



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS
ESCUELA DE ECONOMÍA

MAPEO DE LOS ENCADENAMIENTOS PRODUCTIVOS DEL
CLÚSTER MINERO AUSTRALIANO Y CHILENO

Descripción y Análisis comparativo

SEMINARIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
COMERCIAL, MENCIÓN ECONOMÍA

ALUMNA: BERNARDITA HERNÁNDEZ A

PROFESOR GUÍA: JOSEPH RAMOS

Santiago, Chile

2015

Agradecimientos

A mis padres Bernardita y Germaín por su constante apoyo y cariño a lo largo de estos años, construyendo mi futuro en concordancia con los desafíos que se presentan, gracias a ambos por nunca cortarme las alas y dejarme cumplir mis sueños. A mi hermano Germaín por compartir juntos esta etapa universitaria, de la misma forma a mis abuelos por todo el cariño entregado en estos años. A mis amigos de la Universidad por compartir esta etapa juntos y formar una linda amistad que perdurará para siempre.

A la Universidad por su base formativa durante estos años de carrera universitaria, a los profesores que dejan huella y nos inspiran para contribuir a los nuevos desafíos futuros del país.

A mi profesor guía Joseph Ramos por su disposición y vocación docente que admiro.

Finalmente, gracias a la vida por cada nueva oportunidad entregada y desafiante.

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO	3
INTRODUCCIÓN	5
DEFINICIÓN DEL CONCEPTO DE CLÚSTER	6
LOS ENCADENAMIENTOS “HACIA ATRÁS” Y “HACIA ADELANTE” DE HIRSCHMANN	7
CLAVES PARA EL ÉXITO DE UN CLÚSTER	8
CLAVES PARA EL ÉXITO DE UN CLÚSTER MINERO	9
CLÚSTER MINEROS MADUROS EN PAÍSES DESARROLLADOS	11
AUSTRALIA COMO REFERENCIA INTERNACIONAL EN MINERÍA	12
IMPORTANCIA DE LA MINERÍA EN AUSTRALIA	15
CLUSTER MINERO – AUSTRALIA	17
ANÁLISIS DE LOS ENCADENAMIENTOS DEL CLUSTER MINERO AUSTRALIANO	19
ENCADENAMIENTOS “HACIA ATRÁS”	19
ENCADENAMIENTOS “HACIA LOS LADOS”	25
ENCADENAMIENTOS “HACIA ADELANTE”	30
MAPEO DEL CLÚSTER MINERO AUSTRALIANO	34
CLUSTER MINERO – CHILE	35
ANÁLISIS DE LOS ENCADENAMIENTOS DEL CLÚSTER MINERO CHILENO	36
ENCADENAMIENTOS “HACIA ATRÁS”	36
ENCADENAMIENTOS “HACIA LOS LADOS”	48
ENCADENAMIENTOS “HACIA ADELANTE”	49
MAPEO DEL CLÚSTER MINERO CHILENO	63
COMPARACIÓN PROVEEDORES DE LA MINERÍA DE AUSTRALIA Y DE CHILE	64
COMPARACIÓN DE LOS ENCADENAMIENTOS PRODUCTIVOS HACIA ADELANTE DE AUSTRALIA Y CHILE	91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	98

Resumen Ejecutivo

El concepto de Clúster fue introducido al mundo por primera vez en 1990 por el economista estadounidense Michael Porter, profesor de la Harvard Business School en Boston Massachusetts. Porter define los clúster como concentraciones de empresas interconectadas entre sí en un campo en particular y dentro de una zona territorial delimitada. Los clúster permiten incorporar nuevos eslabones a las cadenas de valor de las industrias, aumentando el grado de especialización y el nivel de competitividad de las regiones. Una característica fundamental de los clúster es la búsqueda del crecimiento constante del sector, encadenando a su paso un mayor número de empresas establecidas en su territorio de influencia. Este concepto se popularizó rápidamente, a partir de entonces diversos gobiernos y organismos empresariales alrededor del mundo han recurrido a los clúster como medida para estimular la competitividad y el crecimiento de sectores económicos específicos.

En base a lo anterior y considerando la importancia que tiene la minería para el caso de Chile, es que resulta interesante estudiar el clúster minero de Chile y contrastarlo con algún país que se destaque por su desarrollo en cuanto a clúster minero.

El presente estudio, busca por un lado, realizar un mapeo de los encadenamientos productivos hacia atrás, hacia adelante, hacia los lados del clúster minero chileno y australiano a partir de los datos recopilados en relación a la composición de cada uno de éstos en los clúster respectivos. Se trabaja con el clúster australiano, considerando que a

través de la investigación realizada es visto como referencia internacional en el desarrollo del clúster minero. Por otro lado, se realizará una comparación contrastando algunos de los aspectos más fundamentales en relación a los encadenamientos productivos de acuerdo a la información recopilada de ambos clúster. Finalmente, se considera en las conclusiones algunas recomendaciones para avanzar en el desarrollo de este sector tan importante para el país.

Introducción

Chile es reconocido a nivel mundial como un país minero, esta condición se debe por un lado a que es el primer productor mundial de cobre, y poseedor de más de 30% de las reservas mundiales, pero también por la producción de numerosos otros recursos minerales metálicos y no metálicos. La minería forma parte de nuestra identidad como país, y ha sido y sigue siendo clave para su desarrollo. Su importancia ha sido evidente durante nuestra historia y es innegable en la actualidad, esta ha sido protagonista de la senda de crecimiento alto y sostenido que ha tenido la economía chilena en las últimas décadas. Pero una de las críticas que surgen, es que Chile no está aprovechando todas las potencialidades asociadas a la minería.

