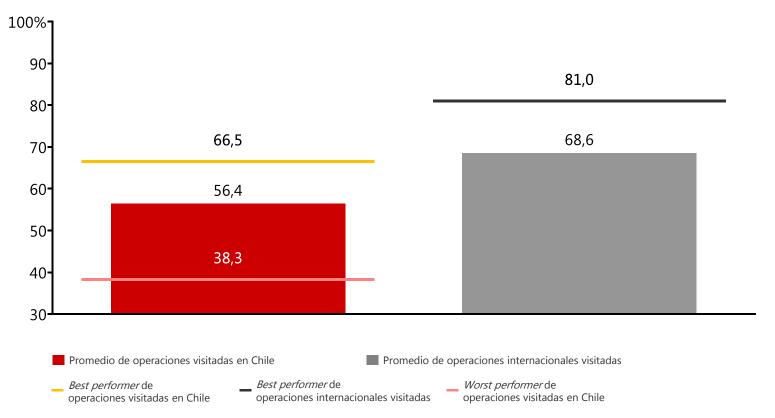
Op. de eficiencia de activos media en carquío

Op. de eficiencia de activos baja en carguío

### Operaciones en Chile presentan en promedio menor eficiencia de activos que promedio de referentes internacionales



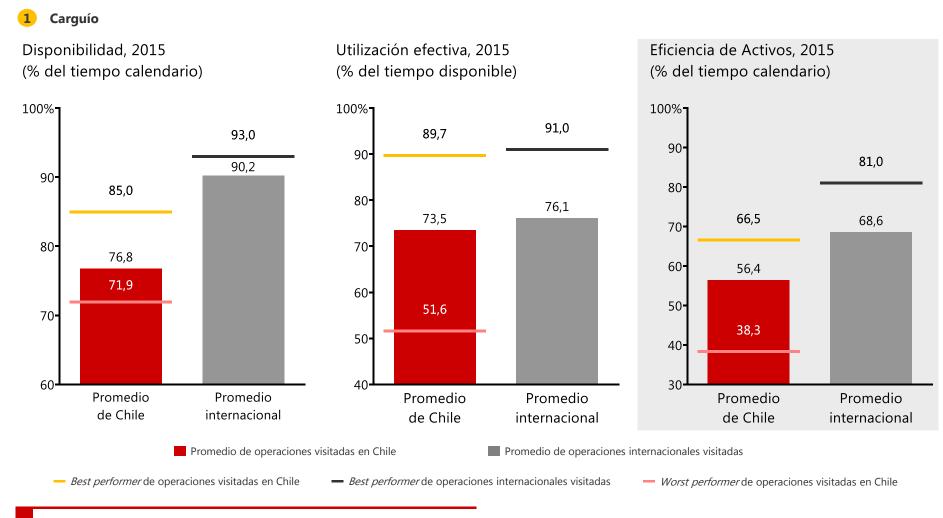
Eficiencia de Activos en carguío, 2015 (% del tiempo calendario)



Nota: Para efectos de la comparación de indicadores de productividad de capital entre operaciones de Chile e internacionales se consideró tiempo calendario como base de cálculo Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

**Eficiencia de Activos** 

#### Operaciones en Chile presentan en promedio menor productividad de capital que promedio de referentes internacionales

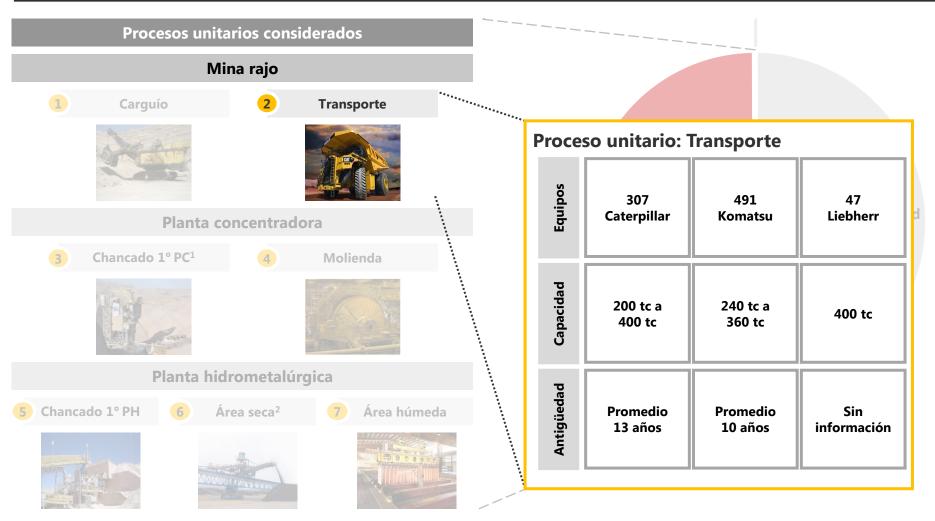


#### Los best performers de Chile también tienen una productividad de capital inferior a la productividad de capital de los best performers internacionales

Nota: Para efectos de la comparación de indicadores de productividad de capital entre operaciones de Chile e internacionales se consideró tiempo calendario como base de cálculo Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

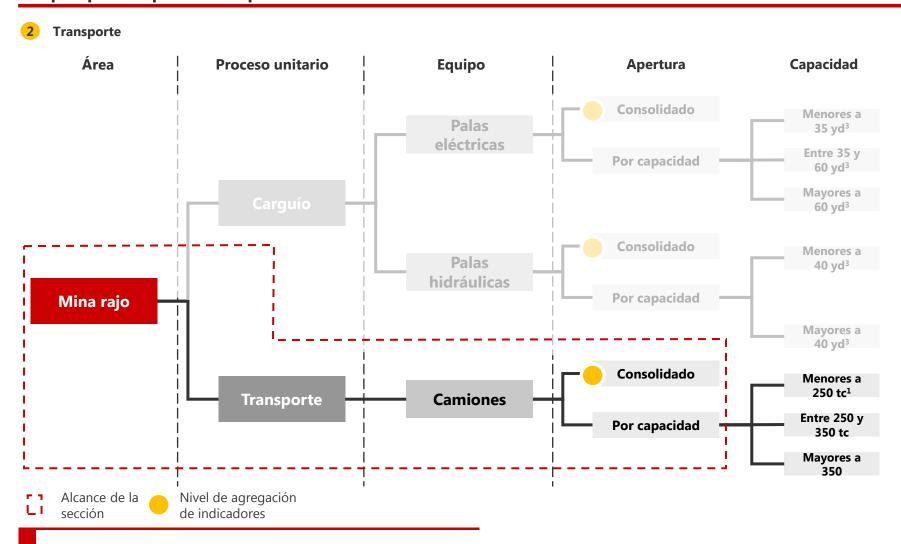
### Para cada proceso unitario se consideraron los principales equipos involucrados

#### Indicadores clave para medir la productividad en la gran minería de cobre chilena



<sup>(1)</sup> En algunas operaciones considera chancado secundario, terciario y cuaternario; (2) Área seca considera desde chancado secundario hasta remoción de ripios Fuente: Experiencia MatrixConsulting

### En mina, el benchmark de productividad permite comparar equipos por capacidad



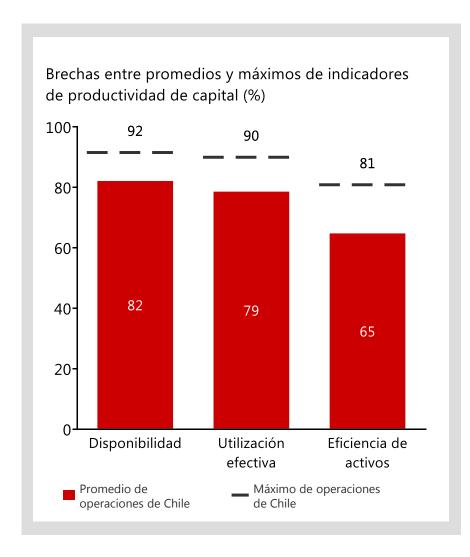
Por confidencialidad, los datos se muestran consolidados por equipo

(1) Toneladas cortas

Fuente: Experiencia MatrixConsulting

#### Se identificaron las principales brechas en indicadores de productividad de capital para el proceso de transporte

**2** Transporte



#### **Principales conclusiones:**

El proceso unitario de transporte es donde se pierde la menor cantidad de tiempo calendario (~2%) por factores externos, vs. carguío (~3%), planta concentradora (~7%) y planta hidrometalúrgica (~6%)

Existe una alta dispersión entre operaciones de Chile en la disponibilidad (20 p.p. min vs. max) y en la utilización efectiva (27 p.p. min vs. max) de transporte

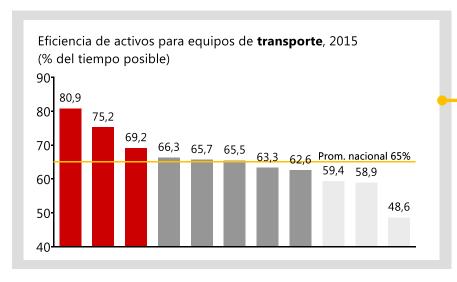
No se observa una relación clara entre el tamaño de la flota, la antigüedad de los camiones y los tipos de modelos utilizados con la disponibilidad

Operaciones de Chile muestran alta dispersión en eficiencia de activos de transporte (32 p.p.)

La eficiencia de activos promedio de las operaciones de Chile es menor al mismo indicador de operaciones referentes internacionales

# Se levantaron los principales indicadores de productividad del capital para transporte en 11 operaciones nacionales

#### **2** Transporte

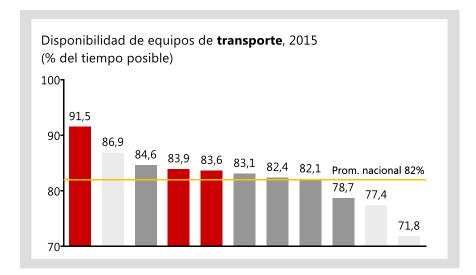


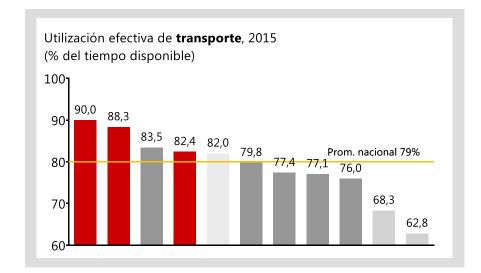
 Se definieron tres grupos de operaciones según su eficiencia de activos para transporte:

Op. de eficiencia de activos alta

Op. de eficiencia de activos media

Op. de eficiencia de activos baja



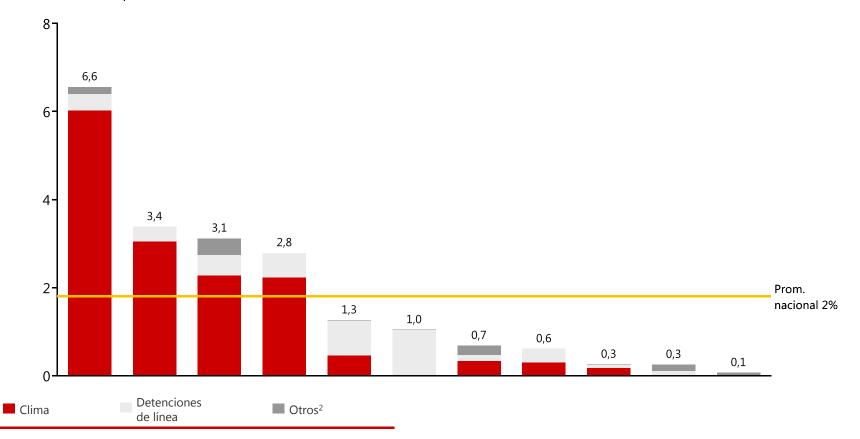


Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

# En promedio, camiones de operaciones chilenas pierden un ~2% del tiempo calendario por factores externos

#### **2** Transporte

Tiempo operativo perdido por factores externos¹ en **transporte**, 2015 (% del tiempo calendario)



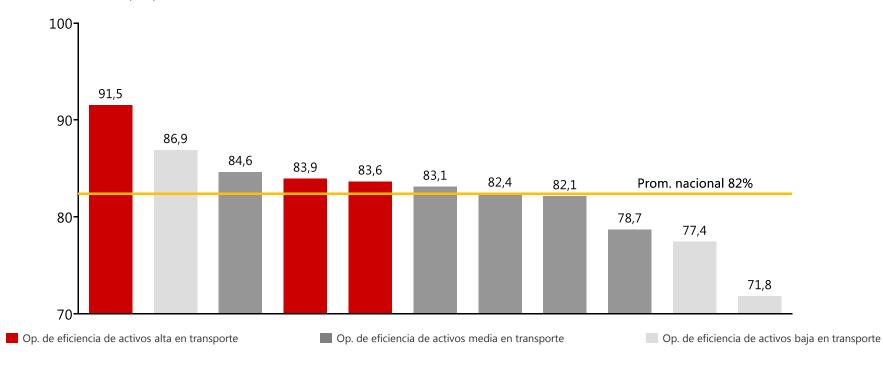
Mientras el tiempo perdido por clima es similar al de Carguío, las detenciones de línea son menores a la mitad en Transporte

(1) Factores externos considera pérdidas exógenas y detenciones de línea por tronadura y chancado; (2) Otros considera cortes de energía y huelgas Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

#### La disponibilidad promedio de equipos de transporte es de ~82%



Disponibilidad de equipos de **transporte**, 2015 (% del tiempo posible)

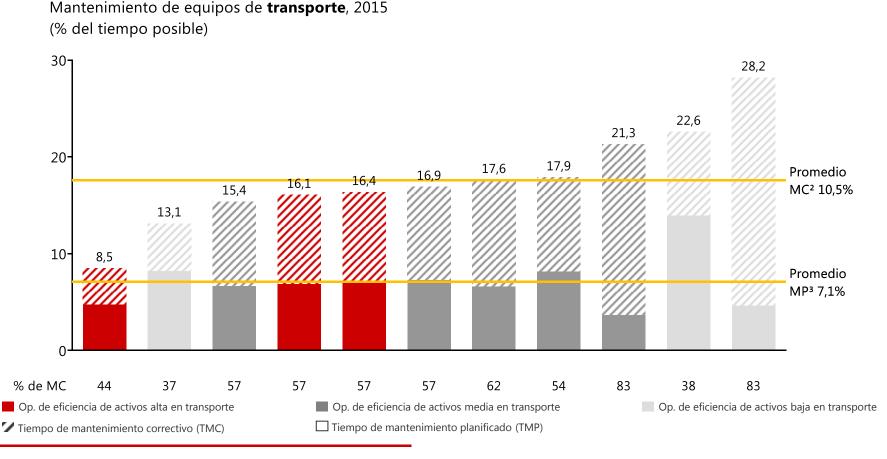


Existe una alta variabilidad en la disponibilidad de equipos de transporte, llegando a brechas de 20 puntos porcentuales entre operaciones

## Mantenimientos planificados se realizan durante ~7% del tiempo posible<sup>1</sup>, mientras que correctivos durante ~10%







La proporción del tiempo de mantenimientos correctos varía entre operaciones, sin embargo no estaría relacionada con la disponibilidad alcanzada por las operaciones

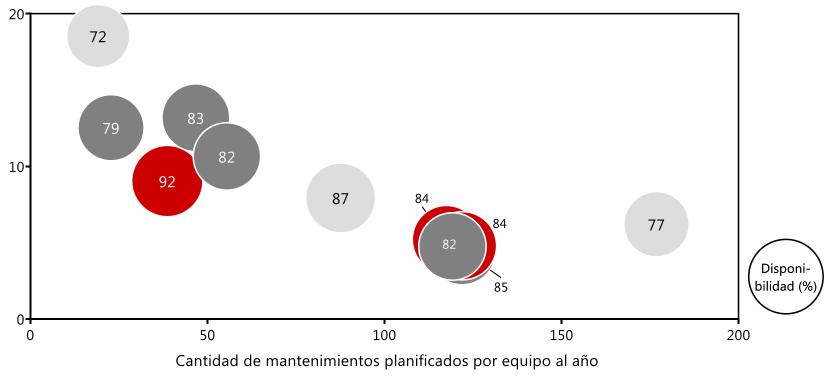
<sup>(1)</sup> Tiempo descontado de factores exógenos y detenciones aguas arriba y aguas abajo del proceso; (2) Mantenimiento correctivo; (3) Mantenimiento planificado Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### No existen estrategias dominantes de tiempos de intervención y frecuencia para mantenimientos planificados





Tiempo medio de mantenimiento planificado por equipos de **transporte** (Horas)



Op. de eficiencia de activos alta en transporte

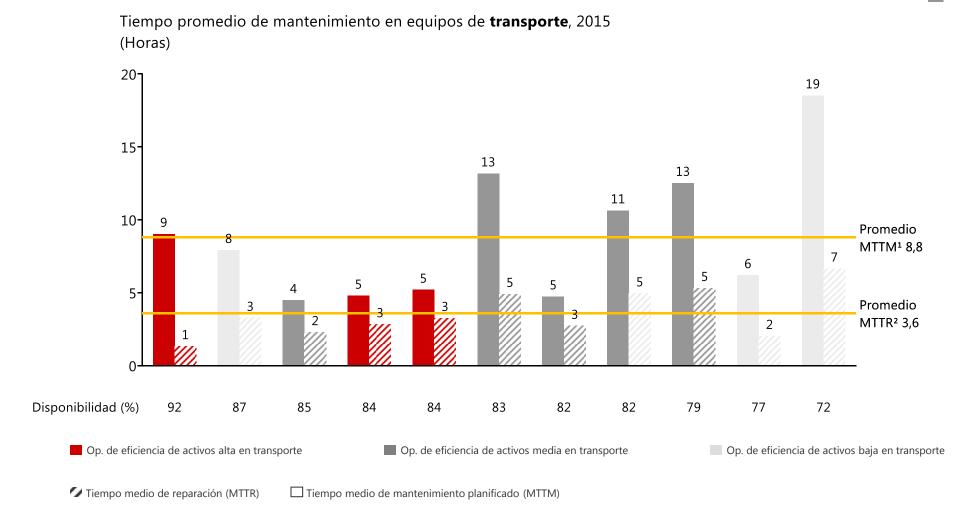
Op. de eficiencia de activos media en transporte

Op. de eficiencia de activos baja en transporte

En promedio, las operaciones chilenas destinan 572 horas de mantenimiento planificado a cada equipo de transporte al año

## El tiempo de mantenimientos promedio es de ~9 horas, mientras que el tiempo de reparaciones es de ~4 horas





<sup>(1)</sup> mean-time-to-maintain: tiempo promedio entre mantenciones (mantenimiento planificados); (2) mean-time-to-repair: tiempo promedio entre reparaciones (mantenimientos correctivos) Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

