

Juan Herrera Herbert

Características de la industria minera y modelos de desarrollo y competitividad

Madrid - 2022



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Escuela Técnica Superior
de Ingenieros de Minas y Energía

www.minasyenergia.upm.es



Características de la industria minera y modelos de desarrollo y competitividad (LM1B1T3)

Autor: Juan Herrera Herbert (juan.herrera@upm.es).

ADVERTENCIA

El presente documento ha sido preparado con una finalidad exclusivamente divulgativa y docente. Las referencias a productos, marcas, fabricantes y estándares que pueden aparecer en el texto, se enmarcan en esa finalidad y no tienen ningún propósito comercial.

Todas las ideas que aquí se desarrollan tienen un carácter general y formativo y el ámbito de utilización se circunscribe exclusivamente a la formación de los estudiantes de la UPM. La respuesta ante un caso particular requerirá siempre de un análisis específico para poder dictaminar la idoneidad de la solución y los riesgos afrontados en cada caso, además de las incidencias en los costes de explotación. Consulte siempre a su ingeniería, consultor, distribuidor y fabricante de confianza en cada caso.

Foto de portada: <https://aclima.eus/>

Copyright © 2023. Todos los derechos reservados

DC: <https://oa.upm.es/82053/>

OAI: [oai:oa.upm.es:82053](https://oa.upm.es/82053/)



Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Ingeniería Geológica y Minera
Laboratorio de Tecnologías Mineras

Calle Ríos Rosas 21
28003 Madrid (España)



Este documento ha sido formateado para su visualización y uso en dispositivos electrónicos y permitir ahorrar en el consumo de papel y tóner.
Antes de imprimirlo, piense si es necesario hacerlo.

El mundo en el que vivimos está cambiando

El crecimiento de la población, la descarbonización, la digitalización, la diversificación y la implantación de la circularización, están alterando los modelos mineros y creando nuevas oportunidades.



Crecimiento
de la
población

Descarboniza-
cion

Digitaliza-
ción

Diversificación

Circularización

Now

2030

2040

2050

Esto significa que la minería en el futuro será muy diferente a la actual.

La minería de hoy es radicalmente distinta a como era esta actividad hace apenas dos o tres décadas.

**No se trata solo de la tecnología.
Se trata de cambiar la forma en la que las minas operan y desarrollan su negocio.**

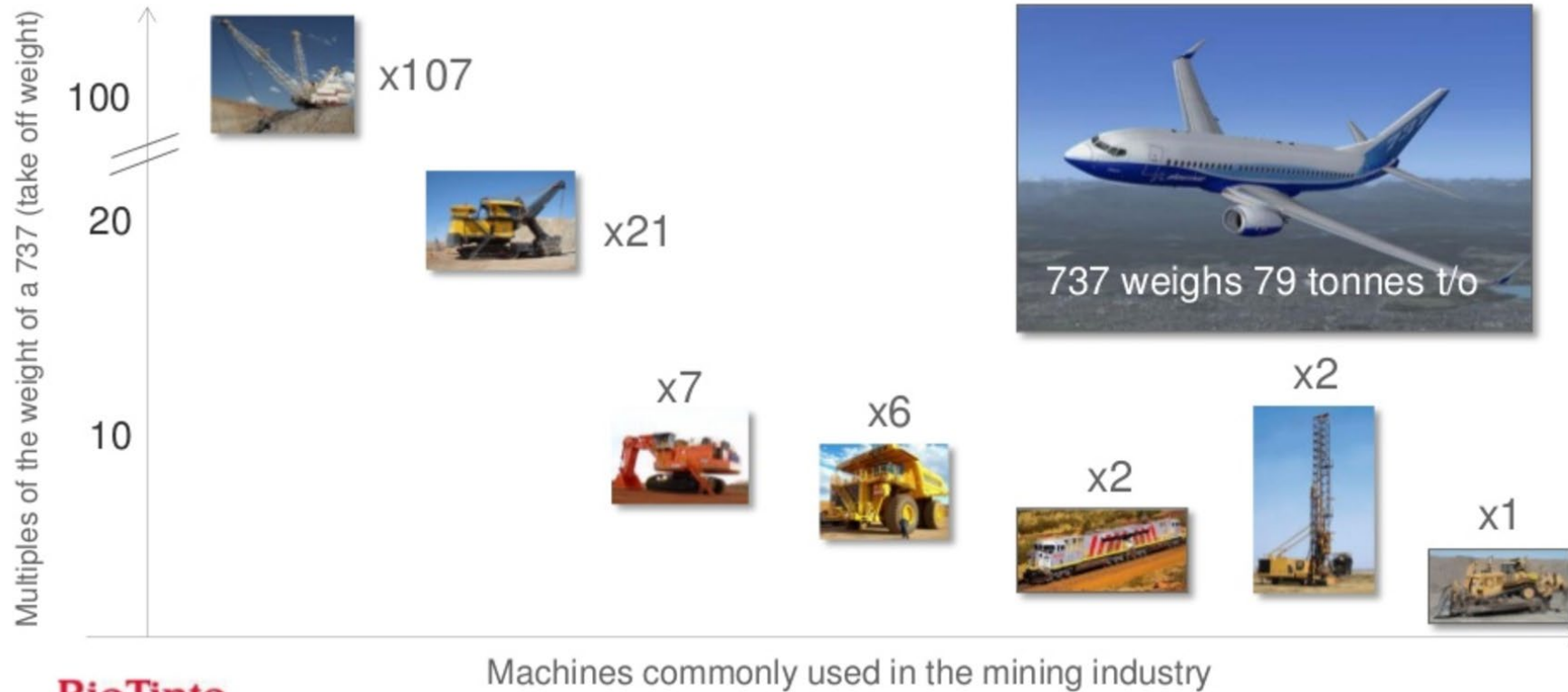
Características diferenciadoras de la minería frente a otros sectores

- Carácter Multidisciplinar e Interdependiente
- El continuo desarrollo y la innovación
- La diversidad de métodos y sistemas
- La maquinaria minera tan característica