En base a lo anterior, resulta interesante como trabajo de investigación, el poder describir y analizar el estado actual del clúster minero en Chile, considerando los encadenamientos productivos hacia atrás, hacia adelante y hacia los lados y realizar lo mismo tomando en consideración una referencia internacional en cuanto al desarrollo del clúster minero a nivel mundial. Por otro lado, es relevante poder realizar una comparación y contrastar algunos de los aspectos más fundamentales en relación a los encadenamientos que puedan ayudar a entender la posición de Chile frente a la referencia internacional en minería para poder avanzar en el desarrollo de políticas públicas y privadas que permitan movernos a un desarrollo mayor en este sector considerando la importancia que éste tiene a nivel nacional. Algunas de estas políticas se presentan en las conclusiones de la investigación.

Definición del Concepto de Clúster

El concepto de clúster comienza con la definición desarrollada por Michael Porter, pero con el tiempo han aparecido otras definiciones complementarias al concepto inicial.

La teoría de la ventaja competitiva desarrollada por Michael Porter, definió un complejo productivo o clúster como el “conjunto de empresas que operan a través de redes en torno a una actividad productiva base de desarrollo, concentradas geográfica y/o sectorialmente por concordancias y complementariedades en torno al sector base, alcanzan un alto grado de especialización, competitividad y eficiencia, generando procesos dinámicos a través de los cuales es posible garantizar el éxito del clúster”.

Para Porter, una de las características centrales de los clúster son las relaciones de funcionalidad que generan las empresas proveedoras en torno a un sector principal y su proximidad geográfica entre ellas, lo que conlleva a significativas ventajas en las redes de información, los costos de transporte y la eficiencia en la entrega de materiales, las que adquieren mayor intensidad y diversidad en la medida que el conglomerado va madurando.

Para Buitelaar (2002), el concepto clúster se refiere a un entorno o contexto que es idóneo para el aprendizaje y la innovación de las empresas. Este entorno garantiza una intensa pero sana competencia al mismo tiempo que facilita una estrecha colaboración entre las empresas y entre éstas y organizaciones e instituciones locales. El resultado es un continuo proceso de mejoramiento (“upgrading”) de ventajas competitivas asociadas

a la localidad o región.

Además, un clúster no tiene una frontera geográfica o sectorial precisa pero si tiene muchas veces un lugar y una actividad económica que constituyen el centro. La idoneidad del entorno beneficia a todas las empresas relacionadas al lugar y la actividad, participen o no en proyectos asociativos u organizaciones empresariales.

Por su parte, Hirschman (1977) analiza los clúster es a través de los encadenamientos productivos que procuran demostrar cómo y cuándo la producción de un sector es suficiente para satisfacer el umbral mínimo o escala necesaria para hacer atractiva la inversión en otro sector que abastece directamente (encadenamientos hacia atrás), abastece indirectamente (encadenamientos hacia los lados) o procesa (encadenamientos hacia adelante).

Los encadenamientos “hacia atrás” y “hacia adelante” de Hirschmann

Es importante para efectos del análisis que se realizará en este trabajo, entender los encadenamientos planteados por Hirschmann.

Los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante de Hirschman procuran demostrar cómo y cuando la producción de un sector es suficiente para satisfacer el umbral mínimo o escala mínima necesaria para hacer atractivo la inversión en otro sector que éste abastece (encadenamientos "hacia atrás") o procesa ("hacia adelante"). Por cierto, toda actividad está encadenada con otras. Estos encadenamientos adquieren significancia cuando su existencia posibilita que una inversión se realice o no. Es la posible

discontinuidad en el impacto de tal decisión de inversión que es decisiva, pues entonces, y sólo entonces, la realización de una inversión hace rentable la realización de una segunda inversión, y la toma de decisiones en forma coordinada asegura la rentabilidad de cada una de las inversiones.

Los encadenamientos "hacia atrás" dependen tanto de factores de demanda (la demanda derivada de insumos y factores) como con su relación con factores tecnológicos y productivos (el tamaño óptimo de planta). Asimismo, el desarrollo de los encadenamientos "hacia adelante" depende en forma importante de la similitud tecnológica entre la actividad extractiva y la de procesamiento. Mientras más similar son éstas, mayor el aprendizaje y más fuerte el impulso hacia adelante; mientras mayor la distancia tecnológica entre estas actividades, menor el aprendizaje y menor el impulso.

Por otra parte, es importante notar que hay evidencia que los productos procesados no sólo tienen una menor varianza en precio que los productos primarios, sino que el precio de los productos procesados en los últimos 25 años ha crecido significativamente más que el de los productos primarios en general, sobre todo en el caso de los metales procesados (Yeats, 1991). Esto indicaría que el desarrollo de los encadenamientos hacia adelante no sólo diversificaría la producción sino que podría ser sumamente rentable (Joseph Ramos, 1998).

Claves para el éxito de un clúster

En relación con la literatura presentada en el apartado anterior, podemos definir a un

clúster como la existencia de un vigoroso régimen competitivo y/o la acción conjunta de agentes para diversos fines, tales como, solucionar problemas comunes, innovar, o ingresar a nuevos mercados.

Pero hay otros factores que se deben presentar para asegurar el **éxito de un clúster**, dentro de estos encontramos:

- La existencia de una demanda sofisticada como catalizador para la continua innovación en el clúster.
- Los clúster exitosos presentan un gran nivel de especialización entre sus agentes que permite la provisión de insumos y servicios especializados elevando así la eficiencia del clúster.
- Otra característica principal de los clúster exitosos es su alto nivel de competitividad internacional.
- Los clúster exitosos, se encuentran en constante evolución y que la mantención de su competitividad y eficiencia global depende de la manera en que las empresas e instituciones que los conforman reaccionen ante los shocks internos y externos.

Claves para el éxito de un Clúster Minero

Si bien las condiciones presentadas anteriormente para asegurar el éxito de un clúster son genéricas al tipo de clúster, es necesario realizar un estudio más exhaustivo de estas condiciones para el caso del clúster minero.