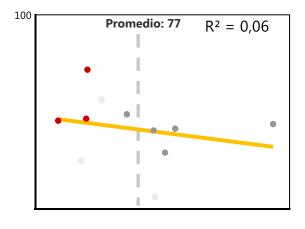
Disponibilidad

### Las características de la flota de camiones no explican las diferencias en disponibilidad

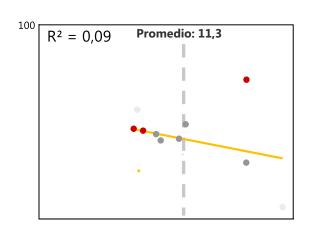




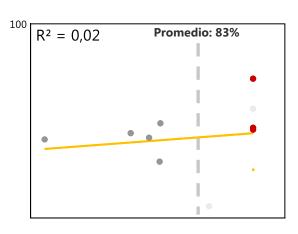
Disponibilidad de camiones, 2015 (%)



Número de equipos



Antiquedad<sup>1</sup> (años)



Concentración de modelos<sup>2</sup> (%)

Op. de eficiencia de activos alta en transporte

Op. de eficiencia de activos media en transporte

Op. de eficiencia de activos baja en transporte

No se observa una relación clara entre el tamaño de la flota, la antigüedad de los camiones y los tipos de modelos utilizados con la disponibilidad

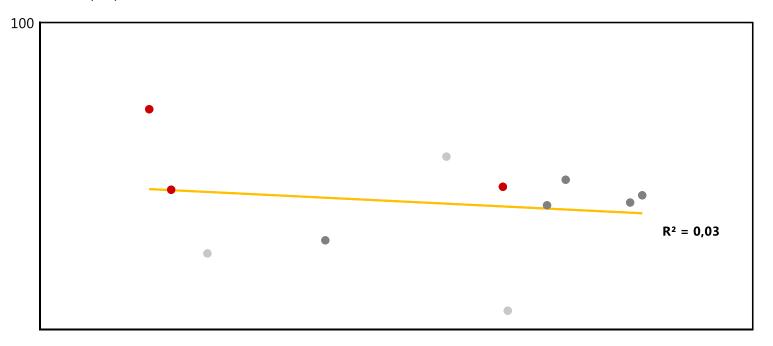
(1) Antigüedad promedio de los camiones a nivel global en cada operación; (2) Camiones del modelo más utilizado (mina) sobre el total de camiones utilizados (mina) Fuente: Indicadores CGS; Catastro de equipos mineros, Minería Chilena, 2014; Análisis MatrixConsulting

#### Diferencias en disponibilidad tampoco se explican por la distancia media de ciclo en mina





Disponibilidad de equipos de **transporte**, 2015 (% del tiempo posible)



Distancia media de un ciclo en mina (km)

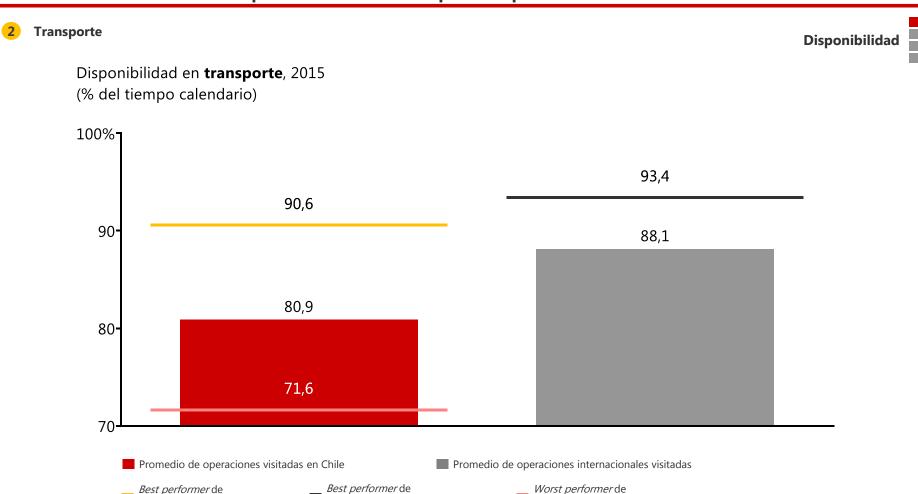
Op. de eficiencia de activos alta en transporte

Op. de eficiencia de activos media en transporte

Op. de eficiencia de activos baja en transporte

Nota: distancia media de un ciclo en mina considera distancia lineal de un ciclo completo de transporte Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

#### Al igual que en carguío, en transporte las operaciones chilenas tienen menor disponibilidad que operaciones internacionales



Nota: Para efectos de la comparación de indicadores de productividad de capital entre operaciones de Chile e internacionales se consideró tiempo calendario como base de cálculo. Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

operaciones internacionales visitadas

operaciones visitadas en Chile

operaciones visitadas en Chile

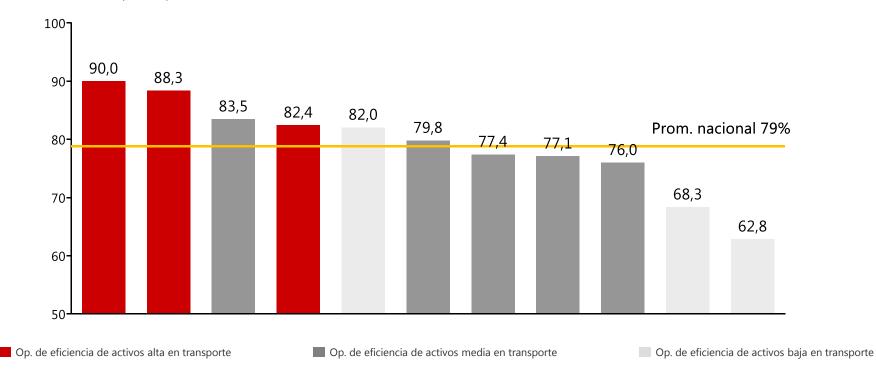
#### La utilización efectiva promedio en transporte es de ~79%



Utilización efectiva

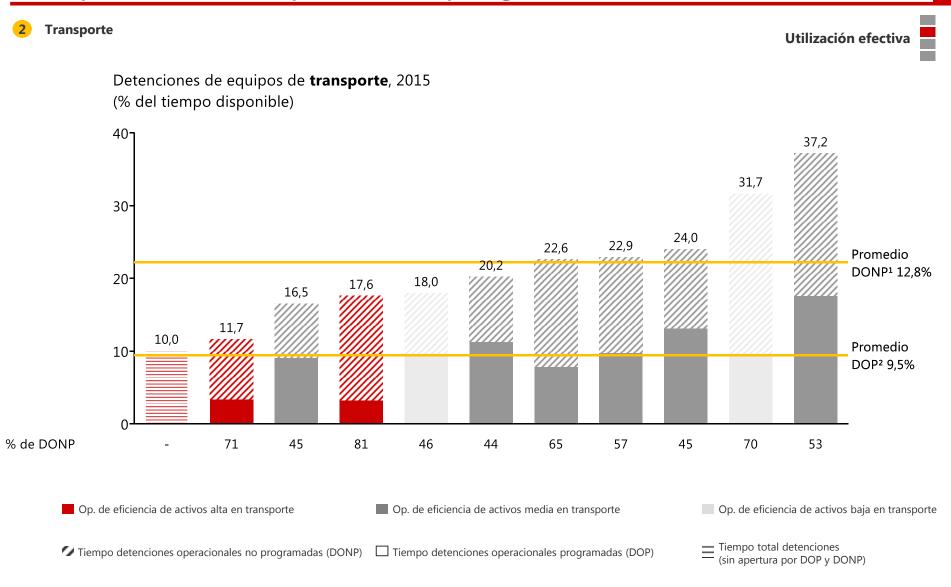


Utilización efectiva de equipos de transporte, 2015 (% del tiempo disponible)



Similar a carguío, en transporte la brecha entre la operación con mayor utilización y la operación con menor utilización es ~30 puntos porcentuales

# Las detenciones programadas representan el $\sim 10\%$ del tiempo, mientras que las no programadas son el $\sim 13\%$



<sup>(1)</sup> Detenciones operacionales no programadas; (2) Detenciones operacionales programadas Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

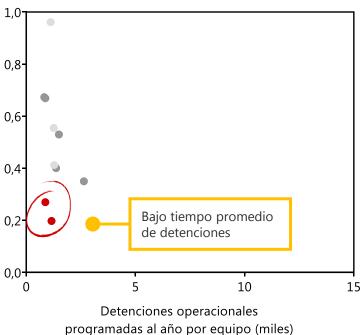
## Operaciones más productivas se focalizan en disminuir más la frecuencia que la duración de sus detenciones



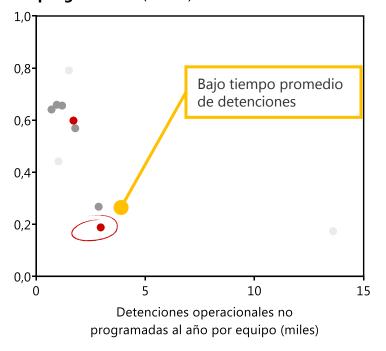




Tiempo promedio de detenciones operacionales **programadas** (Horas)



Tiempo promedio de detenciones operacionales **no programadas** (Horas)



Op. de eficiencia de activos alta en transporte

Op. de eficiencia de activos media en transporte

Op. de eficiencia de activos baja en transporte

En general, hay más detenciones operacionales no programadas (DONP) que detenciones operacionales programadas (DOP) por equipo

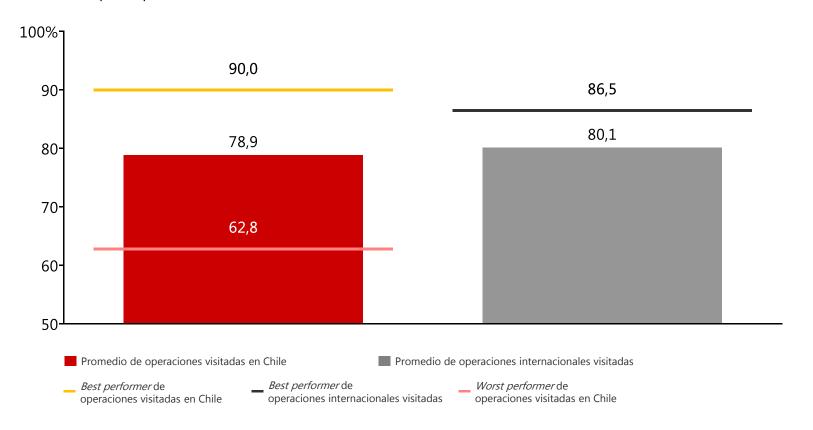
#### En promedio, operaciones en Chile tienen menor utilización efectiva en transporte que operaciones internacionales



Utilización efectiva



Utilización efectiva en transporte, 2015 (% del tiempo disponible)

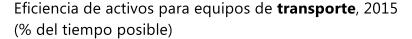


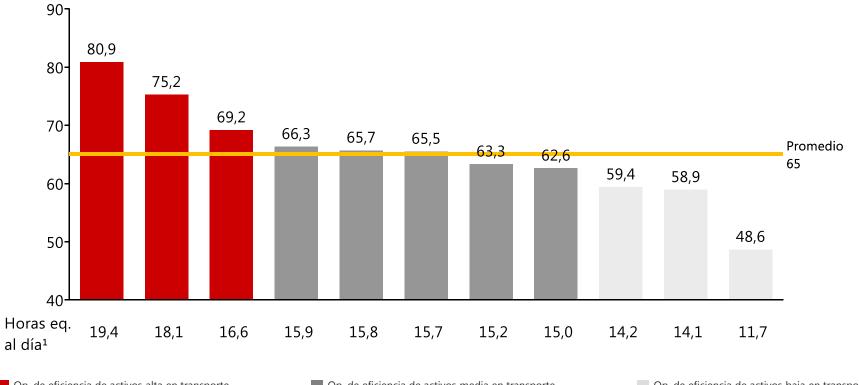
#### Eficiencia de activos promedio para camiones es de ~65%



**Eficiencia de Activos** 







Op. de eficiencia de activos alta en transporte

Op. de eficiencia de activos media en transporte

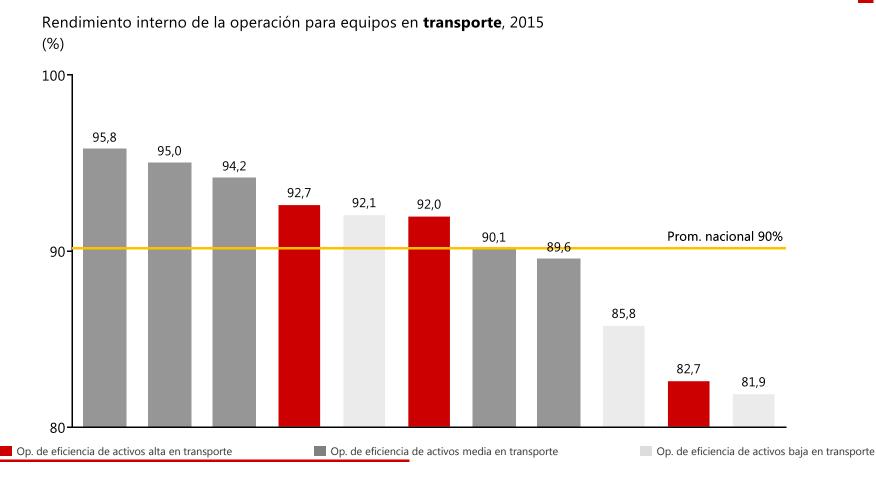
Op. de eficiencia de activos baja en transporte

#### Rendimiento promedio para equipos de transporte se encuentra en torno a 90%



**Overall Equipment Efficiency** 





#### El rendimiento no es comparable entre operaciones

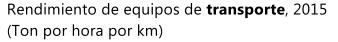
Nota: Rendimiento es calculado como el rendimiento anual sobre el rendimiento máximo Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

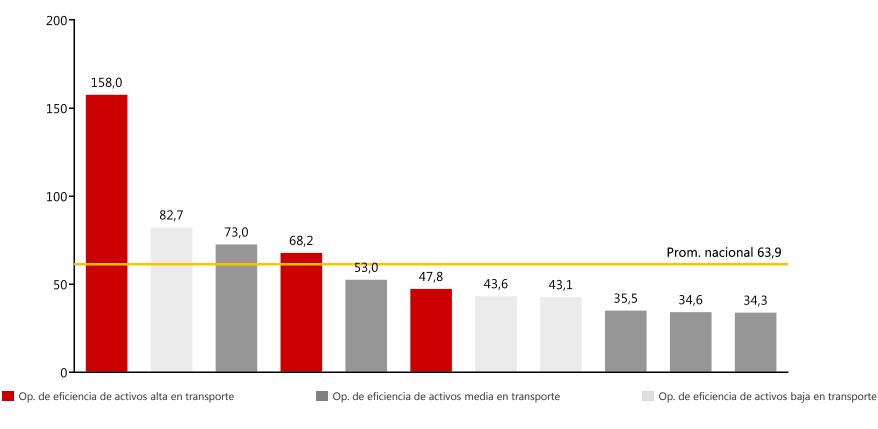
## Los camiones tienen un rendimiento promedio de 63,9 toneladas por hora kilómetro respectivamente



**Overall Equipment Efficiency** 



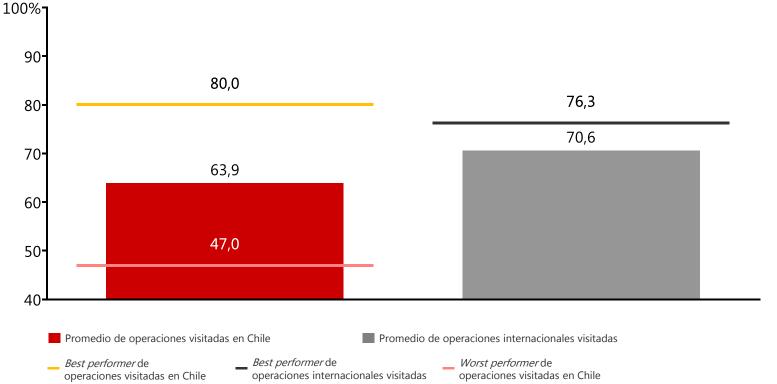




### Operaciones chilenas tienen menor eficiencia de activos en transporte que operaciones internacionales



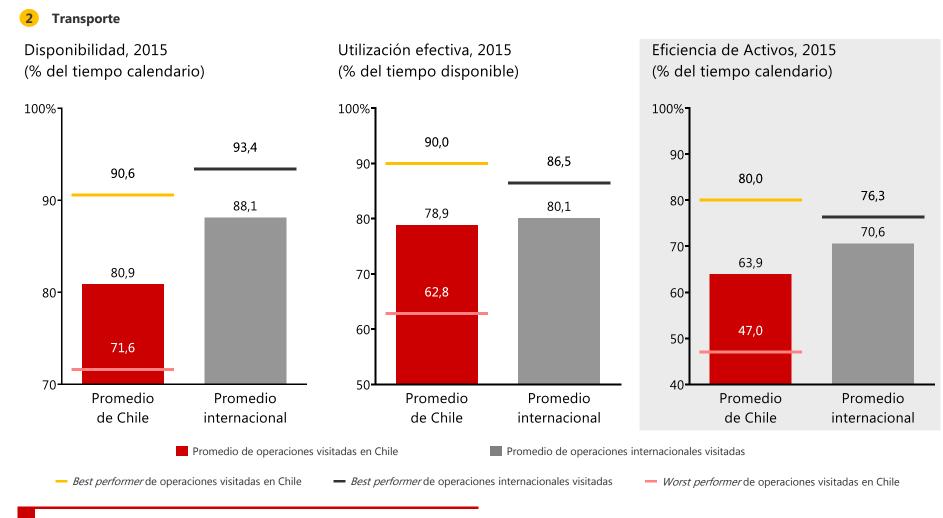
Eficiencia de Activos en **transporte**, 2015 (% del tiempo calendario)



Nota: Para efectos de la comparación de indicadores de productividad de capital entre operaciones de Chile e internacionales se consideró tiempo calendario como base de cálculo. Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

**Eficiencia de Activos** 

#### Operaciones en Chile presentan en promedio menor productividad de capital que promedio de referentes internacionales

