



IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS en las Competencias Requeridas por la Industria Minera

Una iniciativa de:



Con la asesoría experta de:



El presente informe es un producto del Consejo de Competencias Mineras, una iniciativa del Consejo Minero que cuenta con la asesoría experta de Fundación Chile.

Equipo Consejo Minero

Sofía Moreno C., Gerente CCM, Comisiones y Asuntos Internacionales

José Tomás Morel L., Gerente de Estudios

Equipo Fundación Chile

Hernán Aráneda D., Gerente Centro de Desarrollo Humano

Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera

Philip Wood V., Director Capital Humano y Productividad

Edición, diseño y diagramación

Alder Comunicaciones

Todos los derechos reservados. Queda autorizada su reproducción y distribución citando a la fuente.

Santiago, abril de 2018



IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS
en las Competencias Requeridas por la Industria Minera



LA RUTA DE LA DIGITALIZACIÓN Y SU IMPACTO EN LA MINERÍA

Desde el siglo XIX, las cuatro etapas de la Revolución Industrial han cambiado las estructuras de la producción y del trabajo.

Primer telar mecánico, 1784.



1º

Se incorporan equipos de producción mecánicos impulsados por agua y energía a vapor.

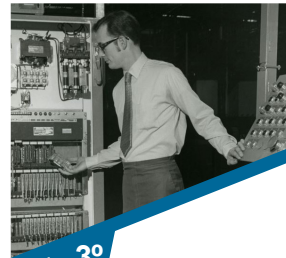
Está marcada por lo que se denomina producción en masa. Se comienza con la división de tareas y el uso de energía eléctrica.



Primera cinta transportadora, 1870.

2º

Primer controlador lógico programable, 1969.



3º

Comienza el importante uso de electrónica e informática (IT) para promover la producción automatizada.

La última gran revolución está marcada por el uso de sistemas Físicos Cibernéticos, Inteligencia Artificial, Internet de las Cosas y Big Data, para la optimización de los procesos.

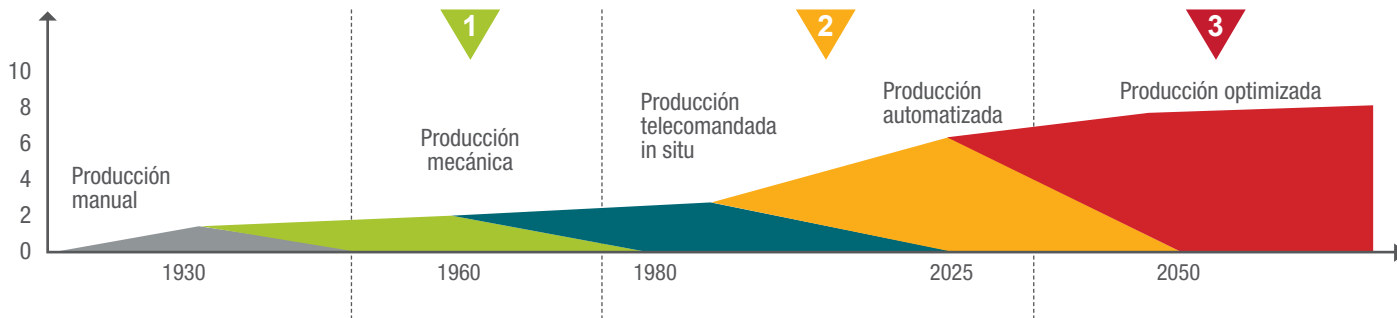


4º

1800 ▶ 1900 ▶ 2000 ▶ HOY

En minería, los últimos 50 años han estado marcados por el avance tecnológico, pasando de la mecanización en los años 60, al actual proceso de incorporación de Teleoperación y Automatización. A través de la incorporación de estas tecnologías se proyecta que la industria alcanzará un alto nivel de optimización.