Para efectos de esto, nos centraremos en la publicación realizada por Joseph Ramos

(1998;CEPAL) que se basa en las condiciones para el éxito de las clúster mineros.

En esta publicación se menciona que, el éxito de los clúster está justamente en el fortalecimiento de largo plazo de las empresas vinculadas a la minería, como proveedoras y procesadoras, que en función de sus ventajas competitivas puedan acceder a una segunda fase exportadora, sustentada en la producción de bienes y servicios con mayor valor agregado.

Lo relevante es que para alcanzar este estado de madurez, según Ramos , el **clúster minero pasa por 4 etapas definidas:**

Etapas 1: El sector minero extrae los recursos minerales y los exporta, y todos los insumos necesarios para su operación son casi en su totalidad importados.

Etapas 2: Las empresas locales comienzan a producir bienes y servicios requeridos por la minería, generando un proceso de sustitución de importaciones para la totalidad de los servicios y en forma parcial insumos y equipos que la minería requiere.

Etapas 3: Las empresas locales se especializan, incorporando mayor valor agregado a los bienes y servicios que producen, vendiendo éstos tanto en el mercado doméstico como en los mercados externos, profundizando la fase exportadora.

Etapas 4: Las empresas locales se tornan más eficientes y competitivas, incorporando nuevas tecnologías a sus procesos de producción. En esta etapa, las empresas del clúster exportan casi la totalidad de los bienes y servicios que producen, en especial, aquellos de

mayor valor agregado como serían los insumos, maquinarias y servicios de ingeniería de diseño y consultorías especializadas, creándose así la segunda fase exportada, garantizando su sobrevivencia más allá de la minería.

A lo largo de este trabajo se presentará evidencia para identificar en qué etapa se encuentra Chile y en qué etapa se encuentran otros países que exhiban un clúster minero maduro o por lo menos cercanos a lo maduro.

Clúster Mineros Maduros en países desarrollados

La literatura en torno a clusters mineros maduros está poco desarrollada, y las opiniones son variadas, a continuación algunas de éstas.

Canadá y en menor medida Australia exhiben complejos mineros maduros que abarcan no solo la extracción y procesamiento, sino la exploración, la producción de insumos y equipos y la provisión de servicios conexos (Apertura económica y (des)encadenamientos productivos; CEPAL).

Los mejores ejemplos de clusters mineros hoy en día quizás se ubican en Australia, en Canadá o en Sudáfrica, los tres son diferentes y seguramente no tienen todos los elementos que definirían un cluster maduro : eslabones rio arriba y abajo, industrias conexas , pero es lo más complejo y completo que hay (Rudolf Buitelaar; Cepal).

A partir de lo anterior, es claro que no hay un consenso único en torno a un cluster minero maduro a nivel internacional, pero lo que sí está más claro, es que sería muy útil

para el caso de Chile, mirar experiencias internacionales donde la minería ha hecho una contribución positiva al desarrollo sostenible en un territorio.

Una buena comparación sería un clúster (aglomeración) de empresas y entidades en un territorio determinado, en que se observa una interacción muy intensa y que por ende contiene muchas distintas formas de organización empresarial. Para efectos de lo anterior Australia y Canadá son los ejemplos de excelencia (Aglomeraciones Mineras; Rudolf Buitelaar).

Dado que la literatura no es concluyente en relación a un país que muestre un clúster minero maduro, usaremos el *concepto de “referencia internacional”* en materia de minería para efectos de este trabajo, y el clúster minero escogido está ubicado en Australia.

Australia como Referencia Internacional en Minería

Australia es un líder mundial en la explotación de recursos minerales. Este país posee una industria minera floreciente, con cuantiosas reservas de carbón, oro, mineral de hierro, níquel, cobre, bauxita y uranio. En muchos “commodities”, Australia es el principal productor mundial o tiene la capacidad, en cuanto a reservas disponibles, de situarse entre los primeros lugares del mundo.

Australia y Chile son probablemente dos de los países más mineros del mundo. En el

2012 la minería representó el 11,5% y 11,1% del PIB respectivamente, y ambos han sido protagonistas de la producción de minerales en las últimas décadas, especialmente durante el denominado súper ciclo de las materias primas, ya que se han beneficiado de ingresos extraordinarios desde el 2004 a la fecha.

Australia y Chile tienen similitudes y desafíos interesantes:

1. Exportan principalmente *commodities* con una fuerte dependencia minera (alrededor del 60% de las exportaciones).
2. Poseen una demografía similar en términos de población y envejecimiento de esta.
3. El PIB australiano es tres veces el chileno, pero los diferenciales en capacidades de innovación son sustancialmente mayores.

El gasto en I+D como porcentaje del PIB es al menos cinco veces mayor en Australia que en Chile y en el número absoluto de Ph.D e investigadores (ver siguiente recuadro).

La composición del gasto también es distinta:

1. La participación del sector privado en la composición del gasto (% de I+D total) es el doble en Australia que en Chile.
2. La distribución de este capital humano también es distinta en Australia, con una mayor presencia de investigadores en el sector privado. Lo anterior redundaría en que el gasto privado en I+D por trabajador australiano es aproximadamente 26

veces el chileno. Los datos anteriormente mencionados, pueden observarse en el siguiente cuadro:

PRINCIPALES INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (2010*)



	Australia	Chile
Gasto en I+D (% PIB)	2,19%	0,33%
Gasto Privado en I+D (% I+D total)	61,1%	29,6%
Gasto Universidades en I+D (% I+D total)	24,2%	38,5%
Gasto Público en I+D (% I+D total)	12,1%	3,7%
Gasto Privado sin fines de lucro en I+D (% I+D total)	2,6%	28,2%
Gasto Privado en I+D por trabajador (US\$ PPP)	1.039	39
Número de Investigadores (total)	92.649	5.440
Investigadores en Sector Privado (% total)	39,2%	23,9%
Investigadores en Sector Público (% total)	8,9%	5,4%
Investigadores en Educación Superior (% total)	57,8%	60,2%

Fuente: OCDE Stats Main Science and Technology Indicators Database.