Particularidades del negocio minero

Thinking model - the 737 index



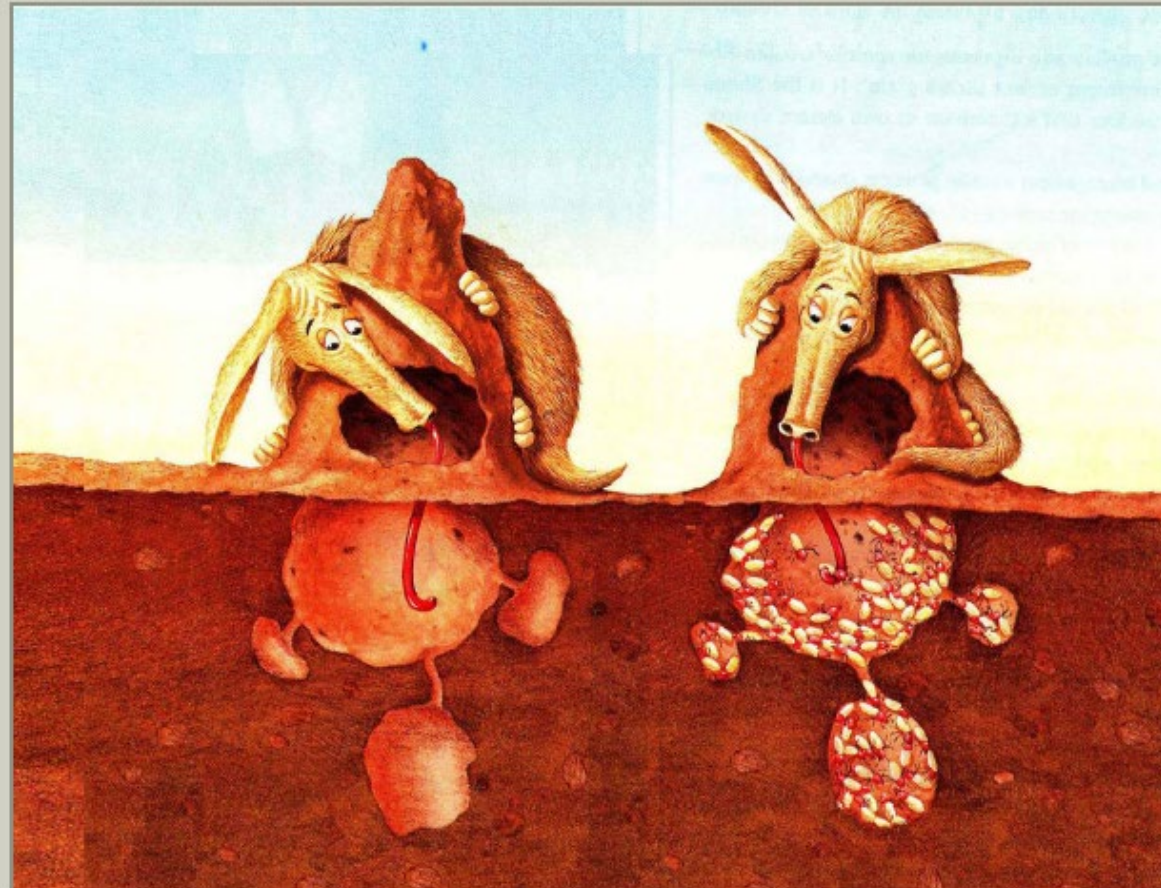
RioTinto
Mine of the Future™

© Rio Tinto Confidential Information

Factores que diferencian el negocio minero de cualquier otra actividad industrial

- La no renovabilidad de los recursos y yacimientos.
- La heterogeneidad de las leyes en su distribución espacial dentro de los yacimientos.
- Las fuertes inversiones de capital inicial.
- Los largos períodos de retorno.
- La incertidumbre de los parámetros geológicos y técnicos.
- Las fluctuaciones de los precios a lo largo del período operativo de las minas.
- La dispersión geográfica.
- La demanda del producto.

Location, Location, Location



Diggers & Dealers

Page 5 8 August 2006

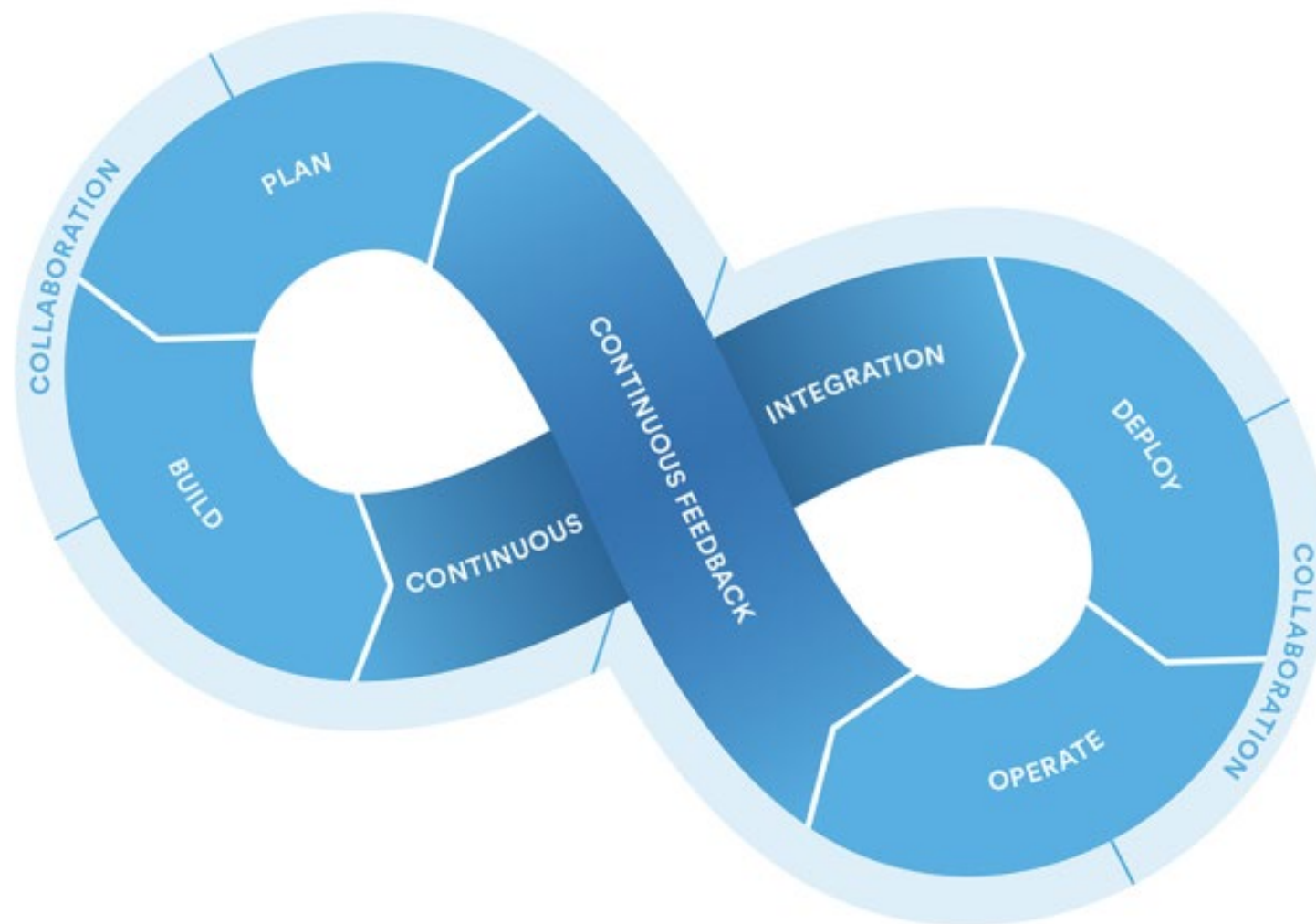
Nuevos desafíos y problemáticas

A los anteriores aspectos, hay que sumar la aparición de factores externos que suponen nuevos desafíos que afrontar y nuevas problemáticas que resolver:

- Alza de los costes de producción.
- Crisis energética.
- Falta de recursos hídricos.
- Judicialización de proyectos, particularmente por cuestiones ambientales.
- Conflictos sociales.
- Capital humano y falta de personal cualificado.
- Coste de la integración tecnológica y ciclos de vida de la tecnología
- Mercados de capitales.
- Otros.