Productividad anual por persona (en miles de toneladas)



1

MECANIZACIÓN

- Estandarización de procesos.
- Cambios relevantes en capacidades productivas.
- Operación de equipos, requiere de participación de personas.

2

TELECOMANDO

AUTOMATIZACIÓN

- Modelamiento y planificación integradas para una mayor calidad.
- Toma de decisiones basada en datos integrados de los procesos productivos (visibilidad).
- Información detallada proveniente de los equipos y planta habilitadora de minería telecomandada.

3

OPTIMIZACIÓN

- Mayor nivel de Automatización y minería telecomandada.
- Limitación de cuellos de botella por la adopción de un proceso más continuo.
- Altos niveles de visibilidad a lo largo de la cadena de valor y entre operaciones.
- Operación de procesos integrados (interoperabilidad).

PROPÓSITO DEL ESTUDIO

Este estudio busca dimensionar la transformación del trabajo que requiere la minería para ser parte de la Cuarta Revolución Industrial.

Su alcance se define a través del Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM) del Consejo de Competencias Mineras, que identifica cuáles son los principales procesos realizados en las labores mineras.

Para evaluar el impacto de la tecnología en las habilidades requeridas en cada uno de estos procesos, se analizaron dos escenarios:

EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA MEDIANO PLAZO

- ▶ La Teleoperación, Automatización y Digitalización han impactado en la oferta de equipos disponibles para la minería.
- ▶ Estas tecnologías permiten procesos mineros más productivos, seguros y sustentables.
- ▶ En este nuevo entorno tecnológico, se requiere capital humano con competencias distintas.
- ▶ A partir del análisis de la Evolución Tecnológica se identifican las competencias que se mantienen, las que se modifican y las que emergen en el mediano plazo, para orientar la oferta formativa hacia los nuevos desafíos.

TRANSFORMACIÓN DIGITAL LARGO PLAZO

- ▶ El análisis del impacto de la Transformación Digital en las funciones productivas permite elaborar un escenario de máximo potencial de cambio.
- ▶ Este potencial de cambio se establece de acuerdo a la naturaleza de la función productiva (rutinaria - no rutinaria, manual - cognitiva).
- ▶ El mayor potencial de Automatización o Digitalización se presenta en aquellas funciones con algún componente rutinario.
- ▶ A partir de este análisis teórico, se busca identificar las tendencias de largo plazo en la transformación de las funciones productivas.

Se consideraron tres procesos, que incluyen subprocesos, perfiles y competencias del Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM).

EXTRACCIÓN



1. Extracción rajo
2. Extracción subterránea
3. Tronadura



32 PERFILES



112 COMPETENCIAS

PROCESAMIENTO



1. Procesamiento de óxido de cobre: hidrometalurgia (LX-SX-EW)
2. Procesamiento de sulfuros de cobre: proceso de concentrado
3. Proceso de fundición
4. Proceso de refinación electrolítica



34 PERFILES



116 COMPETENCIAS

MANTENIMIENTO



1. Mantenimiento mecánico
2. Mantenimiento eléctrico - instrumentista



25 PERFILES



83 COMPETENCIAS

Alcance del Estudio:

3

PROCESOS

QUE CONTIENEN

9

SUBPROCESOS

QUE INCLUYEN

76



PERFILES

OCUPACIONALES Y

265

COMPETENCIAS / UCL*

*UCL: Unidad Competencia Laboral



EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN LOS PROCESOS MINEROS: Mediano plazo

La tendencia indica que las competencias de la industria cambiarán, yendo de una operación manual o teleoperada a una automatizada.

Las empresas mineras han ido incorporando de manera paulatina los cambios y/o soluciones tecnológicas disponibles en el mercado.

TECNOLOGÍAS PRESENTES HOY:



OPERACIÓN MANUAL

El operador está sentado en la máquina y manualmente desarrolla la operación.



TELEOPERACIÓN

Máquinas controladas por operador a distancia, gracias al uso de cámaras, sensores y otro tipo de software.