Nota: Número de Investigadores refiere al equivalente en Jornadas Completas; % de Gasto refiere a gasto ejecutado por el tipo de organismo; % investigadores por sector son estimaciones de OCDE.

* 2010 o 2008, último año disponible en el caso de Australia.

Por otro lado, a continuación se presenta una gráfica de la Industria Minera en Australia en comparación con Chile.

		
Industria Minera	Desarrollo recién en la década del 90	Inicio en la década del 70
Empresas Mineras Nacionales	Escasa actividad de mineras chilenas	En las décadas del 80 y 90 gran expansión internacional de empresas mineras australianas
Bienes y Servicios para la Minería	Importación de gran parte de los bienes y servicios requeridos para la minería	Las empresas mineras se apoyaron en sus proveedores locales para las operaciones internacionales
Oferta Proveedores	Oferta de bienes y servicios limitada	Bienes y servicios innovadores y con un fuerte componente tecnológico

Gobierno de Chile | Ministerio de Minería

Importancia de la Minería en Australia

La visión del Gobierno de Australia del Sur es de una industria minera de colaboración y vibrante para asegurar que sean capaces de sacar provecho de sus ricos yacimientos para generar beneficios económicos reales para la gente de Australia del Sur¹.

Australia del Sur ha experimentado una expansión significativa en la actividad de exploración minera en la última década, en gran parte impulsado por el plan del Gobierno de Australia del Sur para acelerar la exploración (PACE).

El gasto total de exploración de los sectores de minerales y petróleo ha aumentado un 400 por ciento, de \$ 123 millones de dólares en 2002-2003 a \$ 617 millones de dólares en 2012-13. Como proporción, el sector minero atrajo \$ 230,4 millones de dólares

¹ Informe “South Australian Regional Mining and Infrastructure Plan”, Government of the South of Australia; June 2014.

durante el período 2012-13 con aproximadamente el 21 por ciento de este gasto dirigido a mineral de hierro y el 46 por ciento dirigido a los descubrimientos de cobre.

Australia cuenta con una gran riqueza de minerales a lo largo de su territorio. El siguiente cuadro ilustra su posición en términos de las reservas de algunos de sus minerales.

Mineral	Reservas demostradas	Posición mundial
Bauxitas	6,0 Gigatoneladas	2
Carbón negro	41,8 Gigatoneladas	5
Carbón café	39,3 Gigatoneladas	2
Cobre	5 Millones de toneladas	3
Oro	8.410 Millones de toneladas	1

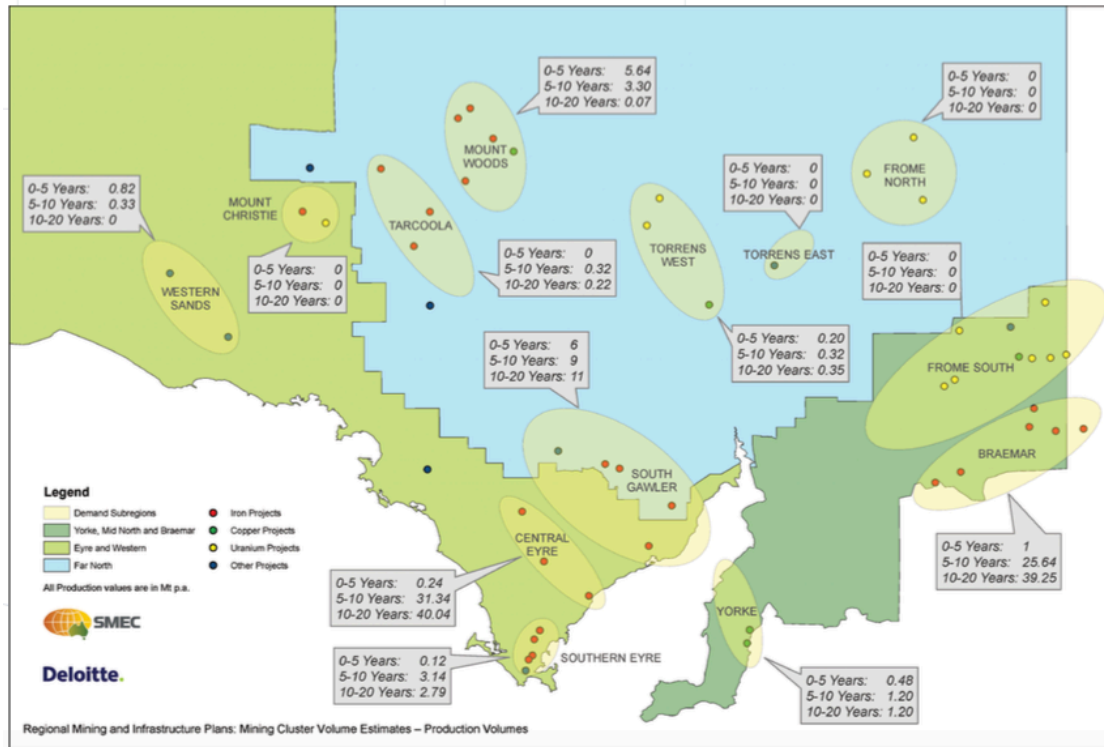
*Carbón negro corresponde a antracitas, y carbón bituminoso y sub-bituminoso, mientras carbón café corresponde a lignito.

Fuente: Geoscience Australia (2011).

En Australia la contribución económica de la minería es positiva, esto debido a que se menciona que una mayor expansión de la minería será la base de su prosperidad futura.