La innovación se desarrolla
en un ciclo de mejora
continua



Tendencias y líneas de desarrollo

- ❑ La evolución seguida por el sector de la minería en las últimas décadas solo puede calificarse de extraordinaria.
- ❑ No obstante, la minería se ha visto afectada por el Síndrome NIMBY (NOT IN MY BACKYARD) en los países desarrollados.
 - La minería sigue siendo asociada a una fuerte degradación ambiental y a la “depredación” de recursos naturales.
 - Aún con la modificación de muchos de tales comportamientos, se asocia la minería a una imagen totalmente negativa por razones históricas.

No obstante lo anterior,

- ❑ La minería es hoy, además, una **cuestión de Estado**.
- ❑ Todos los estudios demuestran la **absoluta necesidad de garantizar la producción y abastecimiento de minerales** y como **cualquier incremento en el nivel de vida y la consecución de los objetivos de descarbonización y digitalización de las economías, pasan por incrementar el consumo de minerales**.

Tendencias y líneas de desarrollo

- ❑ A pesar de todas estas perspectivas de crecimiento, la empresas y corporaciones mineras van perdiendo importancia.
- ❑ Las empresas están afrontando la aceleración en los cambios.
- ❑ Las estrategias empresariales planifican “el cambio por y para el cambio”
- ❑ Actualmente existen las tecnologías y las prácticas necesarias para aminorar el potencial impacto de las operaciones mineras a niveles aceptables por la sociedad.
- ❑ **La minería es una actividad que muy difícilmente puede trasladarse por el carácter determinante que tiene la localización de los yacimientos.**



Clave actual: REFUNDACIÓN

- La actividad extractiva de recursos minerales:
 - Afrontará un crecimiento muy significativo de la demanda de materias primas debido a:
 - El aumento de la población y del ingreso real per cápita,
 - Las inversiones en la lucha contra el cambio climático y el cambio del modelo energético y económico
 - La digitalización de las economías y el desarrollo de las nuevas tecnologías
 - El ritmo de crecimiento en la demanda de materias primas podría verse en parte atenuado como consecuencia de:
 - Una mayor eficiencia en el uso de los minerales como producto de las nuevas tecnologías
 - Una mayor supervisión de los minerales en uso, así como con la sustitución por otros materiales.
 - El desarrollo de formas efectivas de recuperación de recursos secundarios
- Es importante recordar también que esos mismos avances crearon en su día nuevos usos para los minerales tradicionales.

Factores que gobiernan la evolución que está siguiendo la industria minera

- Globalización de las economías de mercado.
- Desarrollo total de la "Economía del Conocimiento" (Knowledge Economy).
- Plena integración de la sostenibilidad como estrategia empresarial.
- Desarrollo tecnológico de nuevas técnicas y métodos (industria 5.0).
- La lucha contra el cambio climático.





POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE MINAS Y ENERGÍA

Mining Technology Innovative Lab

Opening minds, creating opportunities



Globalización de las economías de mercado

Globalización de las economías de mercado

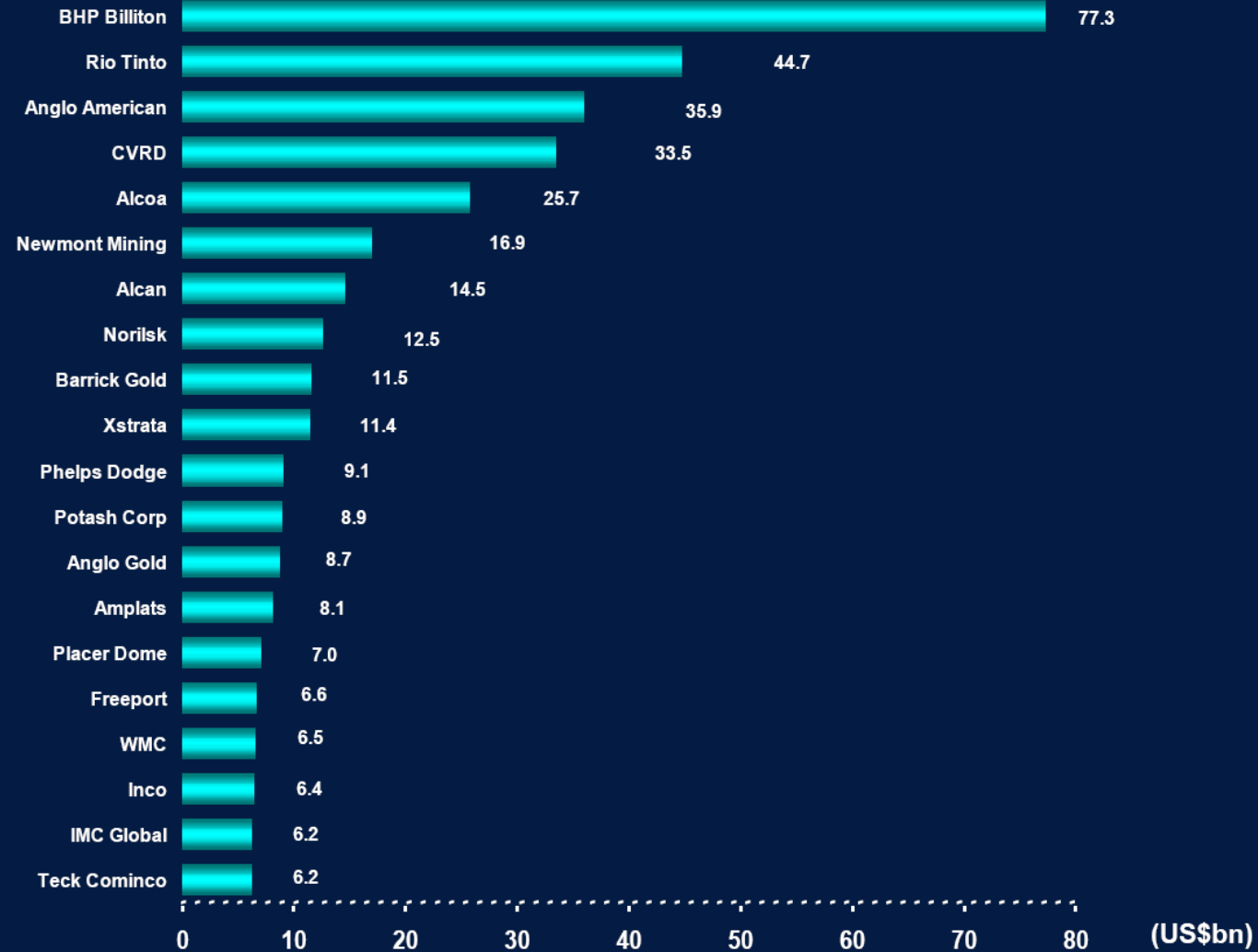
La globalización de los mercados supuso, muy rápidamente, un importante conjunto de cambios:

- Desplazamiento de EE.UU., Japón y Europa como principales zonas de importación y consumo de minerales, al tiempo que se produjo un importante desarrollo de las economías emergentes.
- Disminución de la importancia relativa de las empresas y corporaciones mineras en los mercados bursátiles y de capitales a pesar de los procesos de "consolidación".
- Reducción de la capacidad de capitalización de las compañías mineras en comparación con otros sectores industriales.
- Consolidación de los compradores y clientes en gigantescas multinacionales.

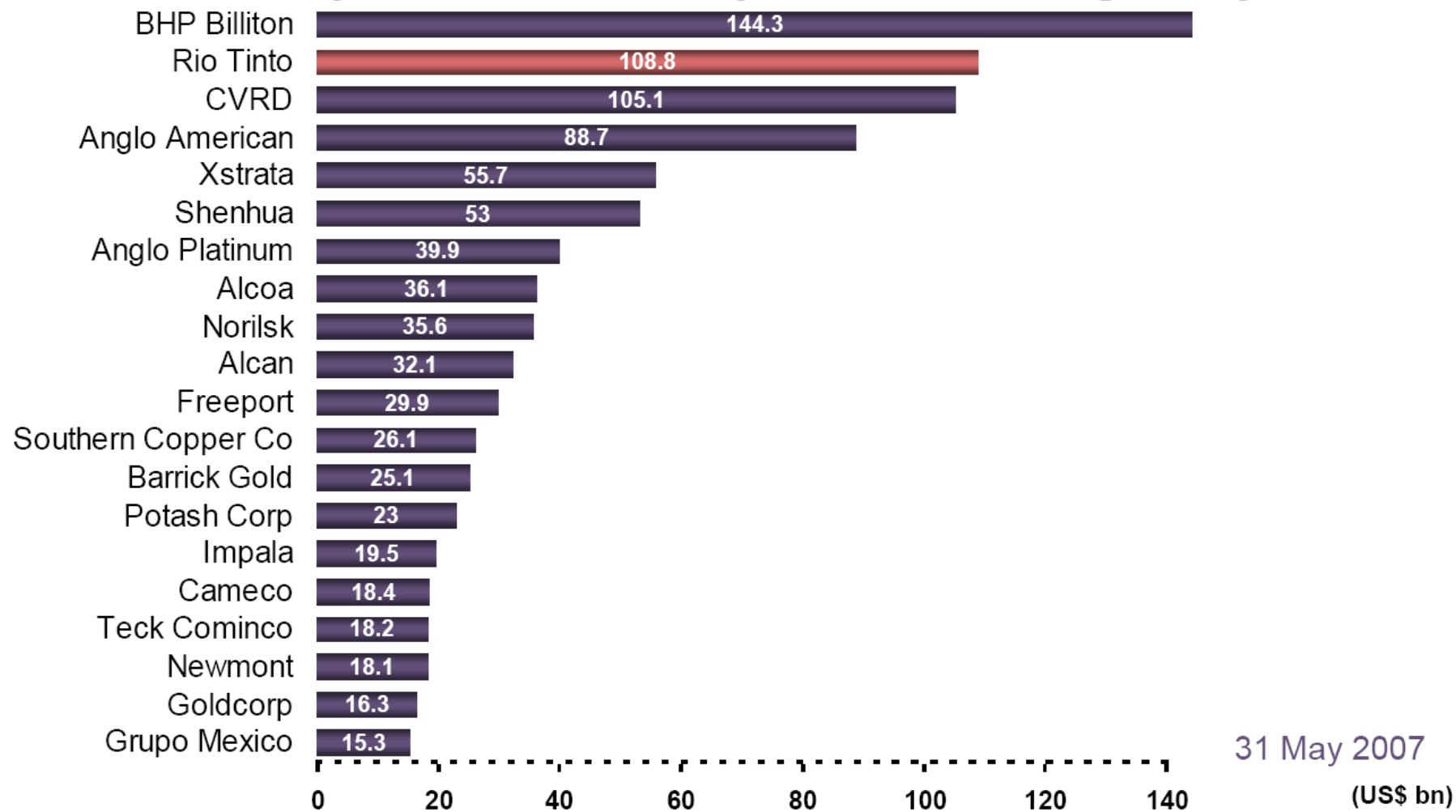
Consecuencias del desarrollo de los procesos de consolidación en el sector minero

- Las consecuencias del desarrollo de los procesos de consolidación son, entre otras, las siguientes:
 - Cinco grandes compañías mineras globales abordan el 60 % de la capacidad de capitalización de la totalidad de la industria.
 - Al mismo tiempo, el resto de la industria se está convirtiendo en “operadores de nicho” especializados en determinadas “commodities” o localizaciones.
 - Se ha producido el **desarrollo de nuevas culturas** corporativas, multiculturales y multiétnicas.
 - A lo largo de los últimos años, se ha producido una **reducción continuada en inversiones y gastos en exploración**.
 - **Escalonamiento de nuevos proyectos**, que se ponen en marcha en función de su impacto en actividades existentes.
 - **Reducción del número de operadores**.
 - **Desarrollo de la transparencia** y relaciones con la comunidad en una ventaja competitiva.