OPERACIÓN AUTÓNOMA

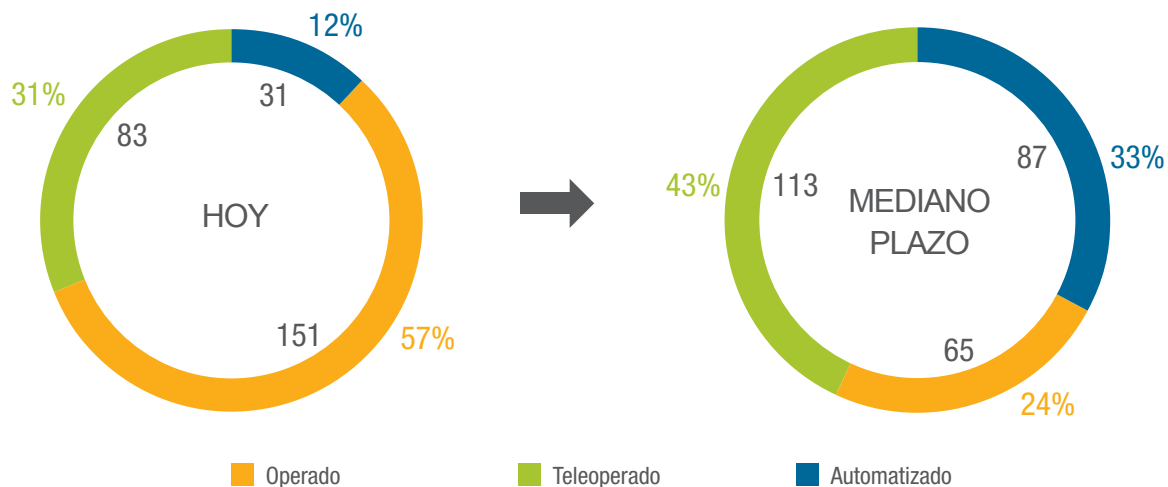
La máquina hace todas las tareas por sí misma. El operador está presente para dar comandos de alto nivel.



A partir del MCM, que define el requerimiento actual de competencias del sector, y del catastro de tecnologías disponibles, se establecen los nuevos requerimientos de competencias de la industria.

Evolución de requerimientos de competencias a mediano plazo:

- 1 Aumento de 43% a un 76% en competencias asociadas a la Automatización y Teleoperación.
- 2 Incremento de un 36% (de 83 a 113) de competencias asociadas al nivel tecnológico Teleoperado.
- 3 Incremento de un 180% (de 31 a 87) de competencias asociadas al nivel tecnológico Automatizado.
- 4 Disminución de funciones Operadas en torno al 57% (de 151 a 65 competencias).

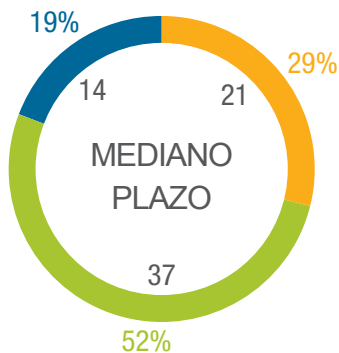
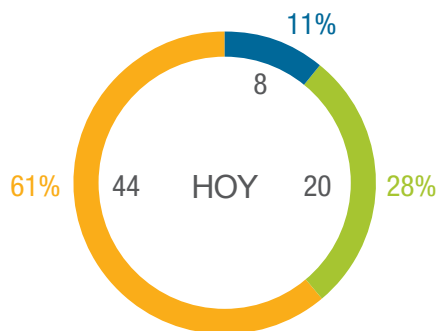


*Unidad de análisis: Unidad de Competencia Laboral (UCL).

EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN LOS PROCESOS MINEROS: Mediano plazo

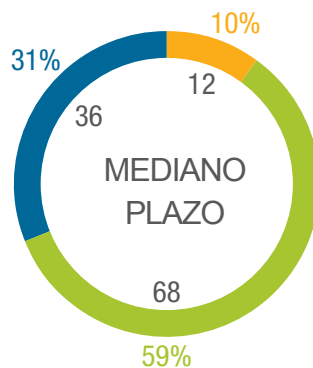
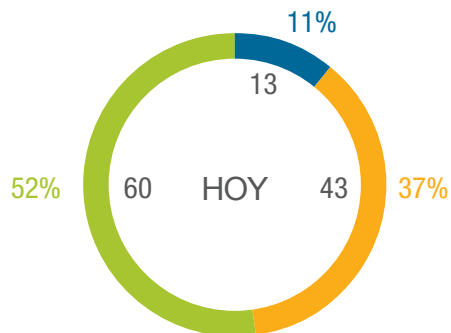
EXTRACCIÓN

Total: 72 competencias



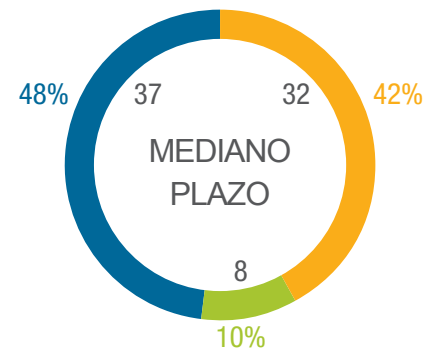
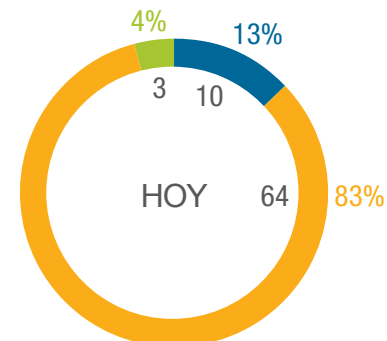
PROCESAMIENTO

Total: 116 competencias



MANTENIMIENTO

Total: 77 competencias



Operado

Teleoperado

Automatizado

Si bien la Evolución Tecnológica podría ser más radical, aproximadamente un tercio de las competencias sufrirán cambios en el mediano plazo.

- ▶ **En Extracción, las competencias Teleoperadas aumentarán en un 85% (de 20 a 37 competencias).**
- ▶ **En Procesamiento y Mantenimiento el mayor impacto es el cambio hacia la Automatización.**

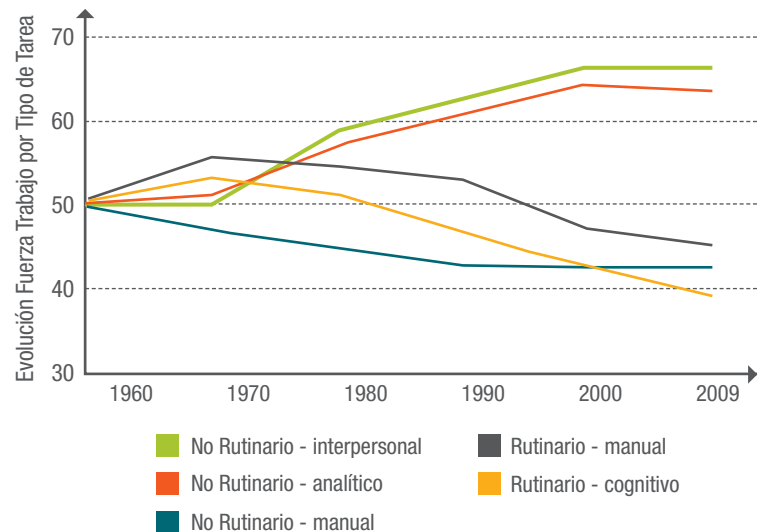


EL POSIBLE IMPACTO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL: Largo plazo

Con el avance de la tecnología, aumentan las posiciones que realizan tareas no-rutinarias (cognitivas e interpersonales), mientras disminuyen las tareas rutinarias (manuales o cognitivas). (Autor y Price, 2013)



**Fuerza Laboral en la economía de Estados Unidos
1960-2009** (todos los estamentos educacionales)



Adaptado de: D.H. & Price, B (2013, June). The changing task composition of the U.S labor market: An update of Autor, Levy & Murnane (2003). Disponible en: <http://economics.mit.edu/files/9758>.