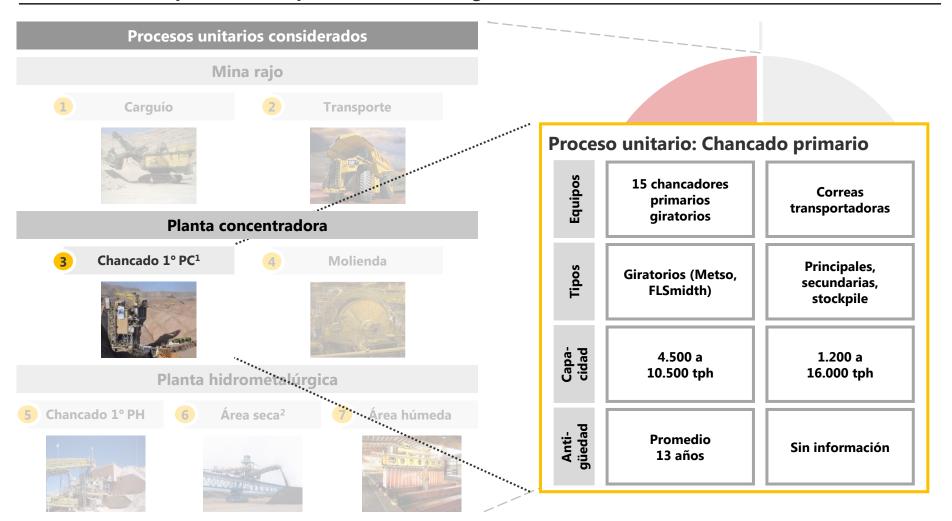


#### Los *best performers* de Chile tienen valores cercanos o superiores a los valores de los *best performers* internacionales

Nota: Para efectos de la comparación de indicadores de productividad de capital entre operaciones de Chile e internacionales se consideró tiempo calendario como base de cálculo Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### Para cada proceso unitario se consideraron los principales equipos involucrados

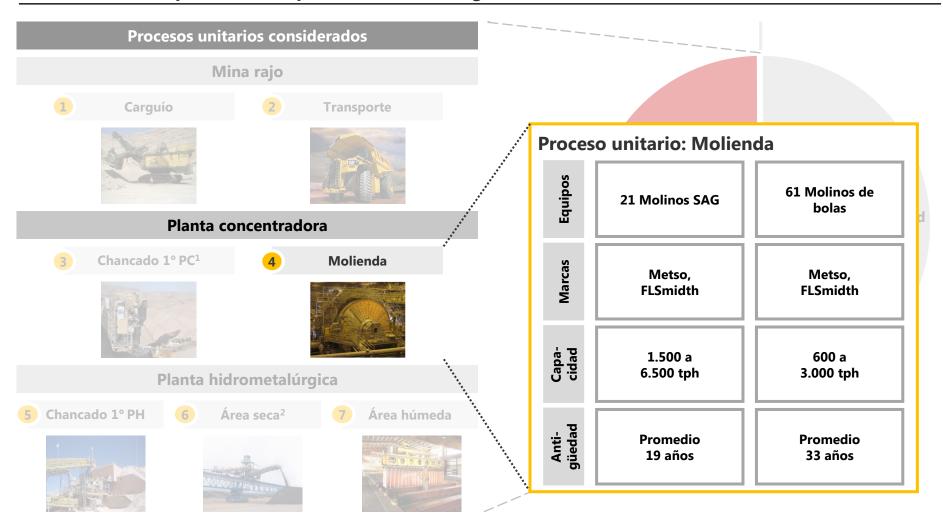
#### Indicadores clave para medir la productividad en la gran minería de cobre chilena



<sup>(1)</sup> En algunas operaciones considera chancado secundario, terciario y cuaternario; (2) Área seca considera desde chancado secundario hasta remoción de ripios Fuente: Experiencia MatrixConsulting

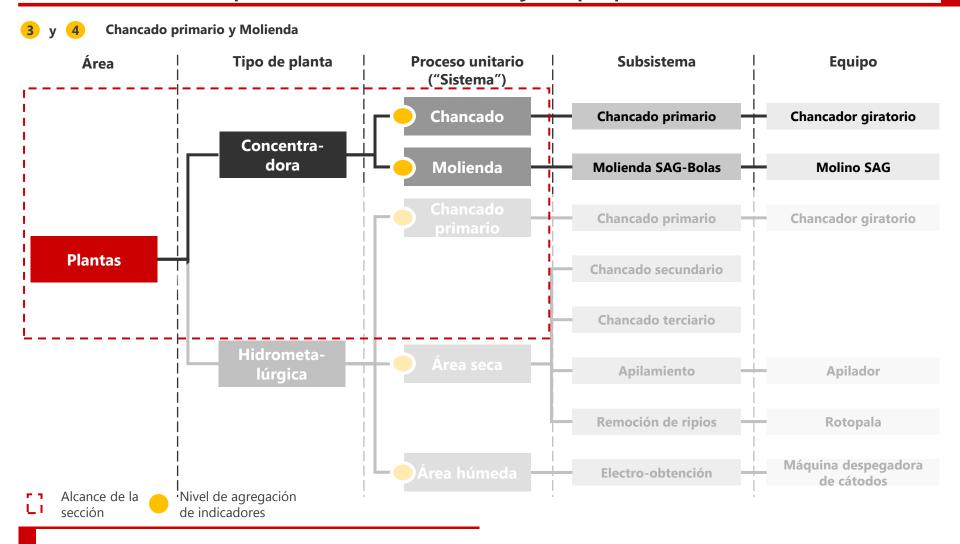
### Para cada proceso unitario se consideraron los principales equipos involucrados

#### Indicadores clave para medir la productividad en la gran minería de cobre chilena



<sup>(1)</sup> En algunas operaciones considera chancado secundario, terciario y cuaternario; (2) Área seca considera desde chancado secundario hasta remoción de ripios Fuente: Experiencia MatrixConsulting

# En plantas se definieron un conjuntos de indicadores de acuerdo a los procesos unitarios y equipos considerados



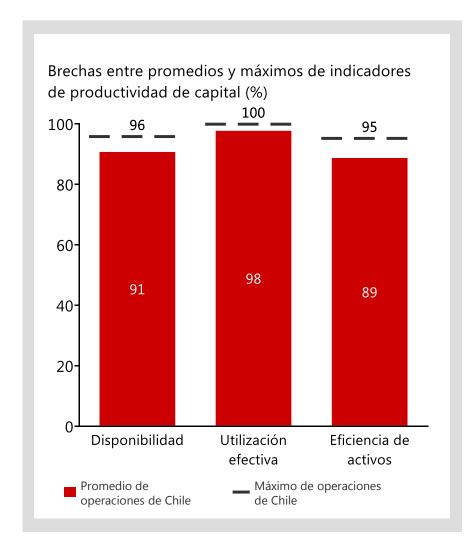
Por confidencialidad, los datos se mostrarán consolidados por sistema

#### Se identificaron las principales brechas en indicadores de productividad de capital para plantas concentradoras





Chancado primario y Molienda



#### **Principales conclusiones:**

Existe una alta dispersión entre operaciones de Chile en eficiencia de activos (14 p.p.)

Distintas estrategias de frecuencia y duración de los mantenimientos son exitosas

Operaciones con mayor disponibilidad tienen una menor proporción de mantenimientos correctivos

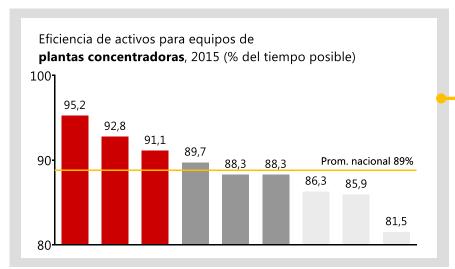
La eficiencia de activos promedio de las operaciones de Chile es menor al de operaciones referentes internacionales en chancado (66,8% vs. 73,7%, respectivamente) y en molienda (81,0% vs. 94,9%, respectivamente)

# Se levantaron los principales indicadores de productividad del capital para la planta concentradora



y <mark>4</mark>

Chancado primario y Molienda

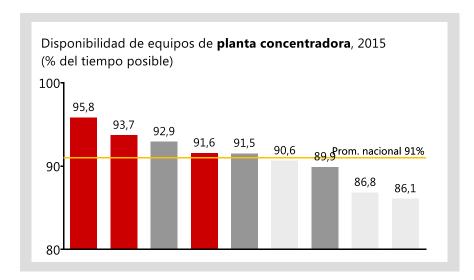


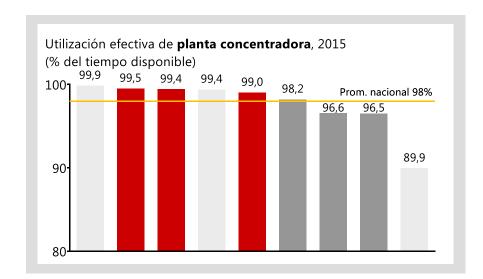
 Se definieron tres grupos de operaciones según su eficiencia de activos en la planta concentradora:

Op. de eficiencia de activos alta

Op. de eficiencia de activos media

Op. de eficiencia de activos baja





Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

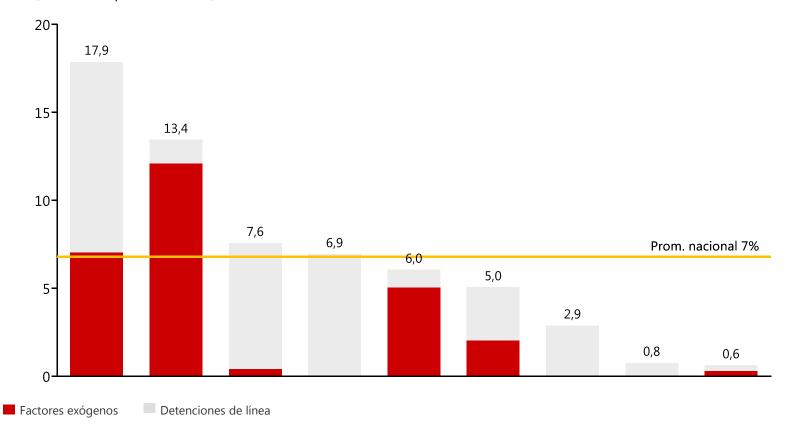
# Plantas concentradoras pierden en promedio un ~7% del tiempo calendario por factores externos





Chancado primario y Molienda

Tiempo operativo perdido por factores externos¹ en **plantas concentradoras**, 2015 (% del tiempo calendario)



<sup>(1)</sup> Factores exógenos incluyen clima, huelgas, cortes de energía, falta de agua, entre otros. Detenciones de línea incluyen detenciones de línea por mina y flotación. En las plantas no es posible obtener un mayor nivel de apertura en las causas exógenas porque las detenciones de los equipos no se pueden escalar a nivel de la planta como sistema Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

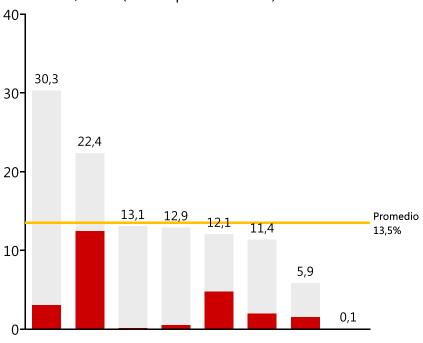
### Chancado pierde ~14% del tiempo por factores externos, mientras que molienda pierde ~7%

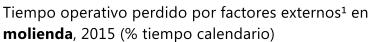


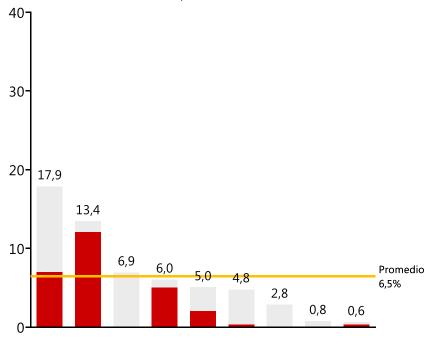
y

Chancado primario y Molienda

Tiempo operativo perdido por factores externos¹ en **chancado**, 2015 (% tiempo calendario)







■ Factores exógenos □ Detenciones de línea

(1) Factores exógenos incluyen clima, huelgas, cortes de energía, falta de agua, entre otros. Detenciones de línea incluyen detenciones de línea por mina y flotación. En las plantas no es posible obtener un mayor nivel de apertura en las causas exógenas porque las detenciones de los equipos no se pueden escalar a nivel de la planta como sistema Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

#### La disponibilidad promedio de las plantas concentradoras es de ~91%

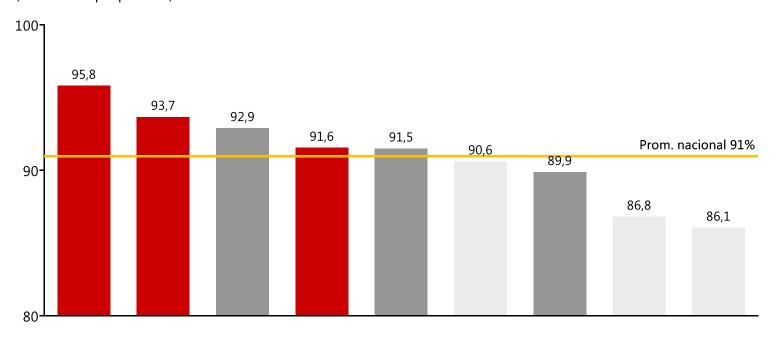




Chancado primario y Molienda



Disponibilidad de **plantas concentradoras**, 2015 (% del tiempo posible)



Op. de eficiencia de activos alta en planta concentradora

Op. de eficiencia de activos media en planta concentradora

Op. de eficiencia de activos baja en planta concentradora

Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

#### Chancado y molienda tienen disponibilidad de ~90%

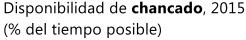


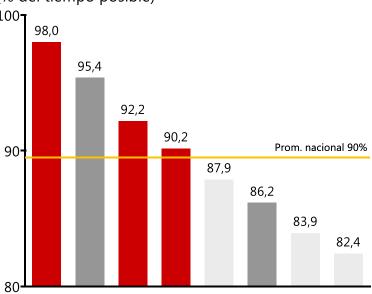


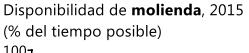
Chancado primario y Molienda

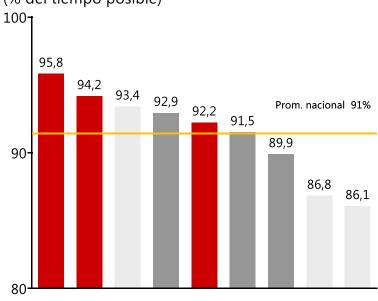












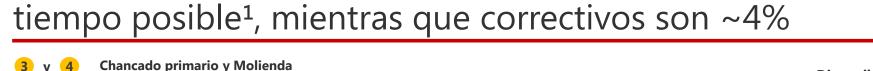
Op. de eficiencia de activos alta en planta concentradora

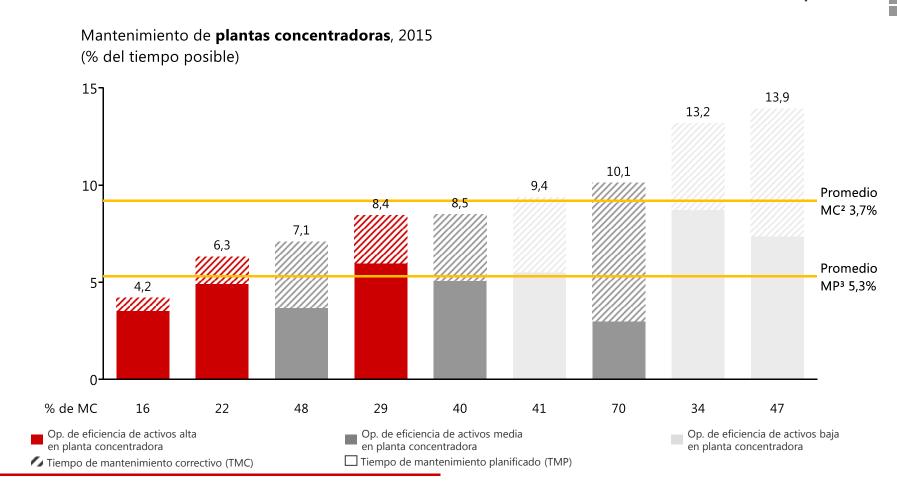
Op. de eficiencia de activos media en planta concentradora

Op. de eficiencia de activos baja en planta concentradora

Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

## Mantenimientos planificados se realizan durante ~5% del tiempo posible¹, mientras que correctivos son ~4%



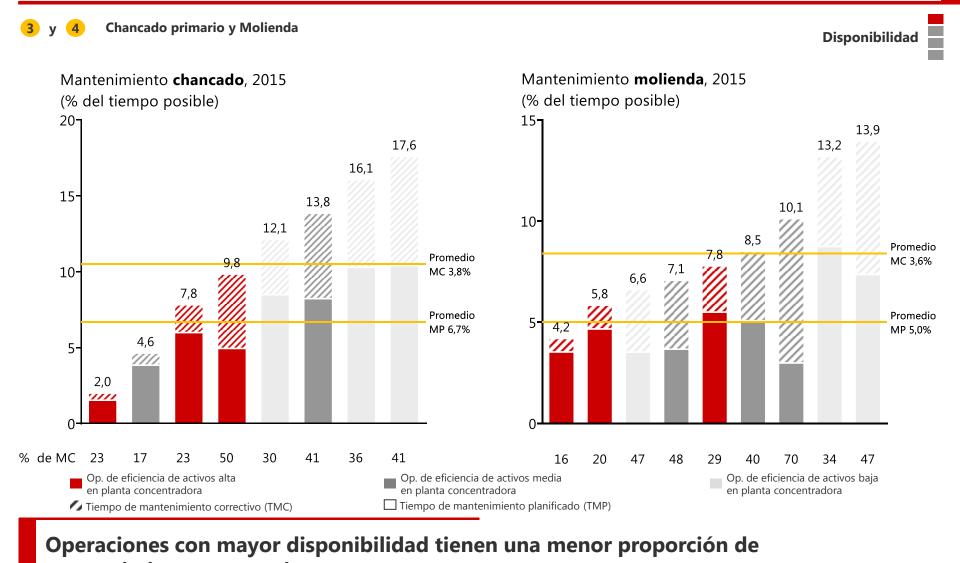


#### Operaciones con mayor disponibilidad tienen una menor proporción de mantenimientos correctivos

(1) Tiempo descontado de factores exógenos y detenciones aguas arriba y aguas abajo del proceso; (2) Mantenimiento correctivo; (3) Mantenimiento planificado Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

Disponibilidad

## En chancado y molienda las MP¹ ocupan ~7% y ~5% del tiempo posible², mientras que las MC³ demoran ~4%



mantenimientos correctivos

(1) Mantenimiento planificado; (2) Tiempo descontado de factores exógenos y detenciones aguas arriba y aguas abajo del proceso; (3) Mantenimiento correctivo Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones

Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### Existen distintas estrategias de mantenimiento según frecuencia y duración...