El pronóstico de la producción de minerales por **clúster minero** se muestra en el siguiente mapa, durante períodos de tiempo futuros hasta 20 años a partir de ahora. Las previsiones representan un aumento de cinco veces en el volumen de las exportaciones totales de Australia del Sur.

Mining infrastructure demand



Cluster Minero – Australia

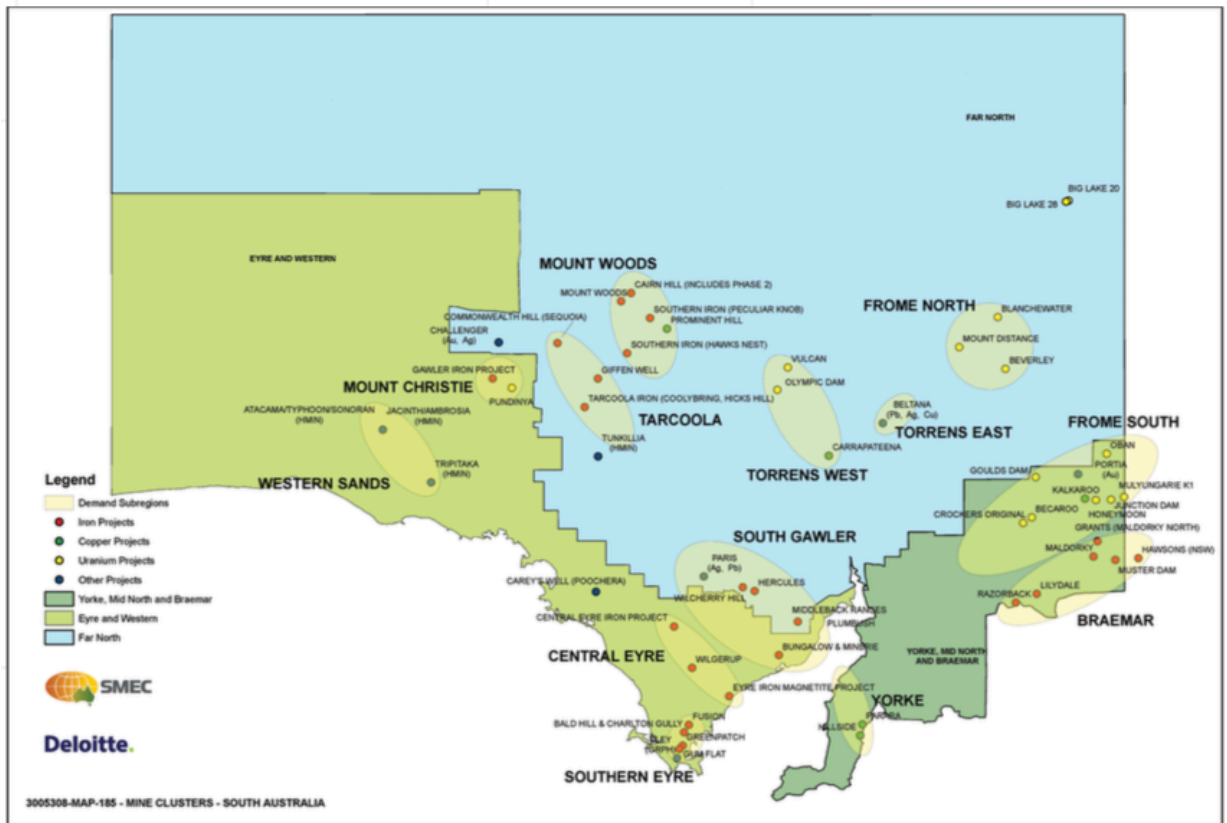
El clúster minero de Australia, se desarrolla en **tres regiones clave de Australia del Sur**

siendo estas:

- Eyre and Western
- Far North
- Yorke and Mid-North/Braemar.

A continuación se muestran los clusters mineros más importantes, con explotación de minerales de: hierro, cobre, uranio entre otros.

Regional Mining and Infrastructure Plan clusters



Algunos aspectos relevantes de la evolución del clúster minero en Australia

- El sector minero en Australia ha construido una reputación como líder mundial en el desarrollo y manufactura de equipos mineros, tecnología y servicios (METS).
- En el campo de minería sostenible las empresas australianas han desarrollado mejores prácticas de soluciones que se utilizan en Australia y el resto del mundo.
- Las empresas australianas son competitivas a lo largo de la cadena de suministros, incluyendo exploración, ingeniería, procesamiento de minerales, gestión ambiental, seguridad minera, investigación y desarrollo y educación y

entrenamiento.

- Los abundantes recursos minerales en combinación con una inversión importante en investigación y desarrollo (A\$3.8 billones en 2010- 2011), ha generado una industria de profesionales capacitados, procesos avanzados de extracción y tecnología de punta.

Finalmente es importante mencionar que, el desarrollo tecnológico de Australia es alto ya que ha transformado al sector minero australiano, convirtiendo a las “empresas de recursos naturales” en “empresas de conocimientos”. Se ha desarrollado una completa industria de conocimientos mineros orientada al mercado internacional. De este modo, se exportan nuevas maquinarias, instrumentos y toda una gama de servicios relacionados con la minería, posicionándose como líderes mundiales.

Análisis de los encadenamientos del cluster minero Australiano

Un *clúster* se forma en torno a una actividad con una fuerte ventaja comparativa natural. En el caso Australiano se cuenta con amplias reservas de minerales, tales como: hierro, cobre, uranio, zinc, bauxita, carbón, níquel, plomo.

Encadenamientos “hacia atrás”

El sector minero siempre ha sido importante en Australia, pero la relevancia de los actores dentro del sector ha cambiado. A continuación mostraremos los principales avances en relación a los encadenamientos hacia atrás que ha desarrollado el país en cuestión.