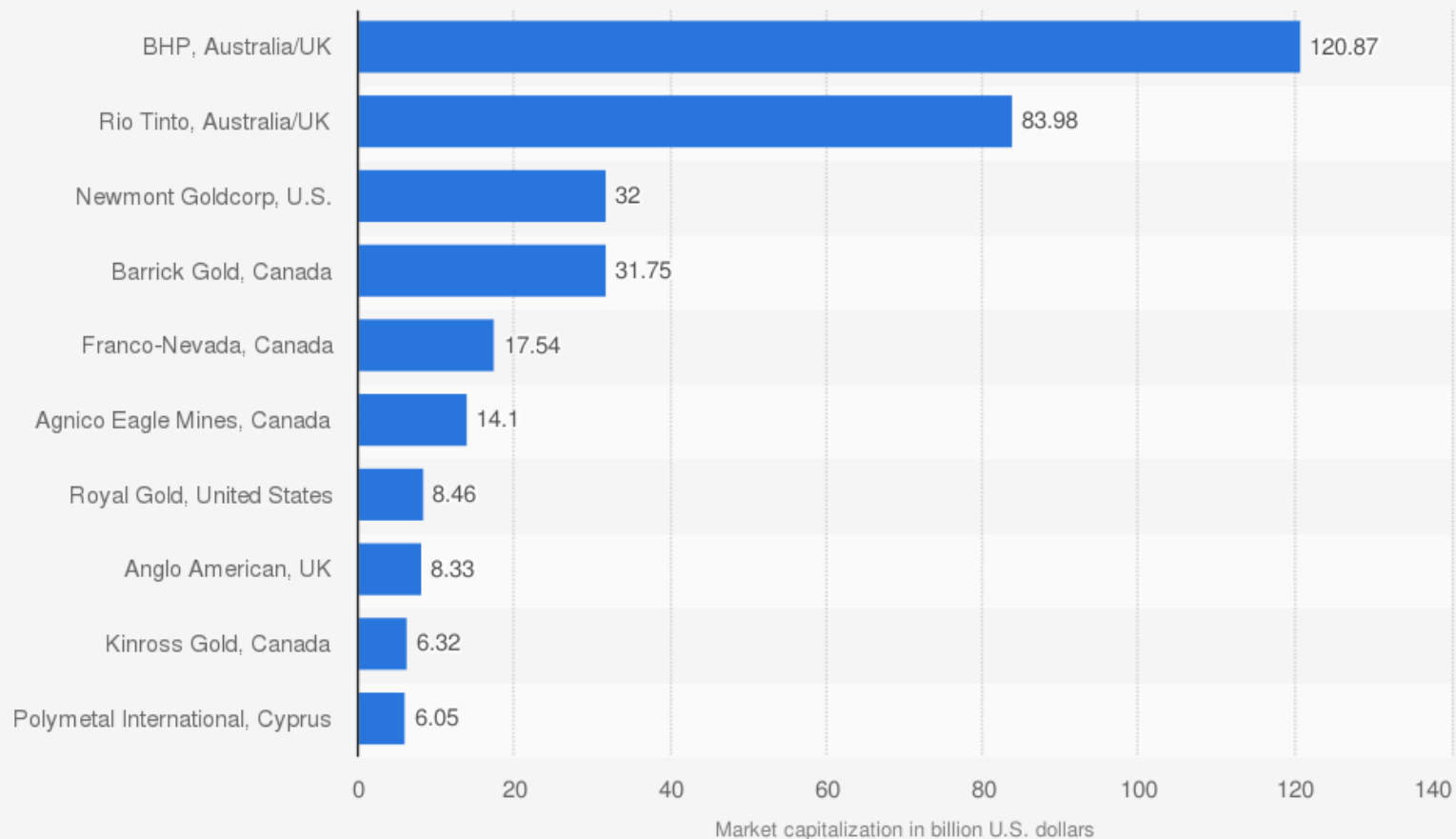
Capitalización en mercados de las principales compañías mineras internacionales (2005)



Market capitalisation of major listed mining companies



Leading mining companies worldwide based on market capitalization in 2019 (in billion U.S. dollars)



Sources

Thomson Reuters; Various sources (company data) © Statista 2019

Additional Information:

Worldwide; August 2019



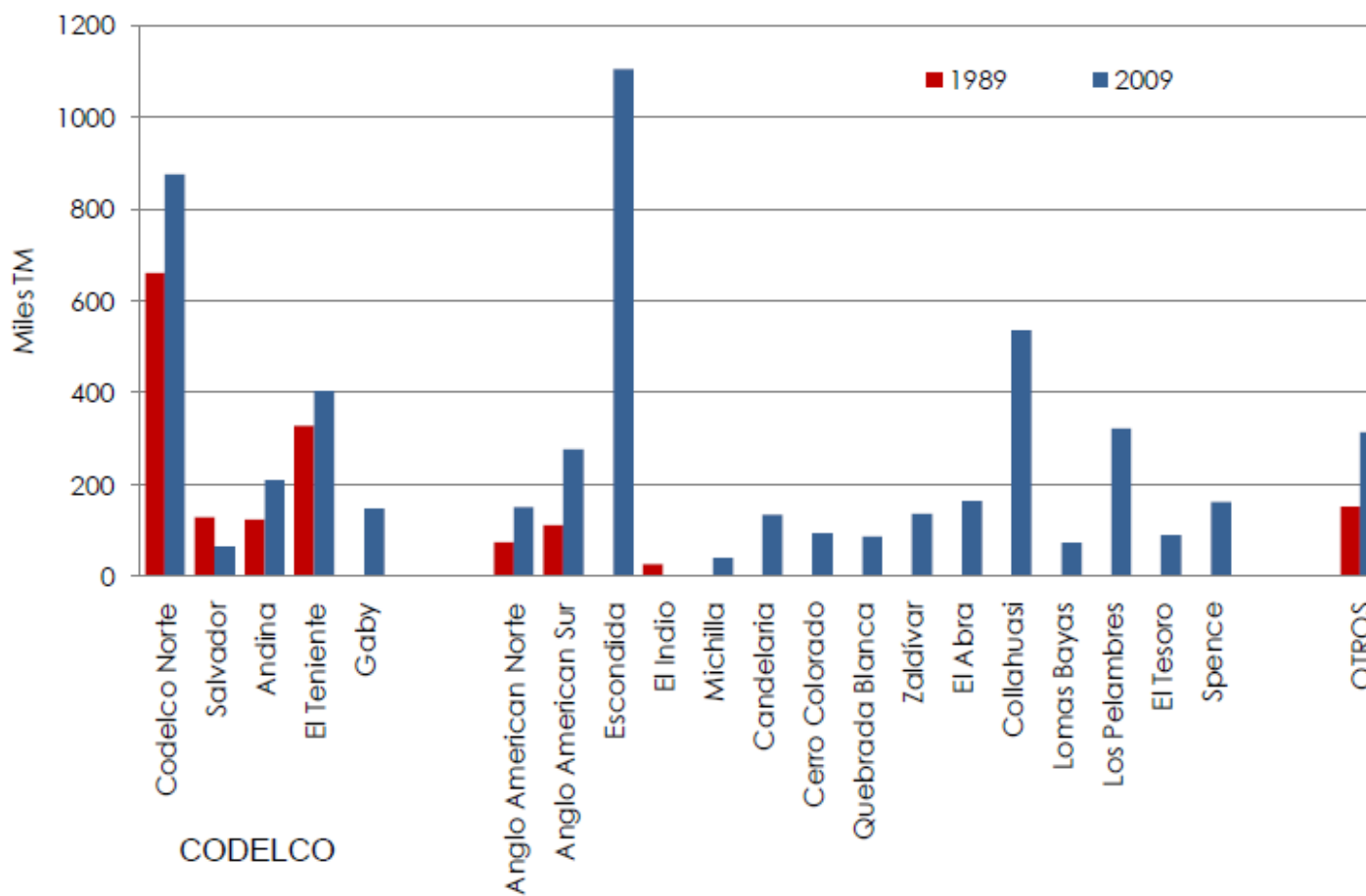
Market capitalisation of mining companies (2023)