Considerando la naturaleza de las funciones, se diagnostica el potencial de cambio a partir del proceso de Transformación Digital de acuerdo al tipo de actividad.

MANUAL

Actividad que requiere acción física y directa del trabajador (ej. trabajo en línea de producción).

NO RUTINARIO

Requieren cambios de ritmo de trabajo (ej. tarea de producción especializada).

CAMBIAN POR TECNOLOGÍA

Requieren de **habilidades de adaptación situacional**, asociadas a procesos y actividades que son parte de un flujo de trabajo que considera la toma de decisiones constante y a distancia. Un ejemplo es la **Teleoperación**.



COGNITIVO

Actividad que requiere resolución de problemas, intuición, persuasión, y creatividad. (ej. supervisión, monitoreo de procesos).

UCL SE MANTIENEN

Resolución de problemas, intuición y coordinación, basadas en el desarrollo de un **pensamiento analítico**, pueden ser complementados por el uso de computadores, pero no podrían ser reemplazados hoy bajo este modelo.



RUTINARIO

Actividad repetitiva, bajo procedimientos exactos (ej. operar camión).

AUTOMATIZACIÓN

Responden a competencias asociadas a la **producción** y al **monitoreo** en procesos descritos y definidos previamente que requieren de un **esfuerzo físico**. Las UCL se reemplazan.



MAYOR POTENCIAL DE DIGITALIZACIÓN

Se relacionan con variables que impactan en un resultado, cuyo algoritmo puede ser identificado y replicado. Son **actividades definidas y repetitivas**, pero que requieren de un **esfuerzo cognitivo** en su determinación.



EL POSIBLE IMPACTO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL: Largo plazo

Impacto de la Transformación Digital en las competencias

De un total de 265 competencias analizadas, los resultados son:

80%

tiene un potencial de cambio a futuro.

40%

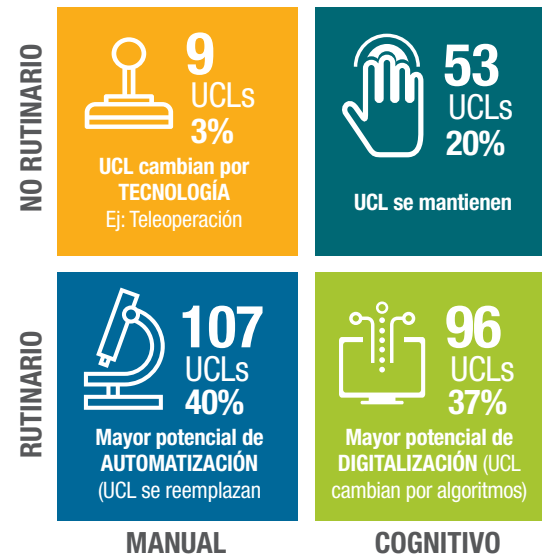
presenta un mayor potencial de Automatización.

40%

deberían sufrir ajustes (3% + 37%).

20%

no debieran sufrir cambios.



▶ Con el uso de Big Data, las empresas mineras podrían aumentar la confiabilidad de sus máquinas, mejorar la eficiencia de las operaciones comerciales y reducir considerablemente sus costos.

El impacto de la Transformación Digital ofrece a la minería una gran oportunidad para continuar mejorando su seguridad, productividad, sustentabilidad y diversidad . Para esto, la industria enfrenta el desafío de preparar a su capital humano para la optimización de procesos y nuevas competencias.

- 1 Extracción y Procesamiento de Cobre presentan el mayor potencial de Digitalización (incorporación de algoritmos que facilitan la función productiva).
- 2 Mantenimiento presenta el mayor potencial de Automatización.
- 3 Procesamiento de Cobre es donde se mantienen mayormente las competencias asociadas a la gestión y supervisión.



INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL: Del mediano al largo plazo



**OPERACIÓN
MANUAL**



TELEOPERACIÓN



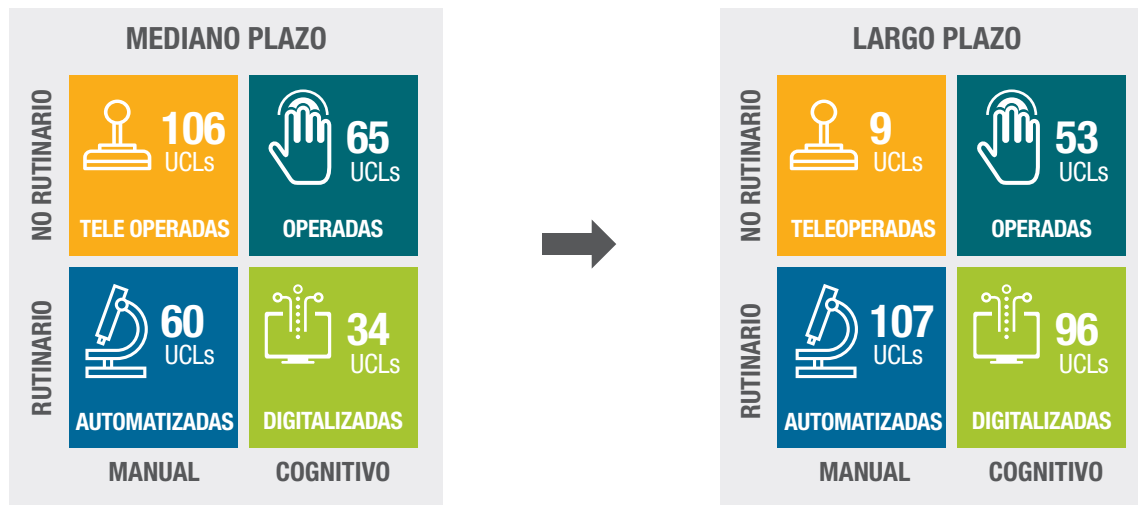
**OPERACIÓN
AUTÓNOMA**

En la Evolución Tecnológica se identifican tres pasos que guiarán la transformación en la minería. Lo manual pasará a Teleoperado, y posteriormente alcanzará la Automatización.

El máximo potencial -teórico- de cambio de las competencias en la Minería, se produce por el proceso de Transformación Digital, donde predominan las competencias que se automatizarán o digitalizarán.

En el largo plazo, todas las competencias con algún componente rutinario se verán impactadas por la introducción de la Automatización.

Big Data, camiones autónomos y la Automatización de procesos a través de Centros Integrados de Operación son algunos cambios que ya se están implementando en la industria minera en Chile. Queda por desarrollar de manera más profunda el Internet de las Cosas y la Fabricación Aditiva (impresión 3D).



El proceso de avance en el nivel tecnológico y Transformación Digital, dependerá de las condiciones de explotación de cada operación productiva, sus características geológicas, horizonte de explotación, prioridades de inversión, etc., por lo que se espera una evolución no homogénea, donde coexistirán los diferentes escenarios tecnológicos. Esto implica que toda estrategia de desarrollo de capital humano debe considerar disponer de una fuerza laboral capaz de adaptarse a diversos escenarios tecnológicos.

CONCLUSIONES DEL IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA EN LA MINERÍA

Al 2017, el proceso con mayor cantidad de operación manual es el de Mantenimiento. En Procesamiento de Cobre, la Teleoperación ya está integrada.