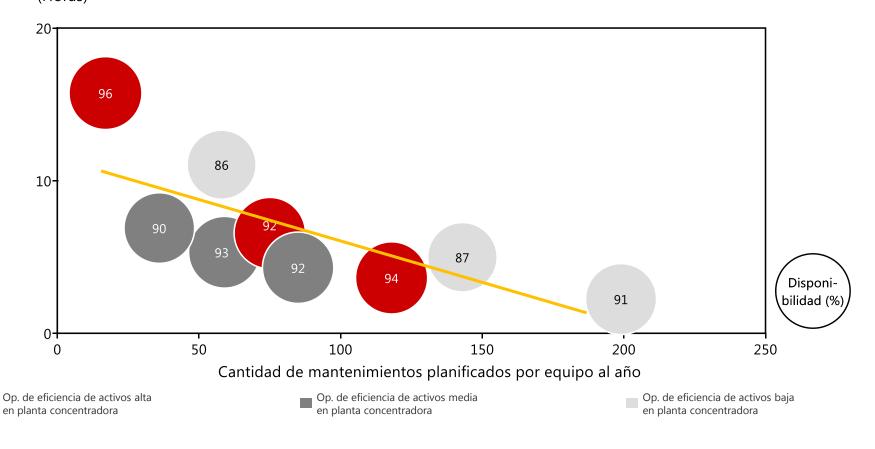




Chancado primario y Molienda



Tiempo medio de mantenimiento planificado en **plantas concentradoras** (Horas)



Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

#### ... lo que se mantiene en chancado y molienda



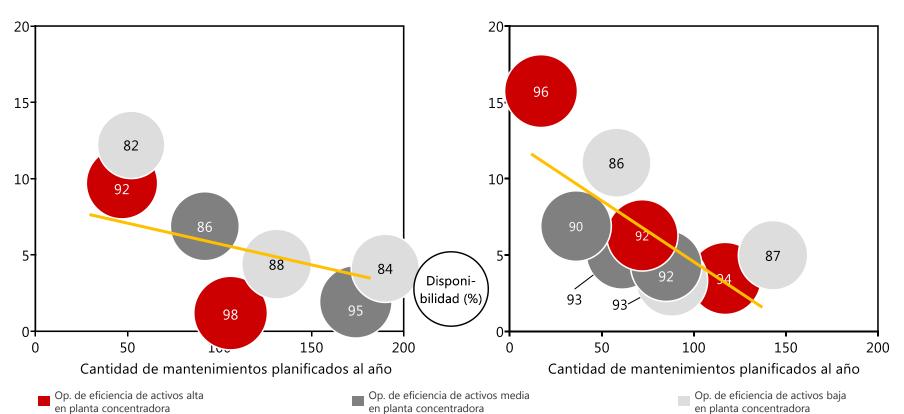
3

4

Chancado primario y Molienda

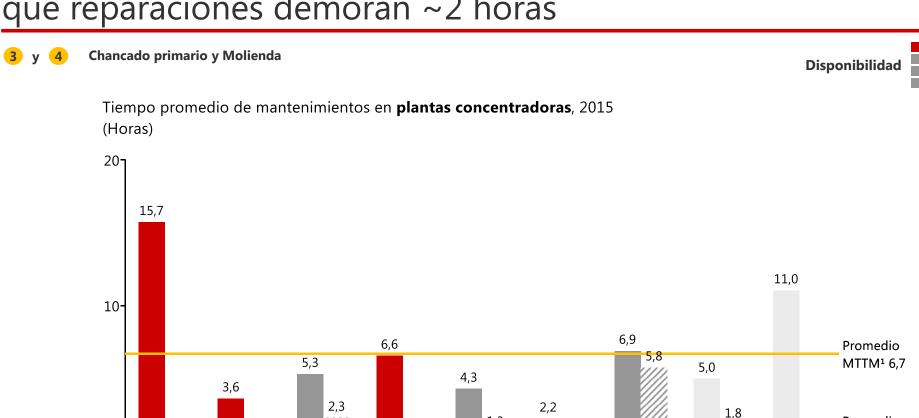
Tiempo medio de mantenimiento planificado en **chancado** (Horas)

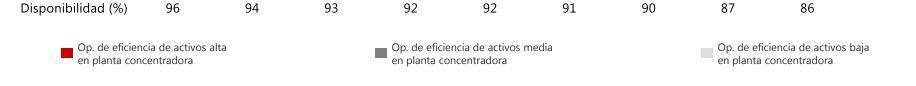
Tiempo medio de mantenimiento planificado en **molienda** (Horas)



Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

## Mantenimientos en promedio demoran ~7 horas, mientras que reparaciones demoran ~2 horas





0,7

0,4

Tiempo medio de reparación (MTTR)

0,2

1,3

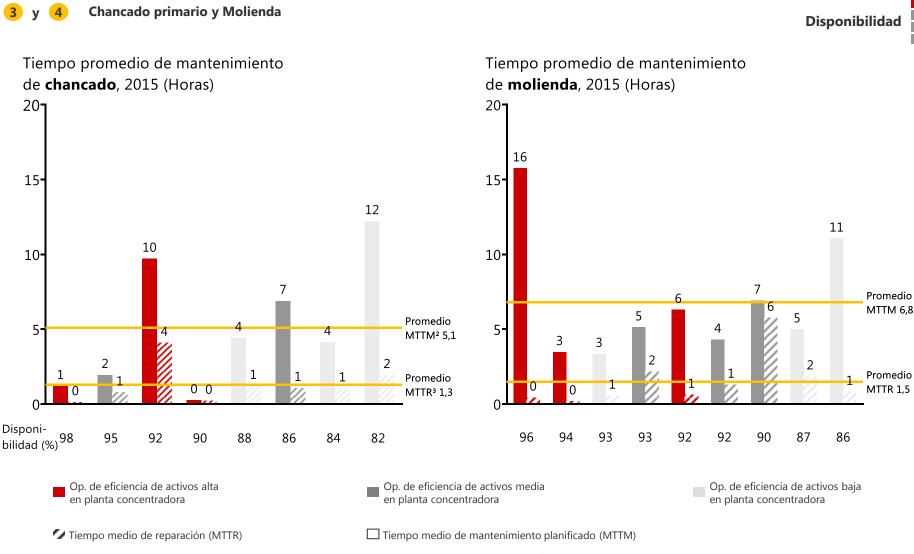
☐ Tiempo medio de mantenimiento planificado (MTTM)

(1) *mean-time-to-maintain*: tiempo promedio entre mantenciones (mantenimiento planificados); (2) *mean-time-to-repair*: tiempo promedio entre reparaciones (mantenimientos correctivos) Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

Promedio

MTTR<sup>2</sup> 1,5

## Reparaciones en CH y MO¹ tienen duración similar, mientras que mttos. demoran ~5 y ~7 horas respectivamente



<sup>(1)</sup> Chancado y Molienda; (2) mean-time-to-maintain: tiempo promedio entre mantenciones (mantenimiento planificados); (3) mean-time-to-repair: tiempo promedio entre reparaciones (mantenimientos correctivos)

Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones

Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### Antigüedad de equipos críticos en chancado y molienda no parecen afectar la disponibilidad de los equipos

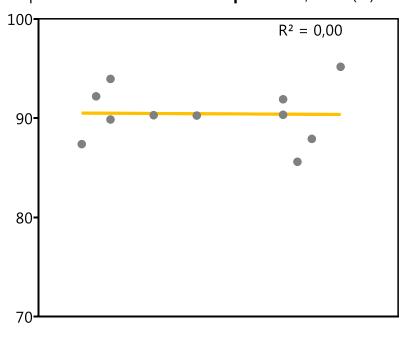




Chancado primario y Molienda

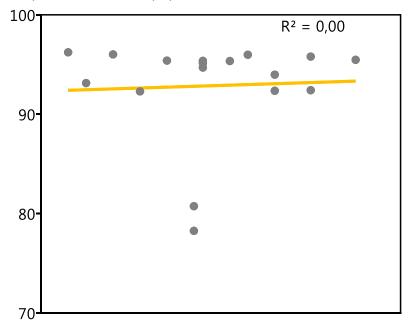






Antiguedad (años)

Disponibilidad de equipos de molinos SAG (%)



Antiquedad (años)

### En resumen, existen diferencias ~10 p.p. entre operaciones de Chile

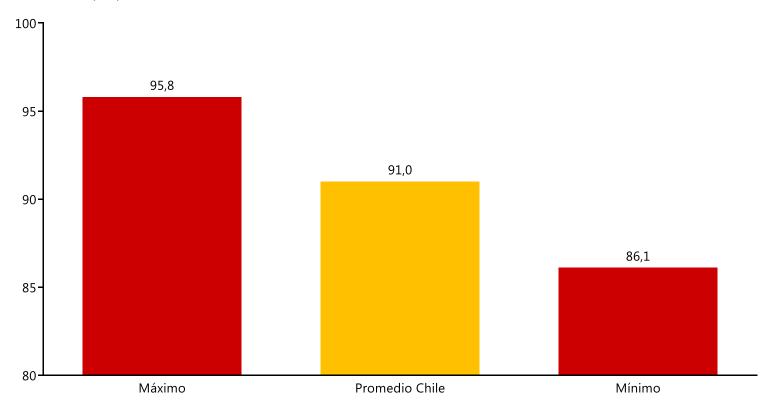




Chancado primario y Molienda



Disponibilidad de **plantas concentradoras**, 2015 (% del tiempo posible)



Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

#### La utilización efectiva promedio en la planta es de ~98%



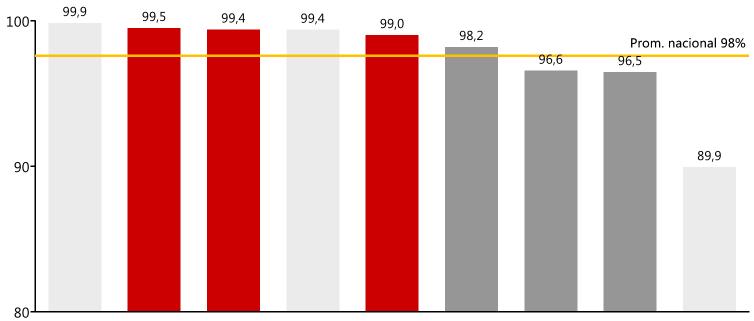
V

Chancado primario y Molienda

Utilización efectiva







Op. de eficiencia de activos alta en planta concentradora

Op. de eficiencia de activos media en planta concentradora

Op. de eficiencia de activos baja en planta concentradora

Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### Utilización del chancado y molienda es de ~90% y 98% respectivamente



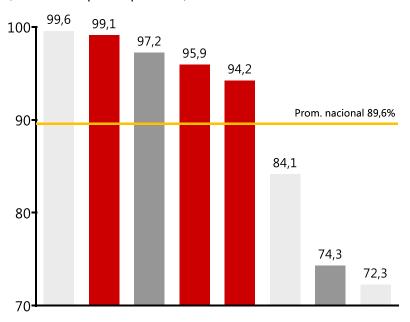


Chancado primario y Molienda

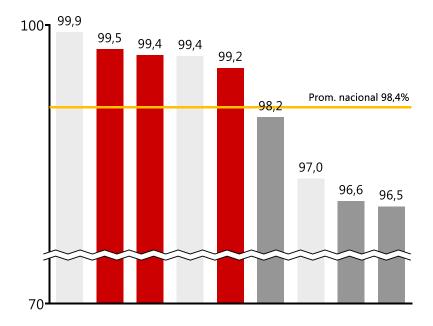
**Utilización efectiva** 

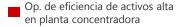


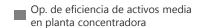
Utilización efectiva de **chancado**, 2015 (% del tiempo disponible)



Utilización efectiva de **molienda**, 2015 (% del tiempo disponible)



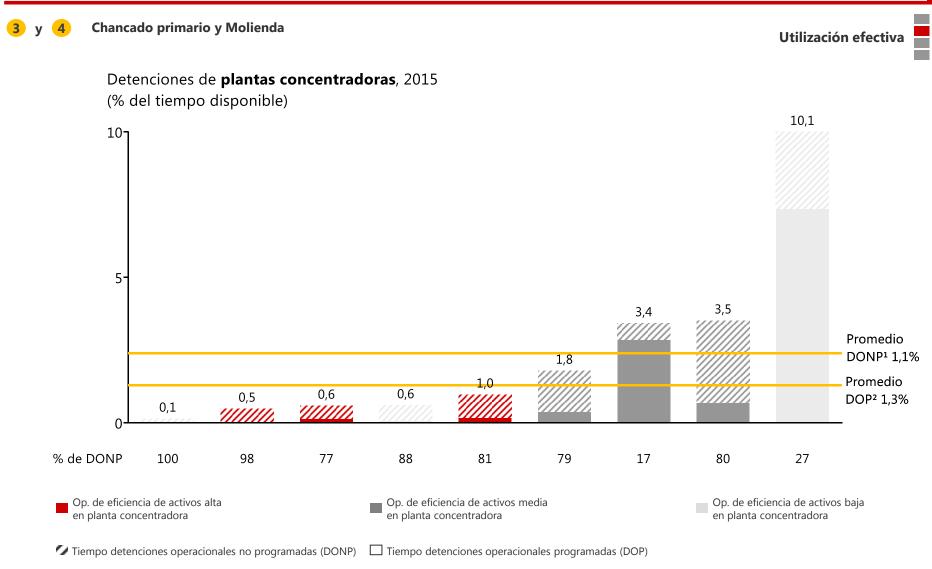




Op. de eficiencia de activos baja en planta concentradora

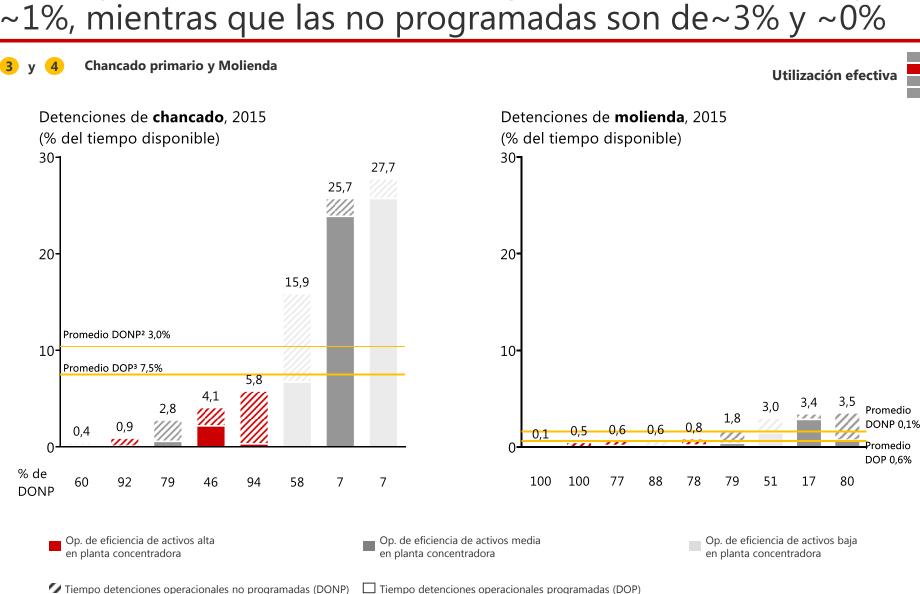
Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

# Tanto las detenciones programadas como las no programadas demoran en torno al 1% del tiempo



<sup>(1)</sup> Detenciones operacionales no programadas; (2) Detenciones operacionales programadas Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

# En CH y $MO^1$ las detenciones programadas son de ~8% y ~1%, mientras que las no programadas son de~3% y ~0%



<sup>(1)</sup> Chancado y molienda; (2) Detenciones operacionales no programadas; (3) Detenciones operacionales programadas Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

#### En resumen, existen diferencias ~10 p.p. entre operaciones de Chile



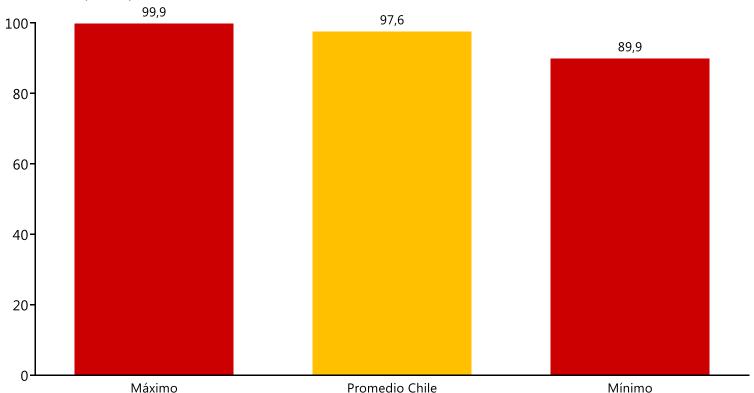


Chancado primario y Molienda

**Utilización efectiva** 







Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

#### Eficiencia de activos promedio en la planta concentradora es de ~89%





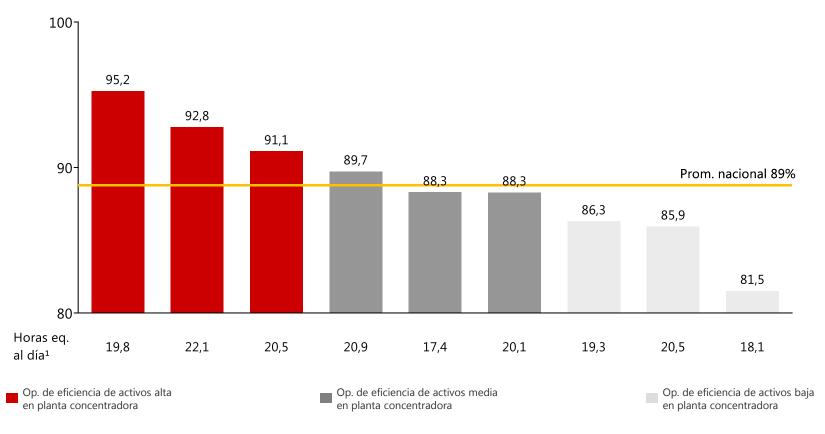


Chancado primario y Molienda



**Eficiencia de Activos** 

Eficiencia de activos de plantas concentradoras, 2015 (% del tiempo posible)



<sup>(1)</sup> Horas equivalentes al día se refiere al equivalente de horas utilizadas diarias de los equipos Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### Eficiencia de activos para chancado es de ~80%, mientras que para molienda es de ~90%