<https://companiesmarketcap.com/mining/largest-mining-companies-by-market-cap/>



GOBIERNO DE
CHILE
COMISIÓN CHILENA DEL COBRE

PRINCIPALES MINAS DE COBRE EN CHILE





POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE MINAS Y ENERGÍA

Mining Technology Innovative Lab

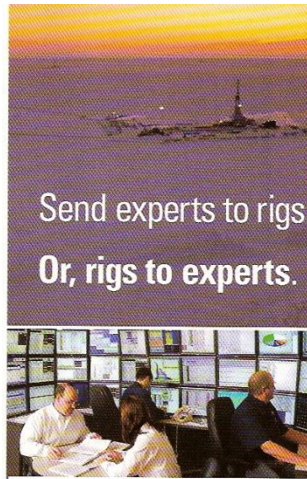
Opening minds, creating opportunities



Desarrollo total de la “Economía del Conocimiento”

Desarrollo de la economía basada en el conocimiento (Knowledge Economy)

- Es aquella en la que la **generación y explotación del conocimiento se ha convertido en una parte fundamental de la creación de riqueza.**
- En el caso concreto de la minería, una parte cada vez mayor del valor añadido del sector minero proviene de:
 - La aplicación del conocimiento a los recursos de la empresa.
 - Las inversiones de capital asociado.
 - Exigir una utilización y explotación más efectivas de todos los tipos de conocimiento en todas las facetas de la actividad.
 - La aplicación de un abanico cada vez más amplio de conocimientos de acuerdo al cambio de las demandas sociales.
 - Uso de procesos mutuamente reforzadores:
 - La revolución de las tecnologías de la información y comunicación.
 - El crecimiento de la competencia a escala global. Presiones competitivas. Cambio en la base de la competencia.
 - La aceleración de los avances científicos y tecnológicos.
 - Valorización de las capacidades no reproducibles.
 - Rediseño de las organizaciones.
 - El cambio en los modelos de demanda.



Send experts to rigs.
Or, rigs to experts.

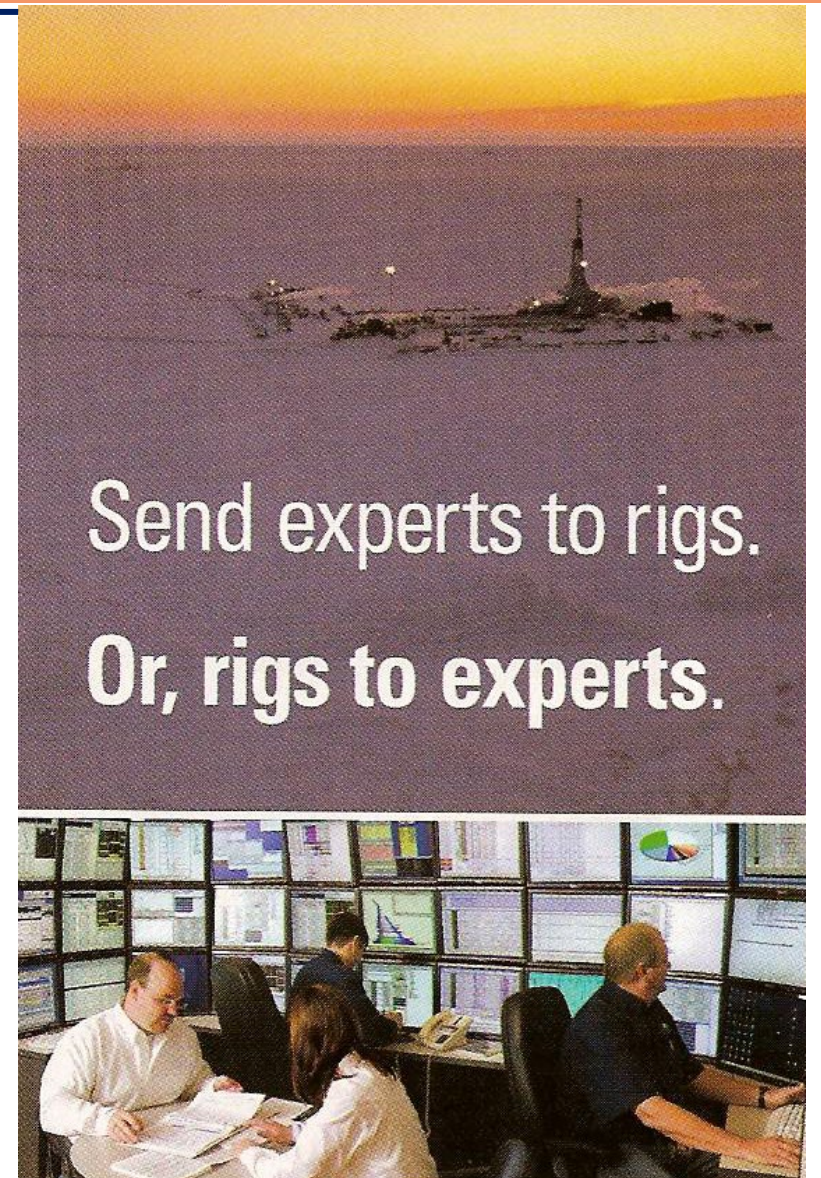
Operation Support Centers

Operation Support Centers connect rigs directly to drilling experts. With 24/7 access to a global network of expertise, your decision makers have the answers they need to optimize drilling performance at lower cost.

Run drilling operations from your office by day, let us cover through the night. Perhaps you only need a portable unit for single-well jobs. Wherever and whatever your OSC* needs are, the result is a flexible and scalable connection for your drilling experts to real-time drilling data, finely tuned processes, and high-performance software.

A Gulf of Mexico operator was able to eliminate a casing string and save USD 1.7 million through real-time pore pressure collaboration in an Operation Support Center. Watch www.slb.com/realtimedrilling for more Operation Support Center success stories.

www.slb.com/realtimedrilling



Send experts to rigs.
Or, rigs to experts.