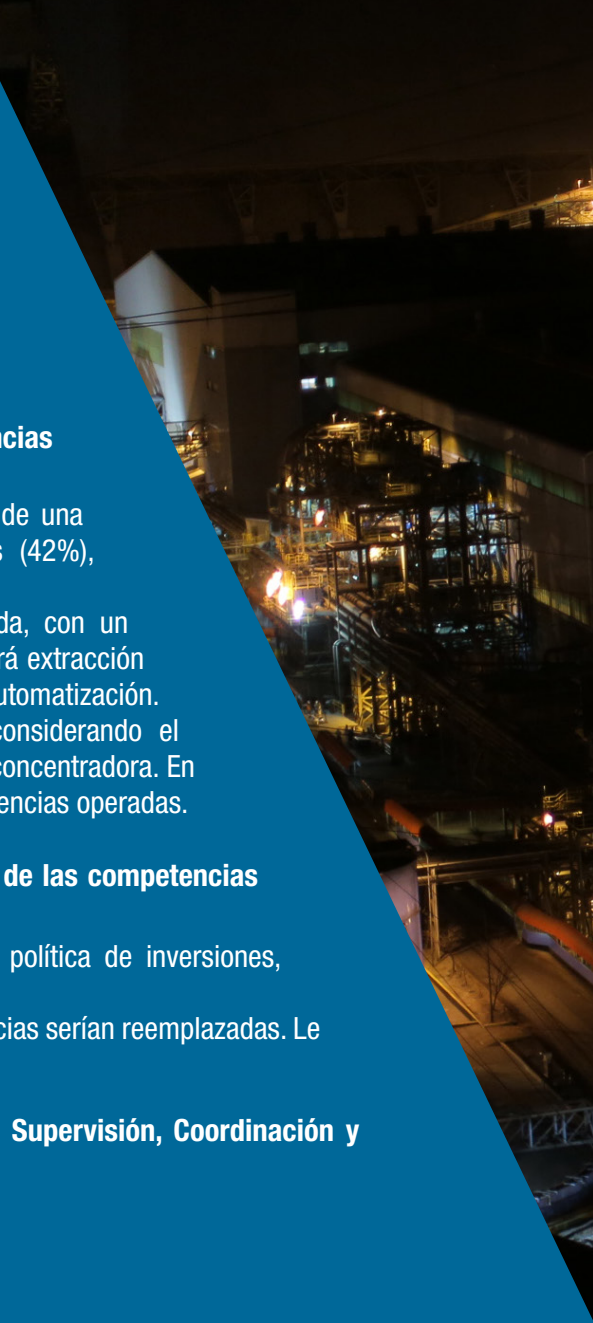
A mediano plazo (Evolución Tecnológica) se estima que se requerirán 86 nuevas competencias (32% de crecimiento del MCM).

- Mantenimiento estará expuesto a un mayor impacto, donde se prevé un cambio de una operación manual a una Automatizada, considerando 32 nuevas competencias (42%), especialmente las orientadas a los subprocesos eléctrico e instrumentista.
- Extracción pasará de una operación manual a una mayoritariamente Teleoperada, con un requerimiento de 23 nuevas competencias (32%). El subproceso más impactado será extracción rajo. Cabe señalar que en el subproceso de tronadura es donde más aumentaría la Automatización.
- En Procesamiento de Cobre se prevé un incremento en la Automatización, considerando el requerimiento de 31 nuevas competencias (27%), con énfasis en el subproceso de concentradora. En el subproceso de hidrometalurgia se verá una disminución importante de las competencias operadas.

El máximo potencial tecnológico (Transformación Digital) permite prever que el 80% de las competencias consideran un cambio.

- Llegar al máximo potencial de cambio (Transformación Digital) dependerá de la política de inversiones, estrategia y de las condiciones de cada una de las faenas mineras.
- El proceso de Mantenimiento será el más impactado, ya que el 48% de las competencias serían reemplazadas. Le sigue el de Extracción, con un 43%.

Las competencias que tenderán a mantenerse son las relacionadas a funciones de Supervisión, Coordinación y Control en los distintos procesos.





Empresas participantes del CCM



Para ver el estudio completo visite
www.ccm.cl