Hay encadenamientos hacia atrás en al menos **cuatro** áreas de importancia

1. **Insumos Especializados:** insumos para la fase de exploración y extracción, como son: explosivos, sustancias químicas, combustibles, repuestos, neumáticos. Por otro lado la energía eléctrica, gas y agua también son relevantes.

2. **Equipos y Maquinaria:** relevantes para la fase de exploración y extracción. Dentro de estos encontramos; maquinaria pesada como: bulldozers, camiones tolva, excavadoras, cargadores y maquinaria liviana entre otros.

En relación a este punto, Australia ha tenido un gran avance en cuanto al desarrollo de proveedores de equipos, tecnologías y servicios para la minería(METS).

Los proveedores de Equipos, Tecnologías y Servicios para la Minería (METS por sus siglas en inglés) han ganado importancia en Australia , constituyéndose como un sector diverso y dinámico². De acuerdo a cifras elaboradas por el Minerals Council de Australia en base al Ministerio de Hacienda de ese país, la contribución de las METS al PIB ha crecido a tasas de 15% - 20% anual en la última década, lo que implicó avanzar de un 4% de participación en el PIB en 2002-03 a un 8,4% en 2011-12. Asimismo, la minería extractiva aportó 12,3% al PIB (casi igual que en 2002-2003), por lo que en conjunto representan más del 20% del PIB.

² Las METS consideran tanto las firmas proveedoras de servicios (mantención de equipos especializados y componentes), de softwares orientados a la actividad minera, consultorías, servicios de ingeniería, etc. Ver Austmine (2013) y Scott-Kemmis (2013) para más detalles sobre la clasificación de las METS.

El proceso en Australia no ocurrió de un día para otro, se trató de un esfuerzo de largos años. Lo interesante es que el despegue de este sector se basó en un ejercicio sistemático de convergencia pública y privada, en donde se definió una visión de largo plazo del rubro minero.

Estas tasas de crecimiento superlativas fueron acompañadas por acciones gubernamentales como el Mining Technology Services Action Agenda (2003), cuya visión era lograr US\$4.500 millones en exportaciones del sector el 2010. También se realizó una primera encuesta para conocer el sector de las METS en 2002. Estos impulsos y la existencia de otras instituciones intermedias favorecieron el vigoroso desarrollo del sector.

En efecto, la formación de las METS y el fortalecimiento de los clúster mineros de Australia es multifactorial. Por un lado, la aparición y el crecimiento de las METS se genera por la combinación de desafíos complejos del sector (menores leyes del mineral, yacimientos más remotos, estándares más exigentes sociales y ambientales, etc.) y la capacidad de las firmas australianas de responder a estos desafíos (Scott-Kemmis, 2013).

La mayor parte de las METS fueron formadas por trabajadores que pertenecían a la industria minera o a sus proveedores (Urzúa, 2012; Scott-Kemmis, 2013). En algunos clúster mineros de Australia incluso hubo contratos y alineamientos para favorecer que los propios trabajadores se convirtieran en proveedores independientes de servicios (Satchwell, 2014). El resto corresponde a oportunidades que aparecieron a medida que la industria minera ha ido externalizando más procesos a lo largo de la cadena productiva.

Austmine³ surge en el año 1995 como un modelo de cooperación público-privada y corresponde a la Asociación de Exportadores de la Industria Minera Australiana.

Esta agrupa a las empresas dedicadas al abastecimiento de tecnología de punta y sistemas para las operaciones mineras en el mundo. Las soluciones tecnológicas son ofrecidas individualmente o en forma colectiva por sus asociados, en función de los respectivos requerimientos. El foco está en el desarrollo de tecnologías innovadoras para la industria minera. Sus principales logros han sido incentivar la exportación de tecnologías generadas localmente. Lo anterior ha permitido elevar las exportaciones de tecnología, bienes y servicios para la minería en US \$ 6.000 millones del 2010.

Tanto la industria minera como los proveedores de Australia tienen un componente internacional importante, operando prácticamente en todos los continentes: 41% de las METS que exportan poseen oficinas en el extranjero (Austmine, 2013).

La presencia de grandes mineras que iniciaron operaciones en el exterior fue factor determinante para la internacionalización de sus proveedores (Urzúa, 2012). Lo anterior implica que muchas veces una relación local en Australia se transformaba en una relación global (Scott-Kemmis, 2013).

3. Servicios Especializados: el desarrollo de las METS como proveedores de servicios para la minería, ha jugado un rol fundamental en relación a este punto.

Un factor que ha permitido a varias METS ser líderes mundiales en varios nichos

³ www.austmine.com.au

es la aplicación de las tecnologías de la información(TIC's) a varios procesos mineros (Scott-Kemmis, 2013). En ese sentido, las METS aprovechan la base de conocimiento y la existencia de un sector prioritario, pero logran “saltarse” etapas y generar innovación disruptiva. Consiguen generar un proceso de *leap-frogging*⁴, más que *catching-up*⁵ (Lee, 2013). En otras palabras, desarrollan tecnologías y/o aplicaciones donde los competidores no están establecidos.

Por otro lado, la industria de servicios especializados en minería es considerada muy competitiva en algunas áreas, como por ejemplo:

a-Sistema de manejo y control de procesos para minería de carbón fino.

b-Tecnología para el reforzamiento de minas subterráneas, incluyendo sistemas de monitoreo, herramientas hidráulicas y neumáticas, sistemas de refuerzo, sistemas de instalación rápida para anclaje, pernos y todo tipo de consumibles para perforación.

c-Software para la exploración minera: diseño de minas, interpretación estructura, visualización en 3D, planificación de minas a rajo abierto, sistemas de ventilación, simuladores y programas de producción. Provee el 60% a nivel mundial.

⁴ es la noción de que las áreas de deficiente desarrollo tecnológico o económico pueden moverse rápidamente hacia adelante a través de la adopción de sistemas modernos, sin tener que recurrir a etapas intermedias.