El Equipo Colibruasi

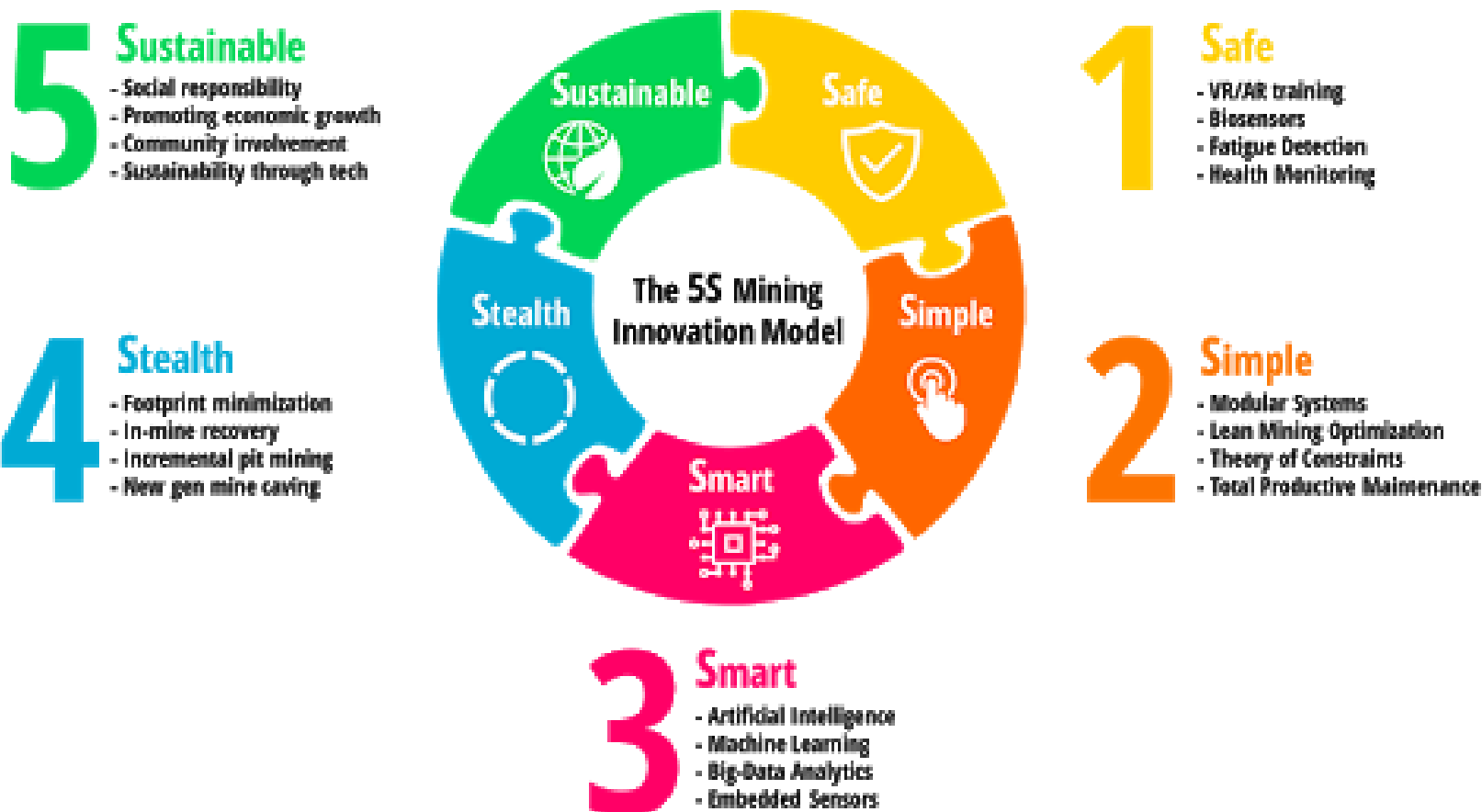






Plena integración de la sostenibilidad como estrategia empresarial

And now?





POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE MINAS Y ENERGÍA

Mining Technology Innovative Lab

Opening minds, creating opportunities



La transición tecnológica hacia la Industria 5.0

Cual es nuestro grado actual de desarrollo ?

“El primer paso ya fue logrado” - en el avance de la automatización de las minas y en los procesos de control en tiempo real

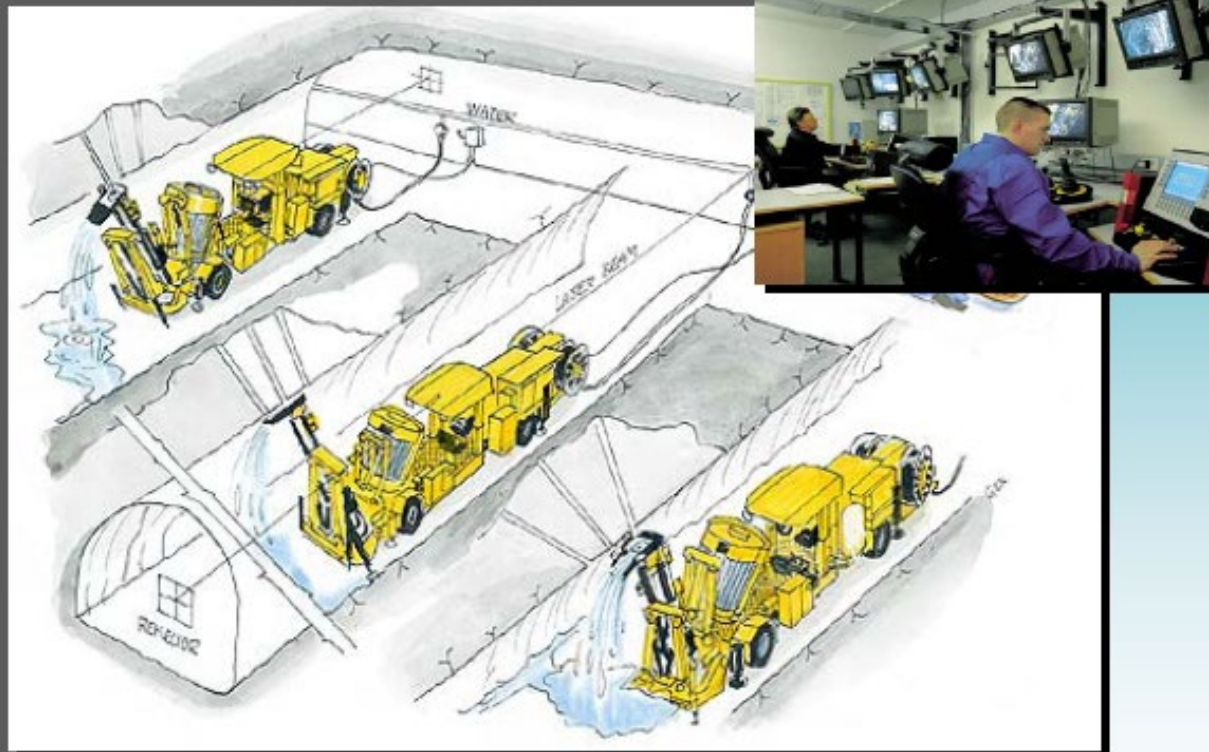






EL CONCEPTO DEL CONTROL REMOTO

The concept for remote control







SMART SOLUTIONS FOR SMART MINES

Smart mines produce the minerals and metals needed for our evolving economy. With highly engineered technologies and the application of artificial intelligence, Internet of Things and Big Data, the modern mine is digitally connected and operations are optimized in all aspects, including productivity, safety, accountability, environmental performance and local community support.