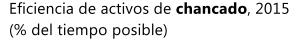


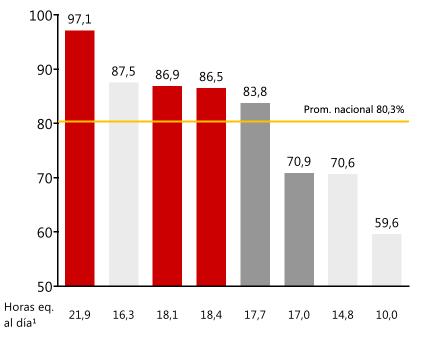


Chancado primario y Molienda

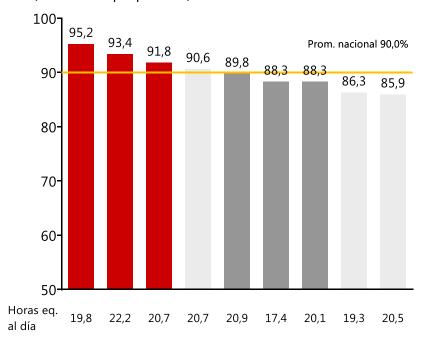








Eficiencia de activos de **molienda**, 2015 (% del tiempo posible)



Op. de eficiencia de activos baja en planta concentradora

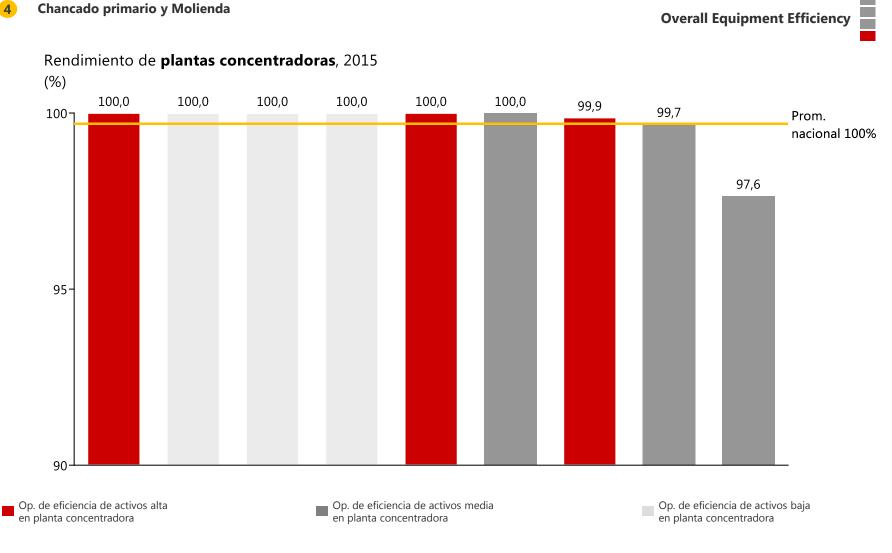
(1) Horas equivalentes al día se refiere al equivalente de horas utilizadas diarias de los equipos Nota: Para chancado primario se consideraron 8 operaciones y para molienda 9 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

Op. de eficiencia de activos alta en planta concentradora

Op. de eficiencia de activos media en planta concentradora

### Rendimiento de plantas concentradoras es en torno a 100%





Nota: Rendimiento es calculado como el rendimiento anual sobre el rendimiento máximo; En planta concentradora se consideraron 8 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

# OEE promedio de los equipos de PC¹ están en torno a ~89% y muestran diferencias de hasta ~14 p.p.



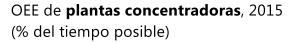


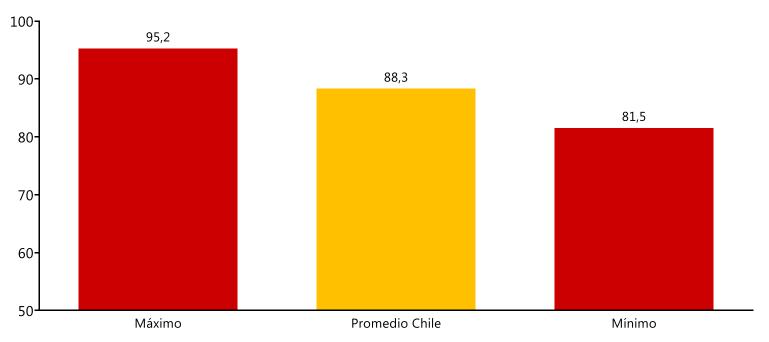


Chancado primario y Molienda

**Overall Equipment Efficiency** 







Op. de eficiencia de activos alta en planta concentradora

Op. de eficiencia de activos media en planta concentradora

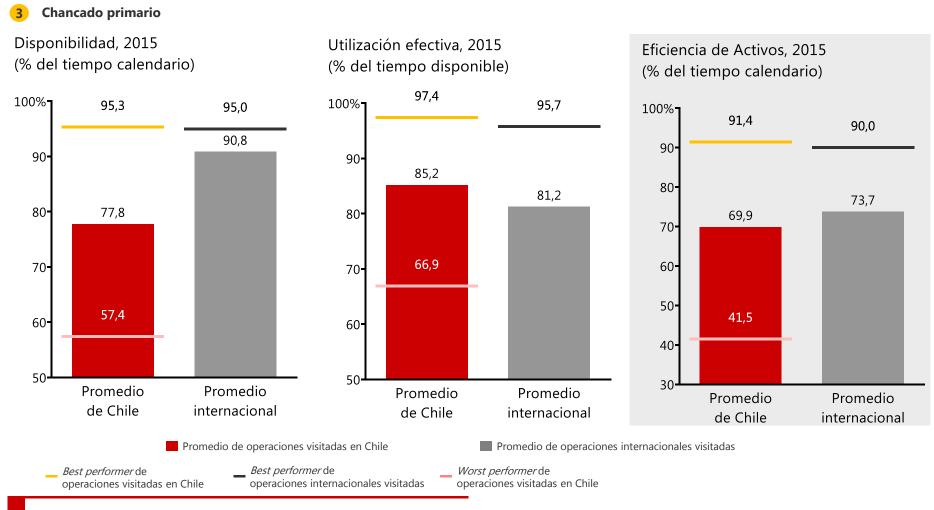
Op. de eficiencia de activos baja en planta concentradora

(1) Plantas Concentradoras

Nota: Rendimiento es calculado como el rendimiento anual sobre el rendimiento máximo; Rendimientos de dos plantas concentradoras no fueron recibidos; En planta concentradora se consideraron 8 operaciones

Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

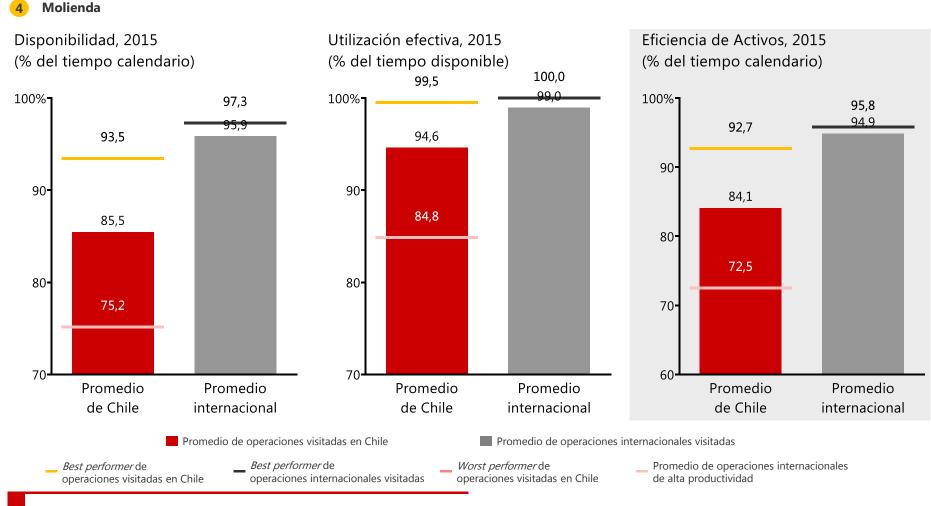
### Operaciones en Chile presentan en promedio menor disponibilidad de chancado que promedio internacional



### Los *best performers* de Chile tienen valores cercanos o superiores a los valores de los *best performers* internacionales

Nota: Para efectos de la comparación de indicadores de productividad de capital entre operaciones de Chile e internacionales se consideró tiempo calendario como base de cálculo Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### Operaciones en Chile presentan en promedio menor productividad de capital que promedio de referentes internacionales

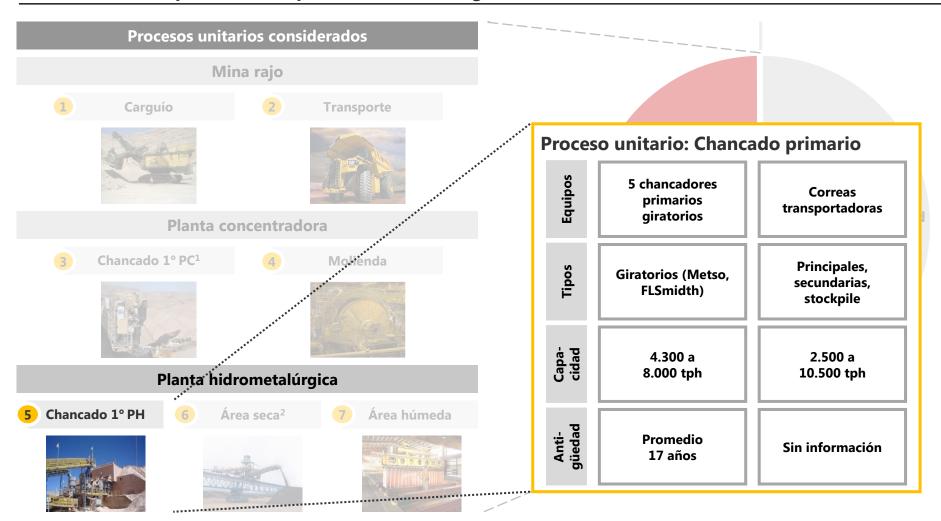


### Los best performers de Chile también tienen una productividad de capital inferior a la productividad de capital de los best performers internacionales

Nota: Para efectos de la comparación de indicadores de productividad de capital entre operaciones de Chile e internacionales se consideró tiempo calendario como base de cálculo "Operaciones internacionales de alta productividad" son aquellas con un indicador superior a la mejor operación nacional, según cada caso Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### Para cada proceso unitario se consideraron los principales equipos involucrados

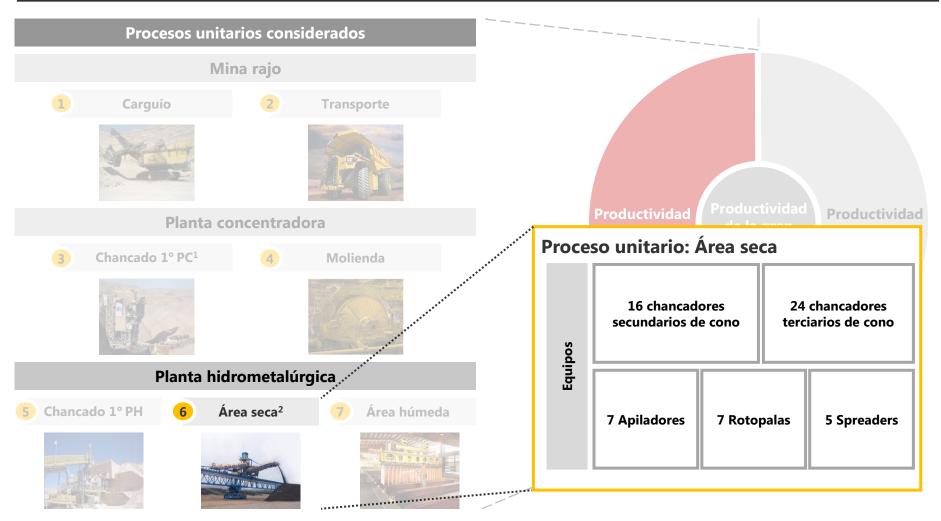
#### Indicadores clave para medir la productividad en la gran minería de cobre chilena



<sup>(1)</sup> En algunas operaciones considera chancado secundario, terciario y cuaternario; (2) Área seca considera desde chancado secundario hasta remoción de ripios Fuente: Experiencia MatrixConsulting

### Para cada proceso unitario se consideraron los principales equipos involucrados

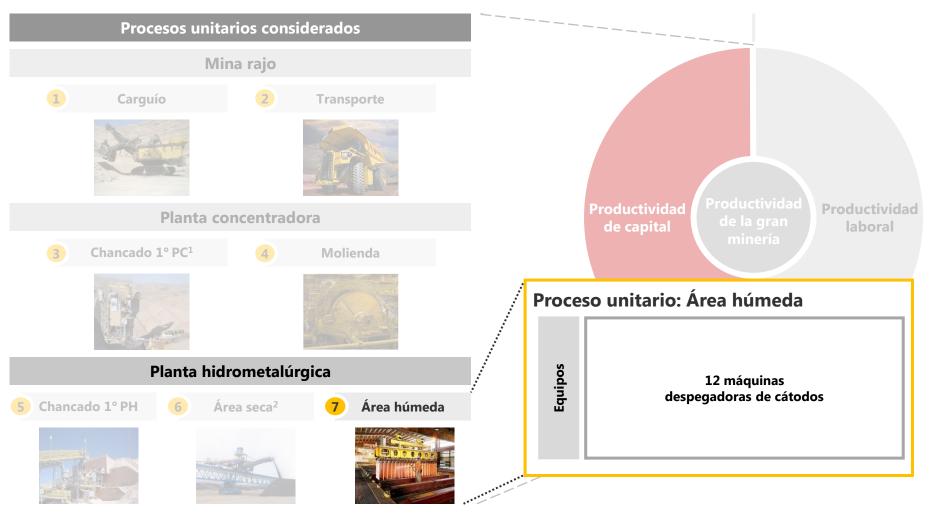
#### Indicadores clave para medir la productividad en la gran minería de cobre chilena



<sup>(1)</sup> En algunas operaciones considera chancado secundario, terciario y cuaternario; (2) Área seca considera desde chancado secundario hasta remoción de ripios Fuente: Experiencia MatrixConsulting

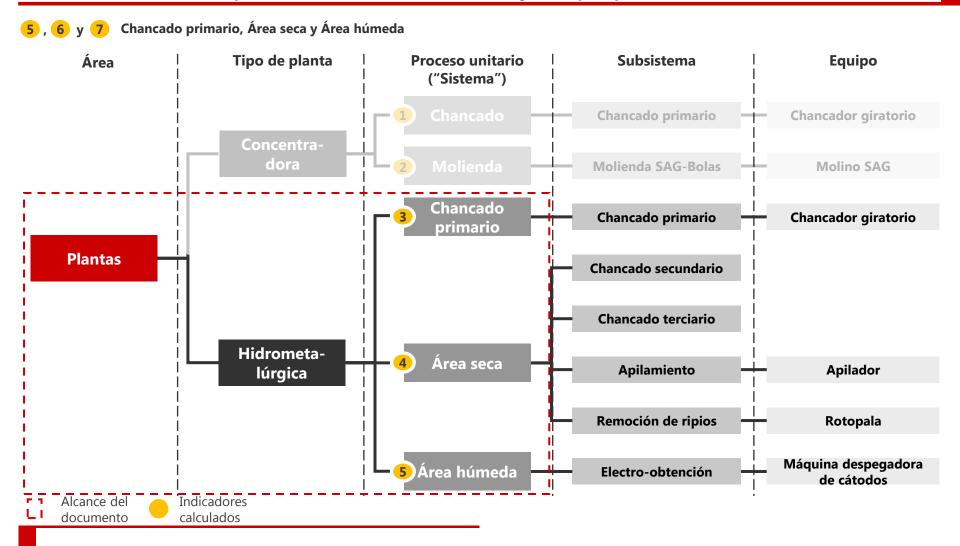
### Para cada proceso unitario se consideraron los principales equipos involucrados

#### Indicadores clave para medir la productividad en la gran minería de cobre chilena



<sup>(1)</sup> En algunas operaciones considera chancado secundario, terciario y cuaternario; (2) Área seca considera desde chancado secundario hasta remoción de ripios Fuente: Experiencia MatrixConsulting

# En plantas se definieron un conjuntos de indicadores de acuerdo a los procesos unitarios y equipos considerados



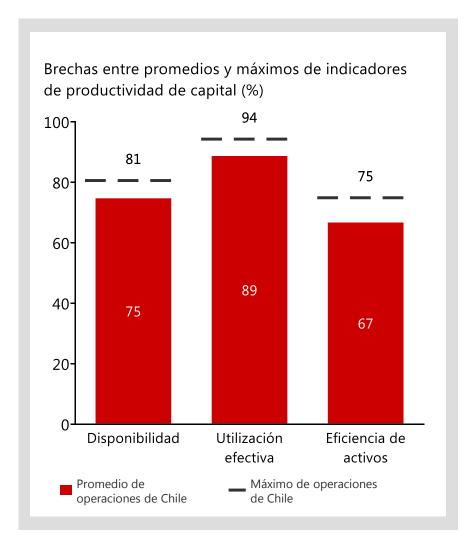
Por confidencialidad, los datos se muestran consolidados por sistema

### Se identificaron las principales brechas en indicadores de productividad de capital para plantas hidrometalúrgicas





Chancado primario, Área seca y Área húmeda



#### **Principales conclusiones:**

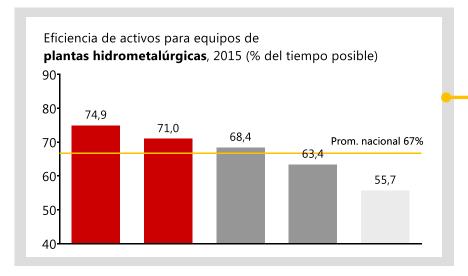
Industria en Chile tiene una alta dispersión en eficiencia de activos (19 p.p.), la cual es similar en disponibilidad y utilización (17 p.p. y 16 p.p. respectivamente)

Operaciones con mayores disponibilidades en la planta realizan mantenimientos de mayor duración y menor frecuencia (principalmente en área seca)

En la mayor parte de los indicadores, el área seca es el principal limitante de la planta hidrometalúrgica

# Se levantaron los principales indicadores de productividad del capital para la planta hidrometalúrgica



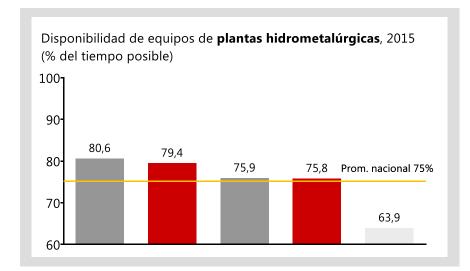


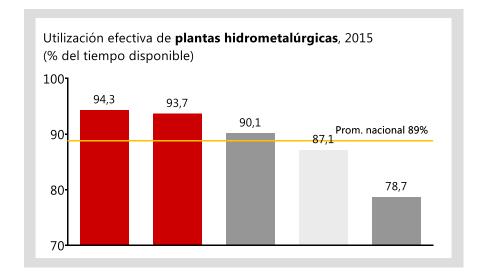
 Se definieron tres grupos de operaciones según su eficiencia de activos en la planta hidrometalúrgica:
 Op. de eficiencia de activos alta