⁵ es un proceso de captura de tecnología que llevan a cabo los países menos desarrollados de los países más avanzados, lo que les permite conformar estructuras productivas más eficientes y ser competitivos en el mercado mundial.

La mayor parte de los servicios usados en las empresas mineras australianas, son contratados localmente, especialmente reparaciones y ajustes y mantenimiento de equipos.

Mapa Aster, ha sido una herramienta muy importante en el proceso de exploración que se lleva a cabo en Australia, a través de imágenes satelitales recolecta datos sobre temperatura, reflejos y elevación de la superficie. Eso ayuda a lograr mapas geográficos con la composición mineral del terreno.

4. Universidades y Centros de Investigación y Desarrollo

La colaboración ha sido un aspecto vital para las METS, donde el grueso de ellas se lleva a cabo con empresas mineras u otras METS líderes. No obstante, para actividades de innovación e investigación, también hay interacción importantes para el desarrollo de estas, que se mencionan a continuación.

Una figura relevante en la articulación de la colaboración público-privada en I+D corresponde a los Cooperative Research Centres (CRC), creados en 1990. **Los CRC consisten en centros de investigación altamente focalizados.** Participan empresas, universidades/institutos de investigación y el gobierno. El financiamiento para cada CRC puede llegar hasta US\$36 millones anuales.

Estos centros se enfocan en maximizar los beneficios de la investigación para transferir tecnología, aplicar productos y comercializar. De los vinculados a minería el más importante es el **CRC Mining, de la Universidad de Queensland.** También poseen un

componente de formación de capital humano, pues entregan becas a posgraduados.

Por otro lado el Cooperative Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), la agencia gubernamental líder de innovación en Australia, ha participado como socio en más de dos tercios de los CRC desarrollados desde que se dio inicio al programa por lo que también se destaca su rol relevante.

Encadenamientos “hacia los lados”

Los organismos gubernamentales y los centros de investigación en Australia han jugado un papel relevante para actividades de innovación e investigación de las METS.

Organismos gubernamentales

Uno de los organismos gubernamentales con un rol importante a nivel nacional es el **Cooperative Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)**, que corresponde a una agencia gubernativa que tiene 13 líneas de investigación, entre ellas la minería. Esta agencia líder de innovación en Australia ha participado como socio en más de dos tercios de los CRC desarrollados desde que se dio inicio al programa.

Por otro lado, en los clusters mineros de Kalgoorlie y Darwin el gobierno se asoció con las empresas mineras para generar vínculos cliente-proveedor, tales como el **Marco Nacional de Participación en la Industria Australiana, la Red de Capacidad de la Industria y Project Connect** ; también aseguraron infraestructura de apoyo para los proveedores.

En 1995 comenzó a operar el **Instituto de Política Minera (MPI, en inglés]** que fue creado a raíz de la internacionalización de la minería australiana y que es financiado a través de donaciones exentas de impuestos. Su misión es mejorar la explotación minera tanto en Australia como en los países que las empresas australianas operan, logrando reducciones importantes de impactos negativos de la explotación minera, como la contaminación y los desperdicios generados, asimismo los desafíos de la explotación minera en profundidades marinas y de la explotación minera en general.

Otra organización importante en esta área, es el “**Mining Equipment and Services Council of Australia**”⁶, que agrupa a los distribuidores/fabricantes y/o proveedores de servicios al sector minero y los mantiene informados de los proyectos, tendencias en la industria, facilita contactos, entre otros.

Este tipo de entidades se suman a los esfuerzos que coordina el plan estratégico del gobierno australiano, denominado “Action Agendas” que opera a través de una alianza público, privada y académica.

Centros de Investigación

Una figura relevante en la articulación de la colaboración público-privada en I+D corresponde a los **Cooperative Research Centres (CRC)** mencionados anteriormente, creados en 1990. Los CRC consisten en centros de investigación altamente focalizados.

⁶ www.mesca.com.au

Participan empresas, universidades/institutos de investigación y el gobierno.

En los últimos años se han destacado por sus estudios en procesos hidrometalúrgicos con el fin de desarrollar nuevas tecnologías para la extracción y recuperación eficientes de metales. Las técnicas utilizadas han sido la lixiviación (extracción sólido-liquido), bio-filtrado, electro-refinación, entre otras.

En términos de I+D global, también fue relevante la existencia de la **Australian Minerals Industry Research Association (AMIRA)**. Institución privada, sin fines de lucro y que articula colaboraciones en investigación a nivel internacional. Uno de los proyectos emblemáticos fue el Copper Technology Roadmap (AMIRA, 2004), en donde se definió y priorizó la hoja de ruta tecnológica de la minería del cobre, en conjunto con la industria. Este tipo de iniciativas es útil para orientar los esfuerzos de I+D de largo plazo.

Organizaciones sin fines de lucro

A lo anterior se suma la labor del **Mining Industrial Skills Center** que identifica y propone soluciones a través de la capacitación profesional a los desafíos de las distintas tareas de la minería industrial. Este centro es una organización sin fines de lucro que reinvierte sus ganancias mediante el subsidio de productos y de servicios, coordinación de redes de trabajo, emprendimiento de investigaciones, elaboración de informes y asesorías profesionales.

Infraestructura vial y portuaria

La minería ha sido muy importante en el desarrollo de la infraestructura de Australia, desde 1967, la industria ha construido 26 pueblos, 12 puertos y numerosas instalaciones en puertos existentes, que han sido mejoradas para el manejo de carga a granel, 25 aeródromos y 2000 kilómetros de líneas férreas.

Australia tiene infraestructuras viales y de puertos muy desarrolladas, mano de obra altamente calificada y una significativa inversión en investigación, desarrollo e innovación.