- PRODUCTIVITY
- SAFETY
- ACCOUNTABILITY
- ENVIRONMENT
- COMMUNITY

1 ALTERNATIVE AND RENEWABLE POWER

Renewable energy sources such as wind, solar and bio-energy can reduce northern, remote and isolated communities' reliance on diesel, which is expensive and generate significant GHG emissions. Small, modular reactors also offer promising potential.

2 AUTOMATION

The integration of autonomous vehicles and automated technologies supports more competitive operations and enables ultra-deep and remote mines to operate more effectively and safely.

3 ORE SORTING

Ore sorting reduces the quantity of material that needs to be crushed and ground to unlock valuable minerals and metals, saving energy and resulting in less mine waste.

4 VENTILATION ON DEMAND

This airflow system saves energy by safely directing fresh air only when and where it is needed. This reduces ventilation costs and increases the potential for expanding a mine without the need for new infrastructure.

5 HIGH ACCURACY GPS

High accuracy GPS technology brings precision to mining. From GPS assisted precision drilling to autonomous haul trucks for worker safety, GPS enables safe and efficient operations.

6 DRONE TECHNOLOGY

Drones provide real-time aerial footage of mining sites for maintenance, monitoring (e.g., the environment) and mapping, which improves safety, and increases efficiency and cost savings.



7 3D PRINTING AND MODULAR EQUIPMENT

The integration of 3D printing technologies into mining operations could increase efficiency and flexibility of operations, including the production of on-demand parts for replacement and repairs.

12 ALTERNATIVE POWERED VEHICLES

The mine of the future will have lower carbon emissions with electrical and hydrogen powered vehicles. As an alternative to diesel power, the air quality is improved for workers operating underground.

11 WEARABLES ON WORKERS

Workers wearing monitoring devices will have on-demand access to critical information regarding mine operations, including equipment status reports, and air quality conditions.

10 EQUIPMENT MANAGEMENT

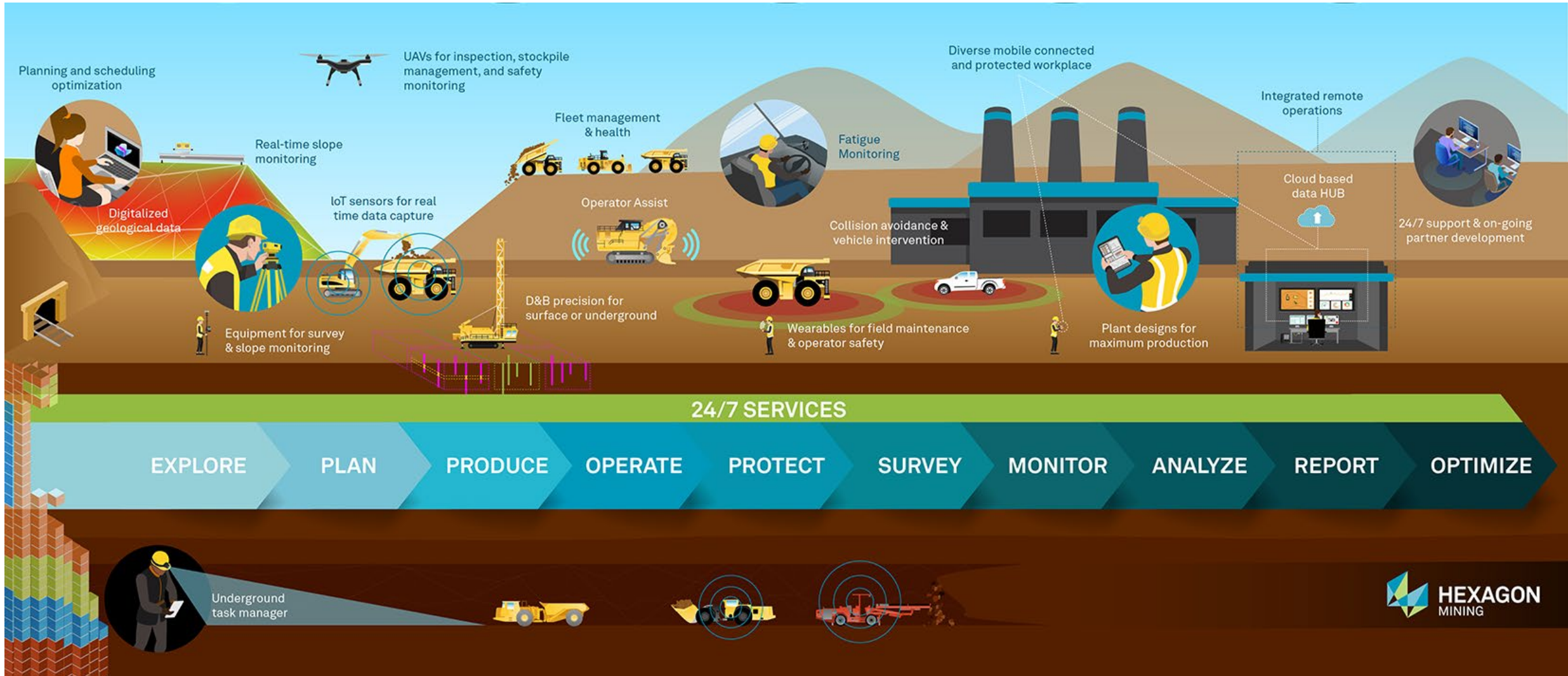
The shift towards smart mining includes the integration of new sensors suites to track and optimize mining operations. Digitally integrated, they capture data about all aspects of mining, and allow operators to predict and avoid failures (e.g., avoid taking down tailrun and eliminate costly downtime).

9 DATA OPTIMIZATION & MACHINE LEARNING

Optimizing data collected from equipment and monitoring devices enables engineers to create simulations to precisely plan and schedule operations, and complete highly complex tasks.

8 3D IMAGING

3D imaging of ore deposits, from their deep roots to the actual deposit, helps understand the geology of deposits for more efficient mining that reduces waste and minimizes disturbances.



La transición de la minería será un viaje apasionante

La emoción del viaje la siente quien se sube al tren, no quien se queda en el andén de la estación viendo los trenes pasar.





Dudas y preguntas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS Y ENERGIA
LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS MINERAS

TECHNICAL UNIVERSITY OF MADRID
HIGHER TECHNICAL SCHOOL OF MINING AND ENERGY ENGINEERING
MINING TECHNOLOGIES LABORATORY