Op. de chelencia de activos ana

Op. de eficiencia de activos media

Op. de eficiencia de activos baja



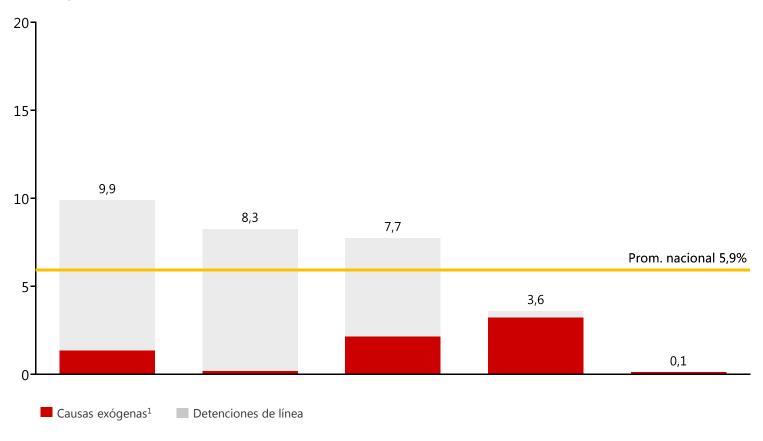


Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

# Plantas hidrometalúrgicas pierden un ~6% del tiempo calendario por factores externos...



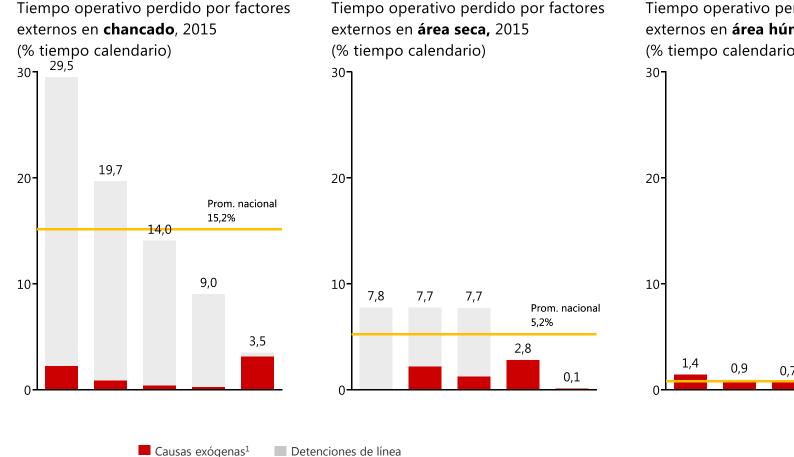
Tiempo operativo perdido por factores externos en **plantas hidrometalúrgicas**, 2015 (% tiempo calendario)



<sup>(1)</sup> Causas exógenas incluyen clima, huelgas, cortes de energía, falta de agua, entre otros. Detenciones de línea incluyen detenciones de línea por mina y flotación. En las plantas no es posible obtener un mayor nivel de apertura en las causas exógenas porque las detenciones de los equipos no se pueden escalar a nivel de la planta como sistema Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### ... lo que en chancado, área seca y área húmeda significa pérdidas de ~15%, ~5% y 1% del tiempo respectivamente





Tiempo operativo perdido por factores externos en área húmeda, 2015 (% tiempo calendario) Prom. nacional 0,7 0.8% 0.0

<sup>(1)</sup> Causas exógenas incluyen clima, huelgas, cortes de energía, falta de agua, entre otros. Detenciones de línea incluyen detenciones de línea por mina y flotación. En las plantas no es posible obtener un mayor nivel de apertura en las causas exógenas porque las detenciones de los equipos no se pueden escalar a nivel de la planta como sistema Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

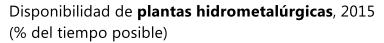
### Las plantas hidrometalúrgicas tienen una disponibilidad promedio de ~75%

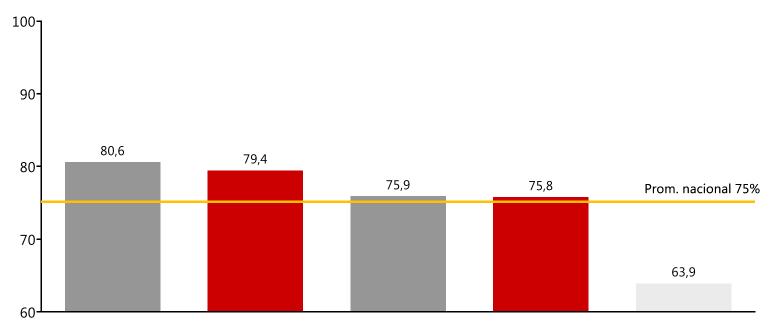




Chancado primario, Área seca y Área húmeda







Op. de eficiencia de activos alta en plantas hidrometalúrgicas

Op. de eficiencia de activos media en plantas hidrometalúrgicas

Op. de eficiencia de activos baja en plantas hidrometalúrgicas

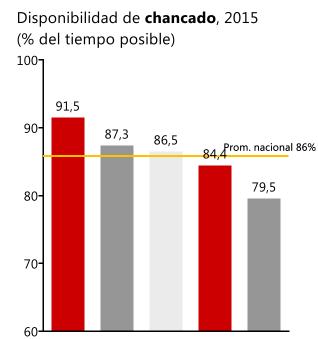
## En área seca la disponibilidad es ~77%, mientras que en chancado y área húmeda es ~86% y ~87%, respectivamente

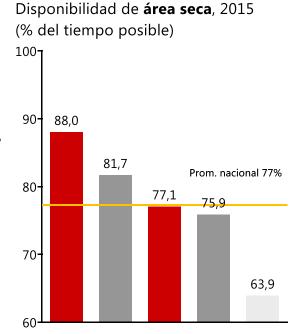


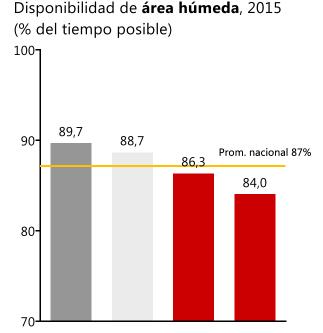


Chancado primario, Área seca y Área húmeda









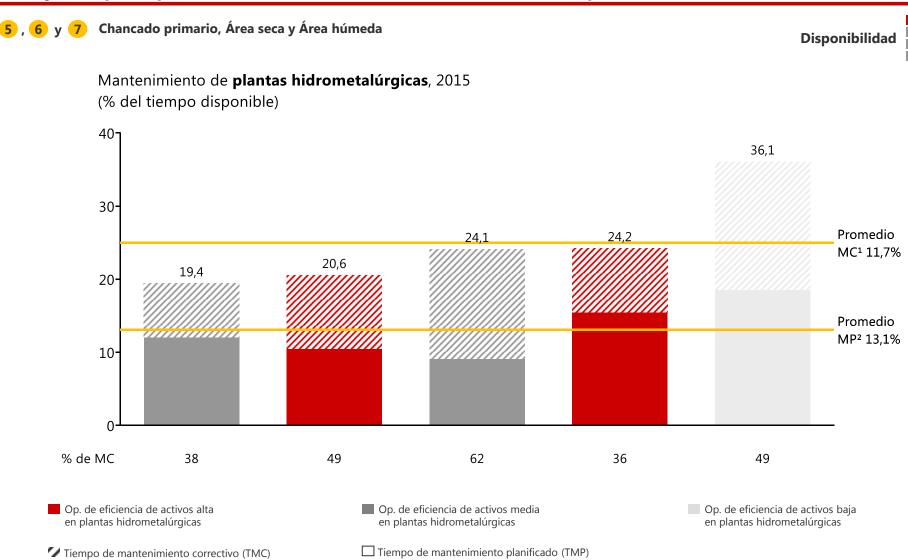
Op. de eficiencia de activos alta en plantas hidrometalúrgicas

Op. de eficiencia de activos media en plantas hidrometalúrgicas

Op. de eficiencia de activos baja en plantas hidrometalúrgicas

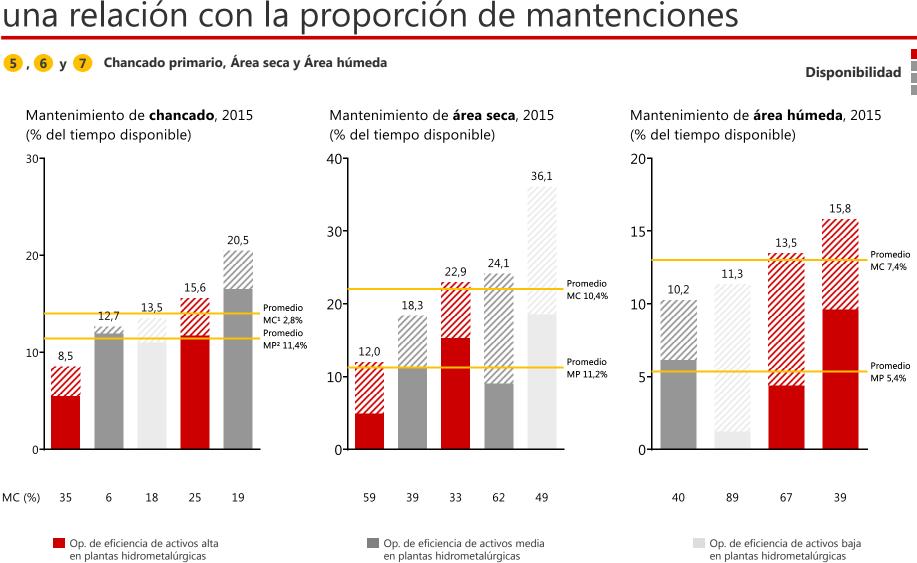
Nota: Para chancado y área seca sólo se consideraron 5 operaciones, para área húmeda sólo 4 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### Diferencias en disponibilidad no parecen explicarse por una mayor proporción de mantenimientos planificados



<sup>(1)</sup> Mantenimiento correctivo; (2) Mantenimiento planificado Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### En chancado, área seca y área húmeda tampoco se aprecia una relación con la proporción de mantenciones



Tiempo de mantenimiento correctivo (TMC)

☐ Tiempo de mantenimiento planificado (TMP)

<sup>(1)</sup> Mantenimiento correctivo; (2) Mantenimiento planificado Nota: Para chancado y área seca sólo se consideraron 5 operaciones, para área húmeda sólo 4 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

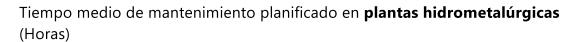
## Operaciones con mayores disponibilidades realizan mantenimientos de mayor duración y menor frecuencia...

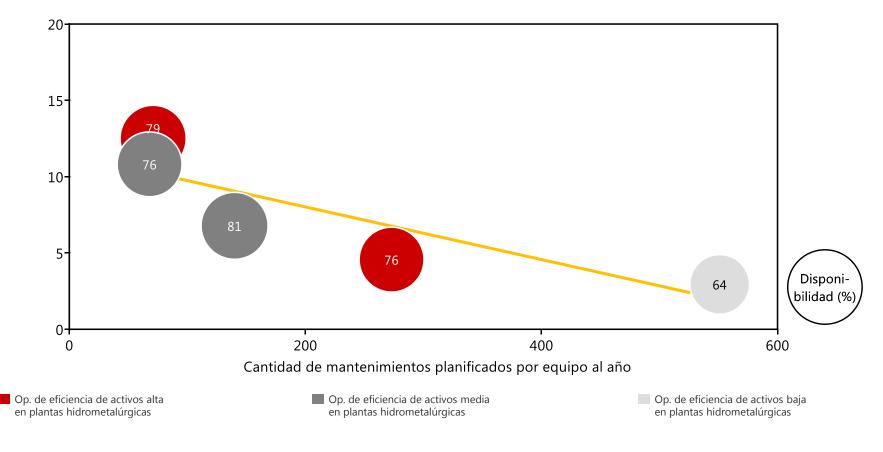




Chancado primario, Área seca y Área húmeda







### ... lo que se mantiene en el área seca de las plantas hidrometalúrgicas

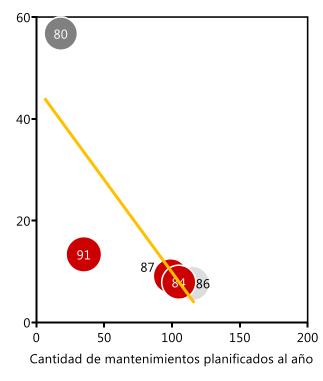




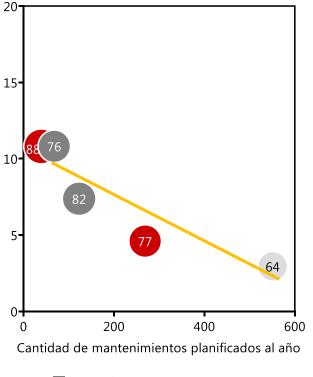


Chancado primario, Área seca y Área húmeda

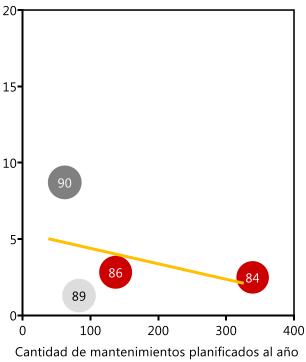
Tiempo medio de mantenimiento planificado en **chancado** (Horas)



Tiempo medio de mantenimiento planificado en **área seca** (Horas)



Tiempo medio de mantenimiento planificado en **área húmeda** (Horas)



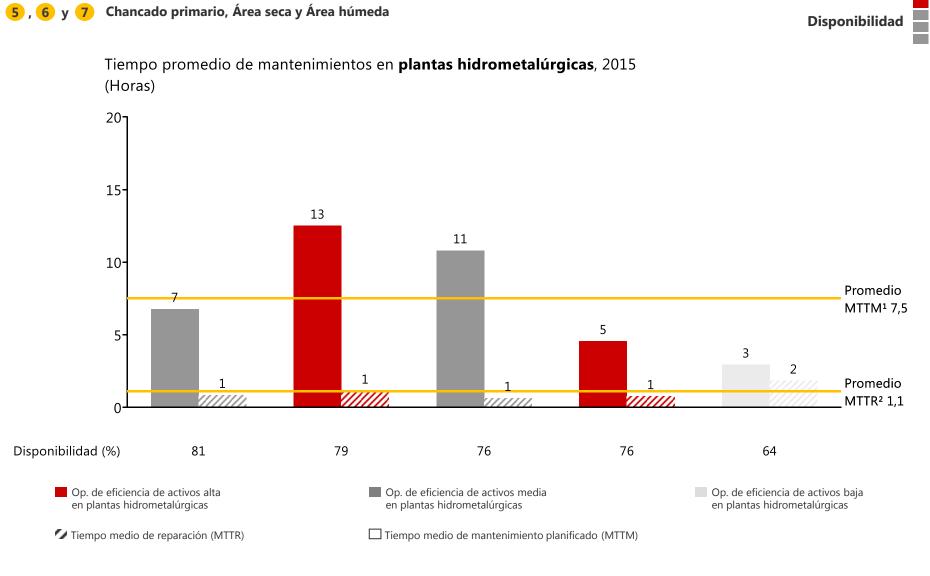
Op. de eficiencia de activos alta en plantas hidrometalúrgicas

Op. de eficiencia de activos media en plantas hidrometalúrgicas

Op. de eficiencia de activos baja en plantas hidrometalúrgicas

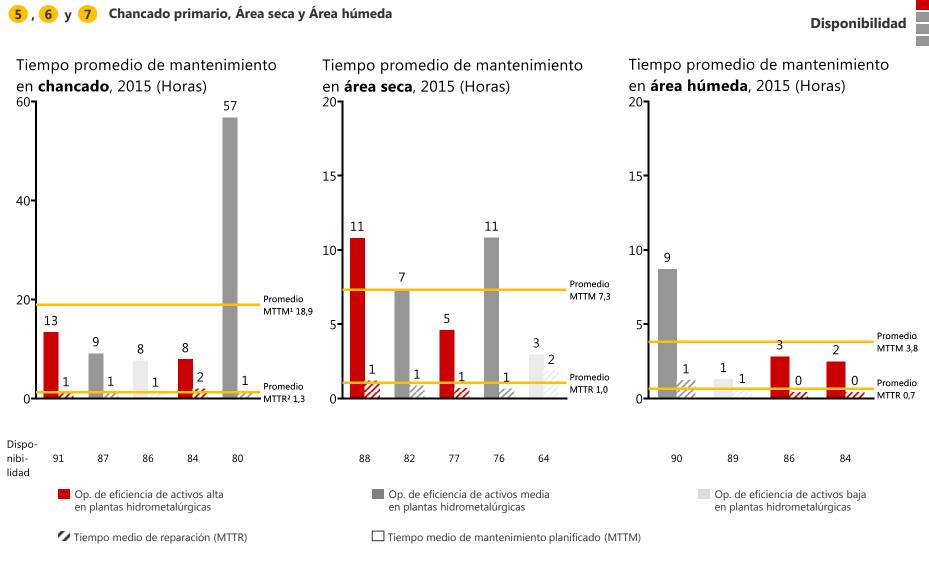
Nota: Para chancado y área seca sólo se consideraron 5 operaciones, para área húmeda sólo 4 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

# Diferencias de disponibilidad entre operaciones se explican principalmente por el tiempo de mantenimiento



<sup>(1)</sup> Mean-time-to-maintain. tiempo promedio entre mantenciones (mantenimiento planificados); (2) Mean-time-to-repair. tiempo promedio entre reparaciones (mantenimientos correctivos) Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### En área seca una mayor disponibilidad tiene relación con mantenimientos de mayor duración



<sup>(1)</sup> Mean-time-to-maintair. tiempo promedio entre mantenciones (mantenimiento planificado); (2) Mean-time-to-repair. tiempo promedio entre reparaciones (mantenimiento correctivo) Nota: Para chancado y área seca sólo se consideraron 5 operaciones, para área húmeda sólo 4 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

## En resumen, existe una brecha de disponibilidad en plantas hidrometalúrgicas de hasta ~17 p.p.



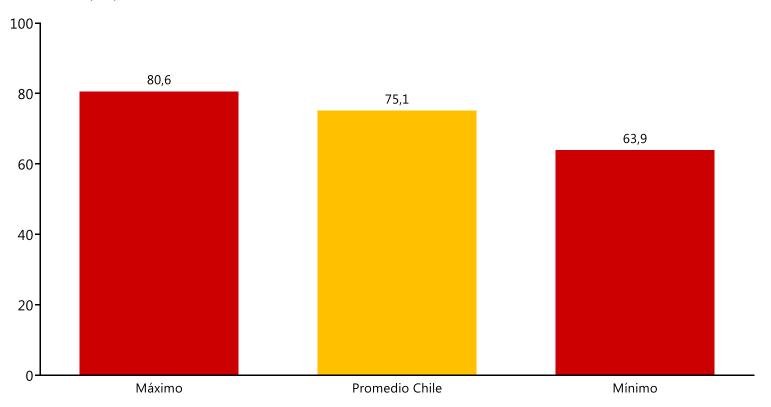


y <mark>7</mark>

Chancado primario, Área seca y Área húmeda



Disponibilidad de **plantas hidrometalúrgicas**, 2015 (% del tiempo posible)



Nota: Operaciones internacionales no se presentan por confidencialidad Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

#### Plantas hidrometalúrgicas tienen una utilización promedio de ~89%

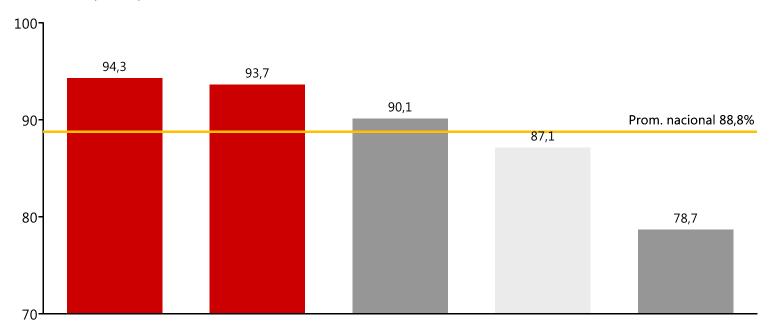


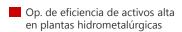


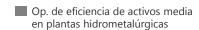
Chancado primario, Área seca y Área húmeda

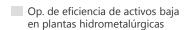
Utilización efectiva

Utilización efectiva de plantas hidrometalúrgicas, 2015 (% del tiempo disponible)









## Dentro de la planta, chancado, área seca y área húmeda tienen una utilización de ~96%, ~90% y ~65% respectivamente



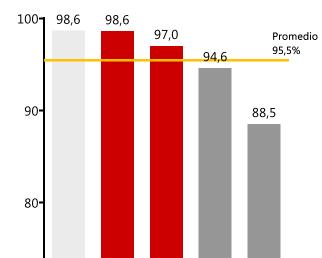


Chancado primario, Área seca y Área húmeda

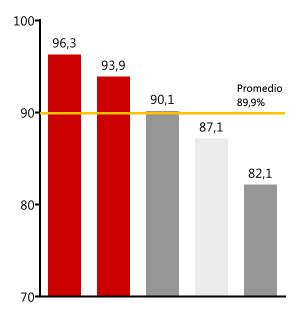


de **área seca** í

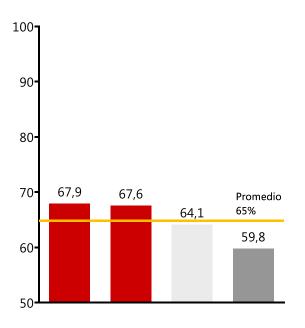
Utilización efectiva de **chancado**,2015 (% del tiempo disponible)



Utilización efectiva de **área seca**,2015 (% del tiempo disponible)



Utilización efectiva de **área húmeda**,2015 (% del tiempo disponible)



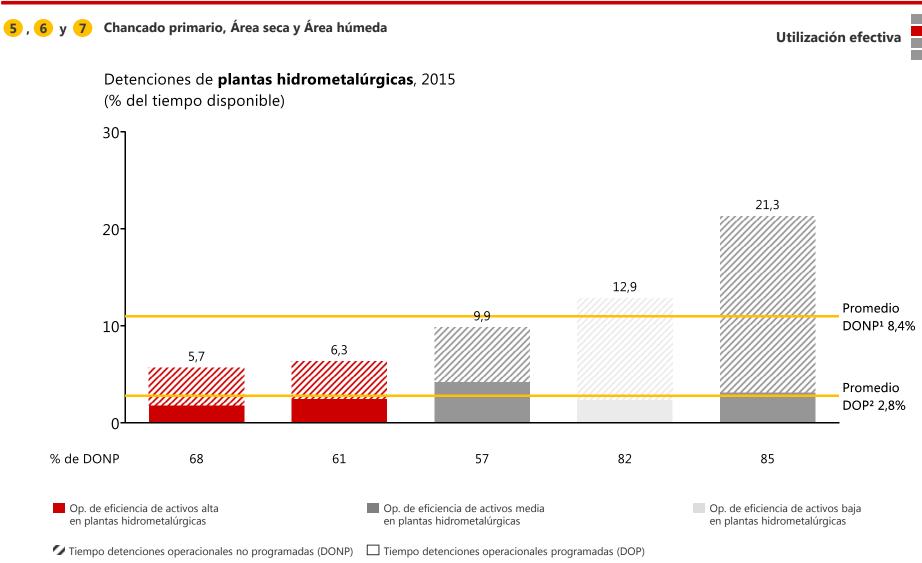
Op. de eficiencia de activos alta en plantas hidrometalúrgicas

Op. de eficiencia de activos media en plantas hidrometalúrgicas

Op. de eficiencia de activos baja en plantas hidrometalúrgicas

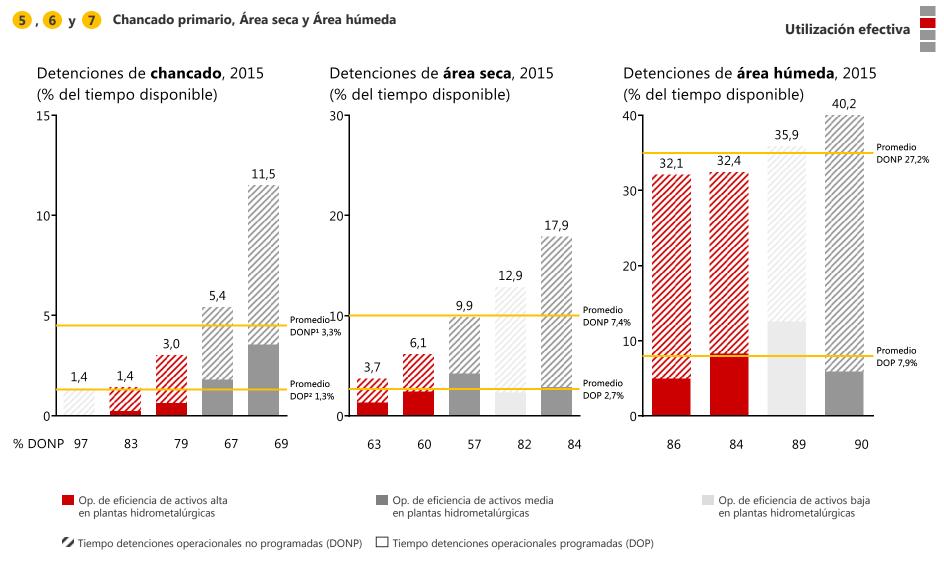
Nota: Para chancado y área seca sólo se consideraron 5 operaciones, para área húmeda sólo 4 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

# Operaciones con mayores niveles de utilización tienen una mayor proporción de detenciones programadas...



<sup>(1)</sup> Detenciones operacionales no programadas; (2) Detenciones operacionales programadas Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### ... lo que se mantiene en el área seca de las plantas hidrometalúrgicas



<sup>(1)</sup> Detenciones operacionales no programadas; (2) Detenciones operacionales programadas Nota: Para chancado y área seca sólo se consideraron 5 operaciones, para área húmeda sólo 4 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### En resumen, existe una brecha de utilización en plantas hidrometalúrgicas de hasta ~16 p.p.



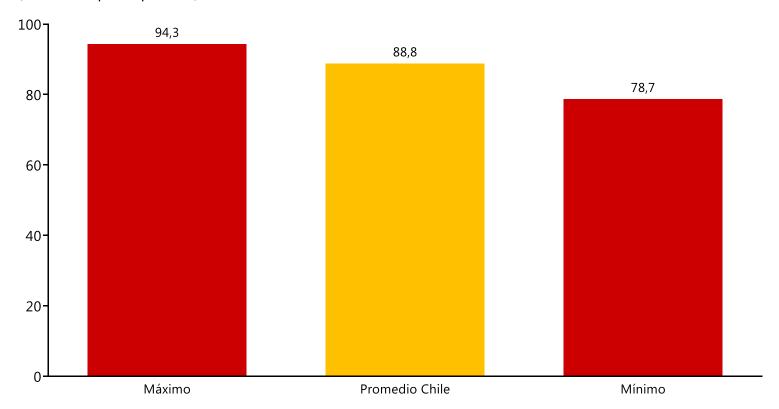


Chancado primario, Área seca y Área húmeda





Utilización efectiva de plantas hidrometalúrgicas, 2015 (% del tiempo disponible)



### Plantas hidrometalúrgicas tienen una eficiencia de activos promedio de ~67%...





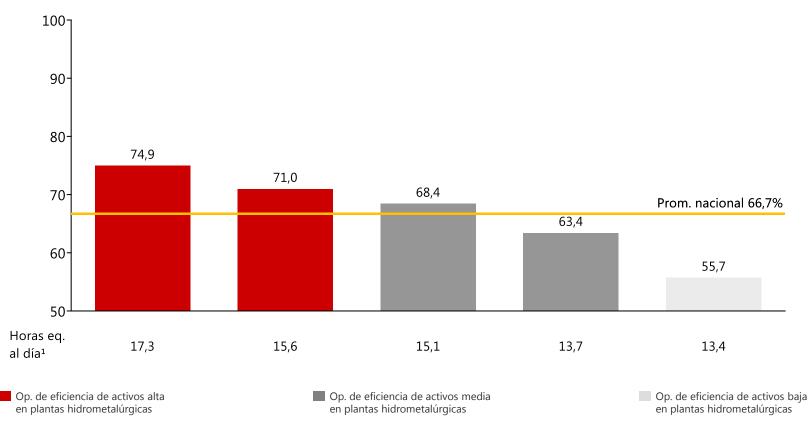


Chancado primario, Área seca y Área húmeda

**Eficiencia de Activos** 







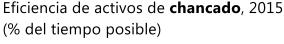
<sup>(1)</sup> Horas equivalentes al día se refiere al equivalente de horas utilizadas diarias de los equipos Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

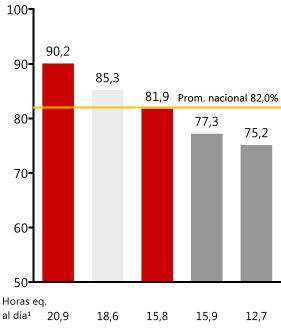
### Dentro de las plantas, la eficiencia de activos en chancado, área seca y área húmeda es de ~82%, ~70% y 57%

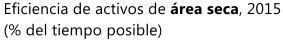


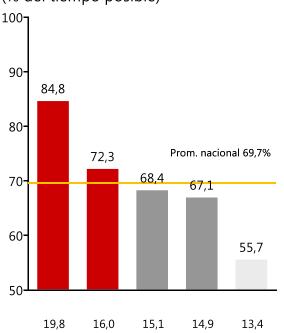




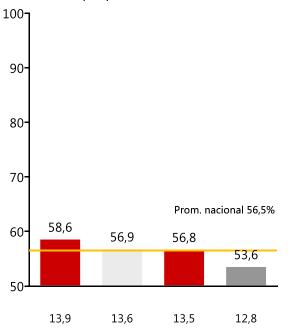








Eficiencia de activos de área húmeda, 2015 (% del tiempo posible)



Op. de eficiencia de activos media en plantas hidrometalúrgicas

Op. de eficiencia de activos baja en plantas hidrometalúrgicas

Op. de eficiencia de activos alta en plantas hidrometalúrgicas

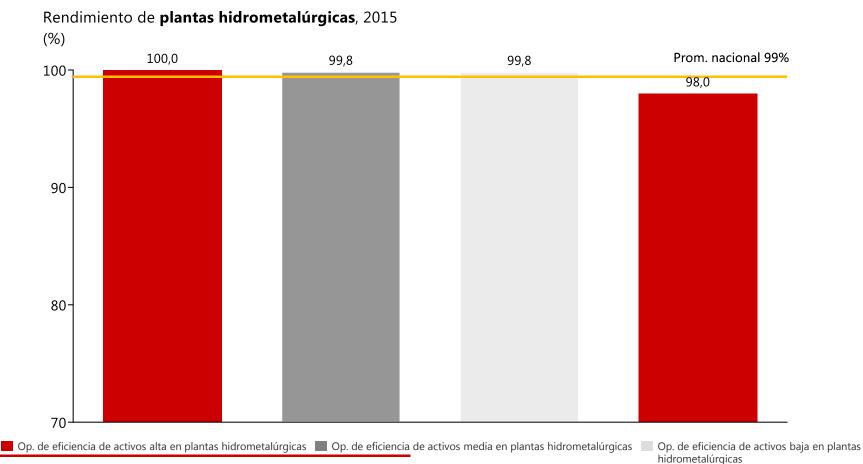
<sup>(1)</sup> Horas equivalentes al día se refiere al equivalente de horas utilizadas diarias de los equipos Nota: Para chancado y área seca sólo se consideraron 5 operaciones, para área húmeda sólo 4 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### Rendimiento de plantas hidrometalúrgicas es en torno a 99% para toda la industria en Chile









#### El rendimiento no es comparable entre operaciones

Nota: Rendimiento es calculado como el rendimiento anual sobre el rendimiento máximo; Considera sólo 4 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

### Plantas hidrometalúrgicas tienen una eficiencia de activos promedio de ~67%

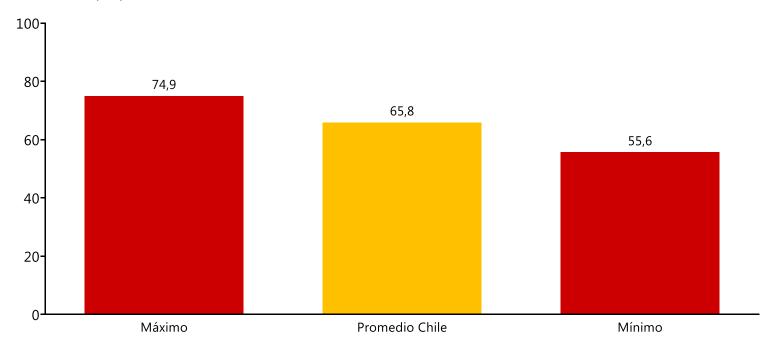




Chancado primario, Área seca y Área húmeda



OEE de plantas hidrometalúrgicas, 2015 (% del tiempo posible)

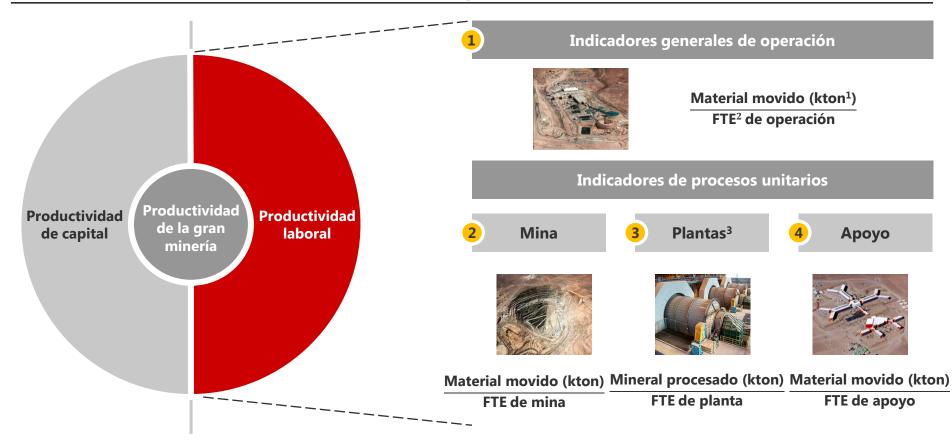


Los OEE de las distintas operaciones no son comparables entre sí

Nota: Considera sólo 4 operaciones Fuente: Indicadores CGS; Análisis MatrixConsulting

## El Estudio considera dos dimensiones para la medición de productividad: capital y laboral

#### Indicadores clave para medir la productividad en la gran minería de cobre chilena



No se consideraron indicadores con toneladas de cobre fino producido por estar afectados severamente por la ley y la relación lastre/mineral de las operaciones

(1) Kton: miles de toneladas; (2) FTE: razón entre las horas trabajadas totales y un valor de referencia de horas trabajadas al mes; (3) Incluye planta concentradora e hidrometalúrgica Fuente: Experiencia MatrixConsulting

## Para ajustar la productividad operacional se construyó un factor de corrección que considera 3 conceptos

Concepto a corregir:

### Características del yacimiento

#### Justificación:

- En operaciones de mayor tamaño, camiones recorren mayores distancias
- Mientras mayor es la distancia recorrida, mayor es la proporción del tiempo de viaje dentro del tiempo de ciclo del camión
- El indicador corrige estos efectos, ajustando por la distancia y el tiempo de ciclo



#### Capacidad de tolva de camiones

- Las tolvas de mayor capacidad transportan más material por kilómetro
- El indicador corrige este efecto ponderando la capacidad de tolva de la operación por el promedio de la muestra de operaciones



#### Condiciones climáticas

- Algunas operaciones operan menos días por factores climáticos
- El indicador corrige este efecto sobreponderando la producción, corrigiendo por el número de días faltantes

#### Cálculo del factor de corrección:

Distancia de mina Factor tiempo de Distancia promedio Factor tiempo de ciclo1
1 + One de mina en muestra2 en operación en operación de mina en muestra2 en operación en muestra en muestra2 en operación de dotación sujeta de mina en muestra2 en operación de mina en muestra2 en operación de muestra en operación de muestra en operación de muestra en operación de muestra en operación de obtación sujeta de mina en muestra en operación de muestra en operación de operación de obtación sujeta de mina en operación de operación de

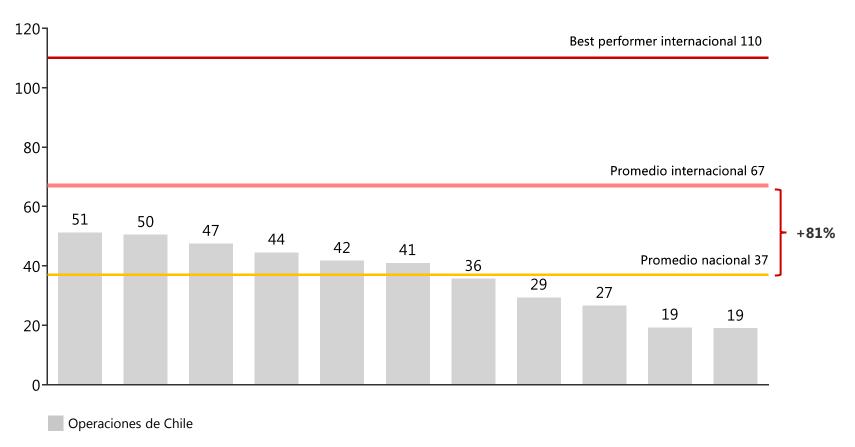


Días operativos Días operativos Proporción de en operación promedio en muestra4 dotación Sujeta a días promedio en muestra4 operativos

(1) Factor tiempo de ciclo =0,903-0,0078 × Distancia de operación; (2) **Distancia promedio de mina en muestra**: 9km; (3) **Tamaño promedio de tolva en muestra**: 285 ton; (4) **Días operativos promedio en muestra** al año: 365

# La productividad laboral de operaciones internacionales es 81% superior a la de operaciones nacionales

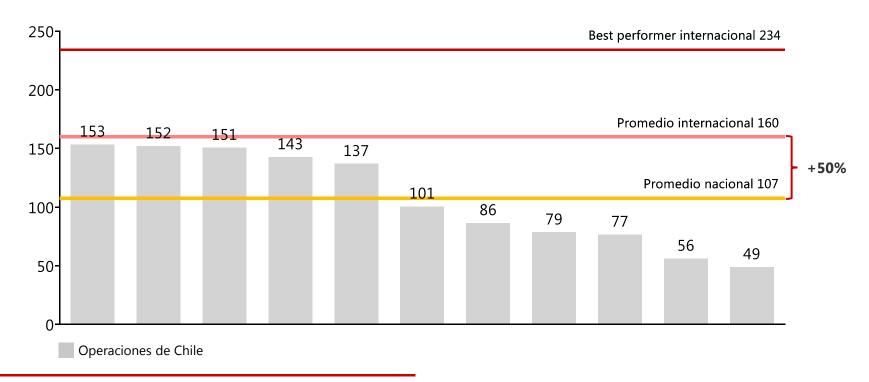
Productividad laboral general por operación, 2015 (kton de **material movido** / FTE de operación)



Nota: La productividad operacional general está corregida por distancia de operación, tamaño de tolvas y días operativos de mina al año; FTE ("full time equivalent") considera el equivalente a número de trabajadores jornada completa; Productividad operacional general considera la dotación total de la operación Fuente: Análisis MatrixConsulting; Estudio de productividad de la gran minería 2016 - MatrixConsulting

### En mina, la productividad laboral de operaciones internacionales es 50% superior a la de operaciones nacionales

Productividad laboral en mina por operación, 2015 (kton de **material movido** / FTE de mina)

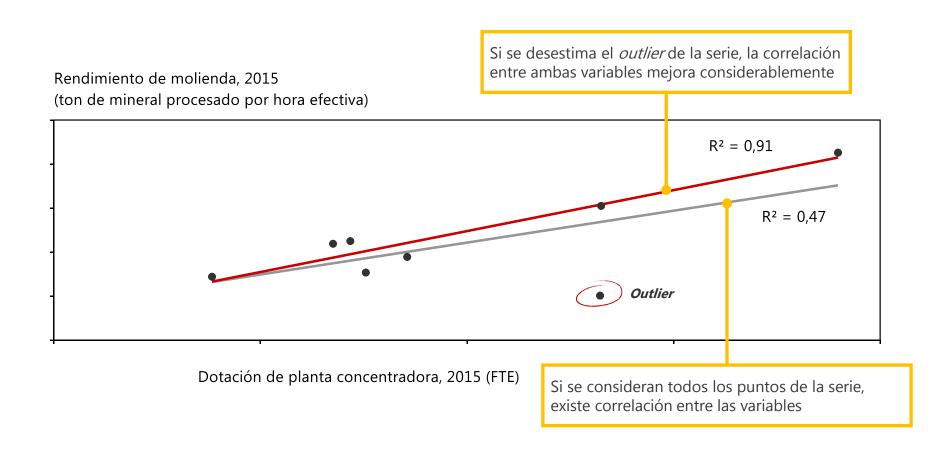


### En mina, el span de control de supervisores en Chile es en promedio 6,4 mientras que en otros países es 8,6

Nota: La productividad operacional de mina está corregida por distancia de operación, tamaño de tolvas y días operativos de mina al año; FTE ("full time equivalent") considera el equivalente a número de trabajadores jornada completa

Fuente: Análisis MatrixConsulting; Estudio de productividad de la gran minería 2016 - MatrixConsulting

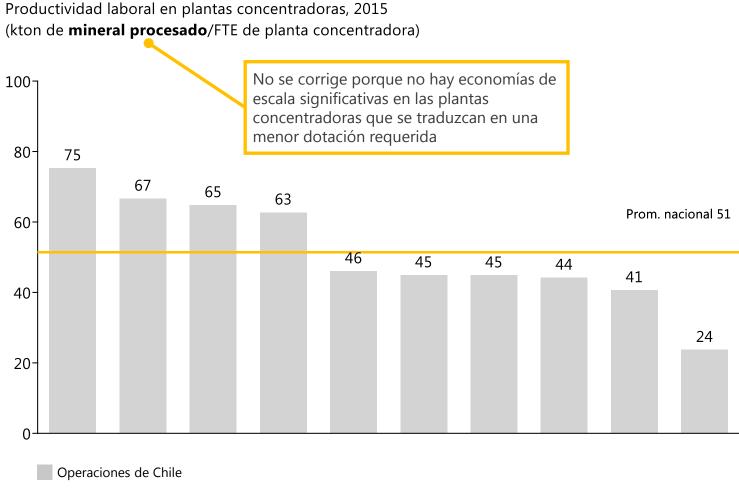
### Al revisar posibles correcciones a la productividad laboral, no se identificaron economías de escala en PC<sup>1</sup>



Para que existan economías de escala, la relación entre ambas variables debiera ser exponencial

(1) Planta concentradora Fuente: Análisis MatrixConsulting

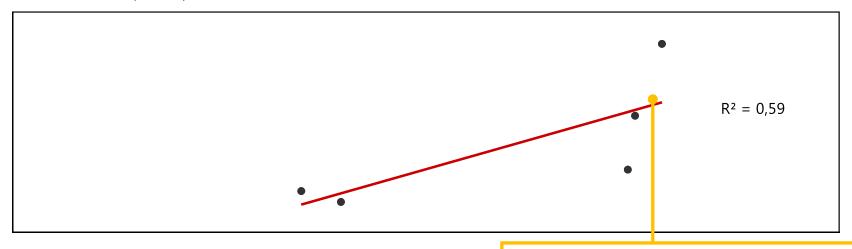
## Productividad laboral de planta concentradora está entre 24 y 75 kton de mineral procesado por FTE de PC¹



<sup>(1)</sup> Planta concentradora Nota: Un FTE equivale a 2190 horas trabajadas al año Fuente: Análisis MatrixConsulting

### Al revisar posibles correcciones a la productividad operacional, no se identificaron economías de escala en PH<sup>1</sup>

Rendimiento de área seca, 2015 (ton de mineral apilado por hora efectiva)



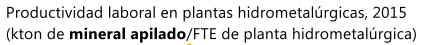
Dotación de planta hidrometalúrgica, 2015 (FTE)

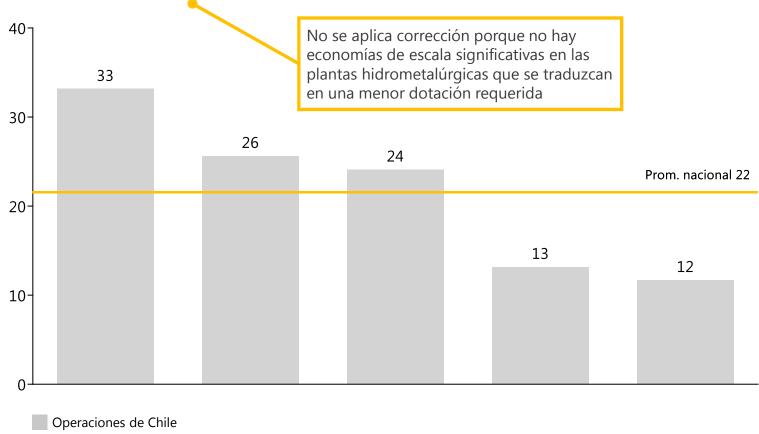
Si bien existe correlación entre las variables, existen 3 rendimientos considerablemente distintos para dotaciones muy similares, por lo que no existirían economías de escala

Para que existan economías de escala, la relación entre ambas variables debiera ser exponencial

(1) Planta hidrometalúrgica Fuente: Análisis MatrixConsulting

## En PH<sup>1,</sup> la productividad laboral está entre 12 y 33 kton de mineral apilado por FTE de planta hidrometalúrgica

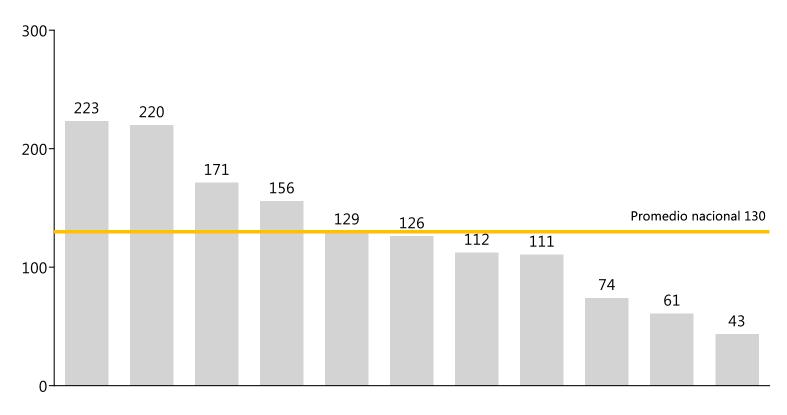




(1) Planta hidrometalúrgica Nota: Un FTE equivale a 2190 horas trabajadas al año Fuente: Análisis MatrixConsulting

## Productividad laboral en áreas de apoyo está entre 43 y 223 kton de material movido por FTE de apoyo

Productividad laboral en áreas de apoyo, 2015 (kton de **material movido**/ FTE en áreas de apoyo)



Operaciones de Chile

Notas: Faenas internacionales no fueron agregadas al benchmark de productividad operacional en áreas de apoyo debido a que su información de dotación no está suficientemente desagregada; Áreas de apoyo considera servicios de apoyo a la operación, servicio a las personas, suministro eléctrico, administración y finanzas, recursos humanos, seguridad, salud ocupacional, medioambiente y comunidades, proyectos OPEX, entre otros; FTE ("full time equivalent") considera el equivalente a número de trabajadores jornada completa Fuente: Análisis MatrixConsulting; Estudio de productividad de la gran minería chilena 2016 - MatrixConsulting

#### Contenido del documento



Benchmark de operaciones en Chile e internacionales



Estimación de potencial de productividad para la minería chilena

### El potencial de productividad en la minería chilena se puede estimar en torno a tres umbrales

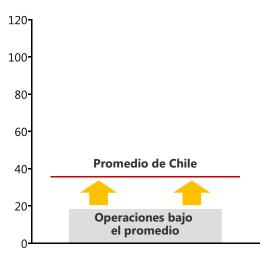
#### **ILUSTRATIVO**

Un primer umbral consiste en cerrar las brechas respecto al promedio de Chile...

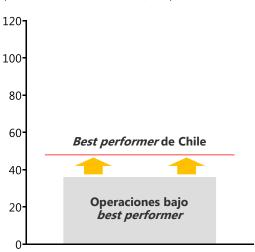
... un segundo umbral es elevar la productividad al *best performer* de Chile

Por último, cambios en el sistema permitirían alcanzar al promedio internacional

Productividad laboral corregida (ton de material movido/FTE¹)



Productividad laboral corregida (ton de material movido/FTE)



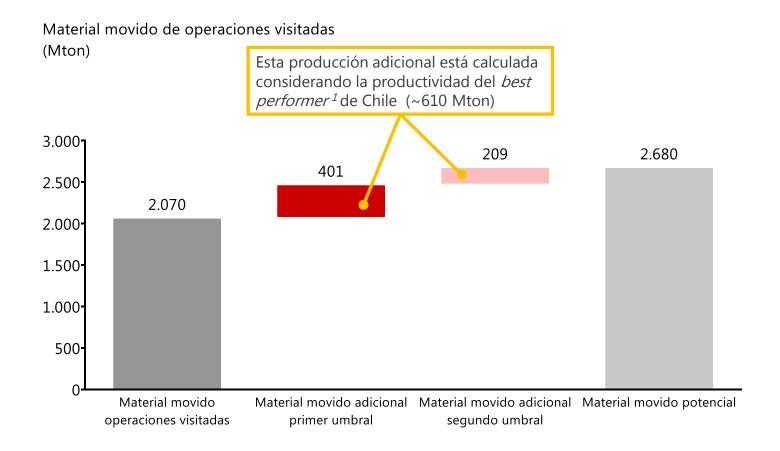
Productividad laboral corregida (ton de material movido/FTE)



Para lograr indicadores internacionales se debe afectar el sistema integral de productividad en Chile, incluyendo regulación, educación, cultura, entre otros

(1) FTE se refiere a Full-time equivalent (colaborador equivalente a tiempo completo); (2) Considera 7 operaciones internacionales Fuente: Análisis MatrixConsulting

### Con la mejora en productividad laboral, se podría generar una movimiento de material adicional de ~610 Mton al año

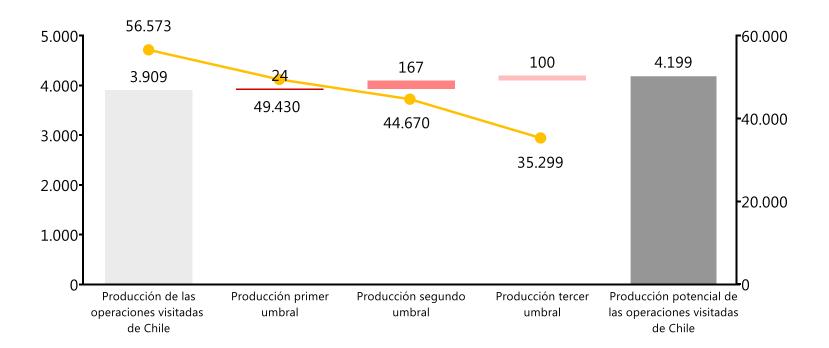


<sup>(1):</sup> Productividad laboral del *best performer* de Chile utilizada corresponde a ~51 kton material movido corregido/FTE Fuente: Análisis MatrixConsulting

## Al cerrar las brechas de productividad existentes, se podría producir ~290 kTon de Cu fino adicionales...

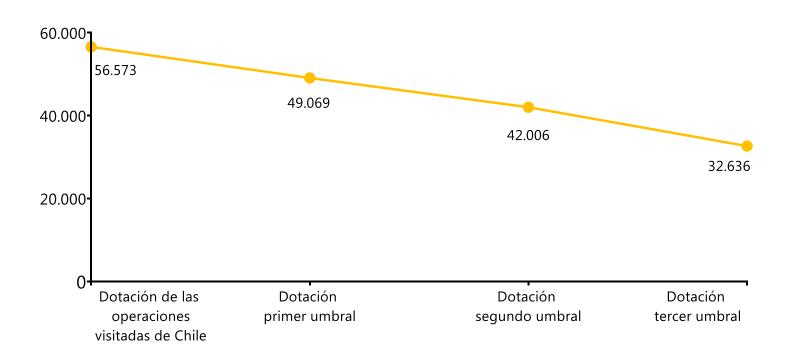
Producción de Cu fino de operaciones visitadas de Chile, 2015 (kton)

Total de dotación para operaciones visitadas (FTE)



### ...u operar las faenas existentes con una dotación menor...

Total de dotación para operaciones visitadas de Chile, 2015 (FTE)



<sup>(1)</sup> Basado en una operación de 300 kton de Cu fino al año Fuente: Análisis MatrixConsulting

### ... lo que permitiría cubrir la cartera de nuevos proyectos al 2025

Nombre proyecto	Producción estimada (kton Cu/año)	Año de puesta en marcha	Factibilidad del proyecto	
Santo Domingo	100	2018	Probable	
RT Sulfuros Fase II	200	2019	Posible	
Sierra Gorda Expansión	150	2019	Probable	
El Morro	124	2020	Potencial	
El Abra Mill	150	2021	Potencial	
Nuevo Nivel mina	137	2021	Base	Ε
Quebrada Blanca Expansión	196	2021	Probable	=
Cerro Casale	120	2022	Potencial	
Relincho	198	2023	Potencial	
Expansión Zaldívar	129	2025	Posible	
TOTAL	1.504			

El aumento de producción potencial está en línea con los nuevos proyectos en la cartera de los próximos 10 años

# A futuro, la productividad dependerá de qué tan rápido nos ajustamos a nuevos roles operacionales y tecnologías

#### 1 Mecanización

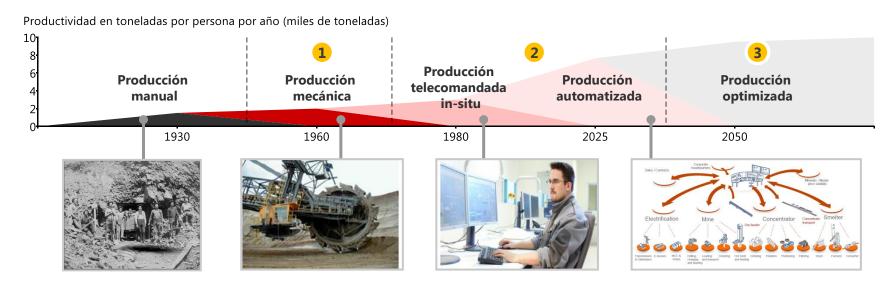
- Estandarización de procesos
- Cambios relevantes en capacidades productivas
- Operación de equipos aun requiere de participación de humanos

### **Telecomando**Automatización

- Modelamiento y planificación integradas para una mayor calidad
- Mayor visibilidad de las etapas de la cadena de valor
- Información más detallada proveniente de los equipos y planta habilitadora de minería telecomandada

#### 3 Optimización

- Mayor nivel de automatización guiada por menor mano de obra y minería telecomandada
- Limitación de cuellos de botellas por la adopción de un proceso más continuo
- Altos niveles de visibilidad a lo largo de la cadena de valor y entre operaciones







#### **Matrix**Consulting

**CONFIDENCIAL** 

### Estudio de productividad en la gran minería del cobre

Benchmark de indicadores de productividad