El comportamiento ambiental de la industria ha mejorado con énfasis en el uso eficiente de los recursos, incluyendo energía, agua y químicos. Uso de la tierra, planeación y administración, en particular en las áreas donde la operación puede interferir en la agricultura u otras actividades industriales.

El futuro para los proveedores de la minería en Australia se ve promisorio, dado las nuevas inversiones que se están haciendo en más plantas y equipamiento para aumentar la capacidad productiva de las minas y se espera que esto se mantenga por varios años más. **La prioridad del Gobierno de Australia del Sur es facilitar la entrega de la infraestructura a clusters con mayor potencial y donde la necesidad es más inmediata.**

El Gobierno estableció recientemente la Oficina de Participación de la Industria Minera (MIPO) para ayudar a las empresas de fabricación del Sur de Australia a satisfacer las

demandas de suministro de los recursos minerales y energéticos de la industria en expansión. MIPO está trabajando con la industria para ayudar en el desarrollo de la capacidad.

Lo anterior se desarrolló debido a que la industria minera de Australia del Sur se enfrenta a desafíos como resultado de la naturaleza dispersa de los depósitos.

Esto hace que el desarrollo de la infraestructura sea más caro por tonelada de mineral producido porque la infraestructura es capaz de dar servicio a un área geográfica definida solamente.

Por ende, los desafíos que enfrenta el sector minero de Australia del Sur crean la necesidad de un enfoque de colaboración para la infraestructura para reducir costos y seguir siendo competitivos a nivel internacional. Esta necesidad de colaboración, crea una oportunidad única para los mineros del sur de Australia, de trabajar juntos para lograr resultados en beneficio de todos.

Este plan de infraestructura agrupa minas en conglomerados (clusters) que son propensos a tener necesidades de infraestructura similares en base a:

- Mineral común que se extrae (probable que refleje la necesidad de carga común).
- Técnica de extracción Común (probable que refleje las necesidades de agua y de energía comunes).
- La proximidad geográfica (para reflejar la ubicación en la que se debe proporcionar la infraestructura).

Al tener en cuenta las necesidades de infraestructura de la minería sobre la base de grupos en lugar de la mina por mina, las soluciones de infraestructura a nivel agregado pueden ser desarrollados para satisfacer las necesidades de un grupo de minas.

El enfoque de este plan para la agregación de la demanda a nivel de clúster permite la identificación de una gama más amplia de soluciones de infraestructura. Este enfoque también permite una consideración más global de las cuestiones ambientales en el desarrollo de soluciones de infraestructura, así como proporcionar un mayor énfasis en la colaboración entre todas las partes, incluyendo los mineros, los proveedores de infraestructura, las comunidades y el gobierno.

Encadenamientos “hacia adelante”

Los encadenamientos productivos hacia adelante se componen de las empresas manufactureras de cobre y de empresas de otros sectores productivos que utilizan los productos de la minería como insumo para la producción de sus propios productos, por ejemplo la industria forestal y química.

Los encadenamientos hacia adelante estarían conformados por las plantas de beneficio (concentrado de cobre, concentrados de zinc entre otros), las fundiciones y refinerías de cobre y las empresas manufactureras de cobre, y en menor medida, por empresas manufactureras de los sectores químico (por ejemplo productos metálicos y no metálicos) y forestal (ácido sulfúrico).

Es importante señalar que cerca de un 30% de la producción de minerales australianos se consume en el mercado doméstico.

Las principales industrias que los consumen son refinerías y fundiciones de alúmina y aluminio, de cobre, de hierro, oro entre otros metales.

Fundiciones y Refinerías

Se observa un importante compromiso y desarrollo de proyectos relacionados con refinerías y fundiciones mineros en los últimos años, destacan:

- La expansión de la refinería de alumina de ALCAN, en la zona de Gove en los Northern Territories, con una inversión aproximada de US\$ 1,4 billones.
- El Proyecto de Nickel Ravensthorpe de BHP BILLITON en Western Australia (US\$ 1,3 billones) el que va asociado a la expansión de la refinería de Yabulu en Queensland, con una inversión de US\$ 460 millones.
- La expansión del mineral de hierro en Yandocoogina Estern Australia, de RIO TINTO, con una inversión de US\$ 490 millones.
- El proyecto de BHP BILLITON Rapid Growth Etapa 2, en Western Australia, de mineral de hierro, con una inversión de US\$ 575 millones y la Etapa 3 comprometida recientemente con una inversión esperada de US\$ 1,5 billones.
- Los depósitos de arenas minerales de la empresa ILUKA RESOURCES DOUGLAS en Victoria, con una inversión de US\$ 203 millones.

Es importante mencionar que Australia concentra importantes reservas de hierro lo que implica una gran producción de mineral de hierro, gran parte de ésta alrededor de un 97% ocurre en Western Australia. En base a lo anterior, es que Australia es un gran productor de **acero**, con capacidad de enfrentar la creciente demanda de Asia.

A partir de datos de la página “Geoscience Australia, Australian Government ⁷”, se obtuvieron datos en relación al valor de las exportaciones de concentrados de cobre y cobre refinado en 2011 de Australia y estas ascendieron a un valor de \$ 8.6 mil millones de dólares, un 14% más que el \$ 7.6 mil millones de dólares en 2010.

Se destaca como producción en este punto: cátodos de cobre, aluminio, acero, ánodos de cobre, cobre blíster, cobre RAF, concentrados de zinc entre otros.

Industria Manufacturera

La combinación de las **exportaciones de mineral de hierro, hierro, y productos de acero** representan casi un **6,3% del total exportado por el país.**

- Dentro de los **productos en base a hierro**, encontramos: tubos, tuberías, alambres, pellets de mineral de hierro.

Por otro lado hay amplias reservas de cobre, bauxita, carbón de donde se destacan:

- **En base a cobre**, destacan: alambres, tuberías, conductores y cables eléctricos.
- **En base a bauxita**, destacan: aluminio, alúmina.

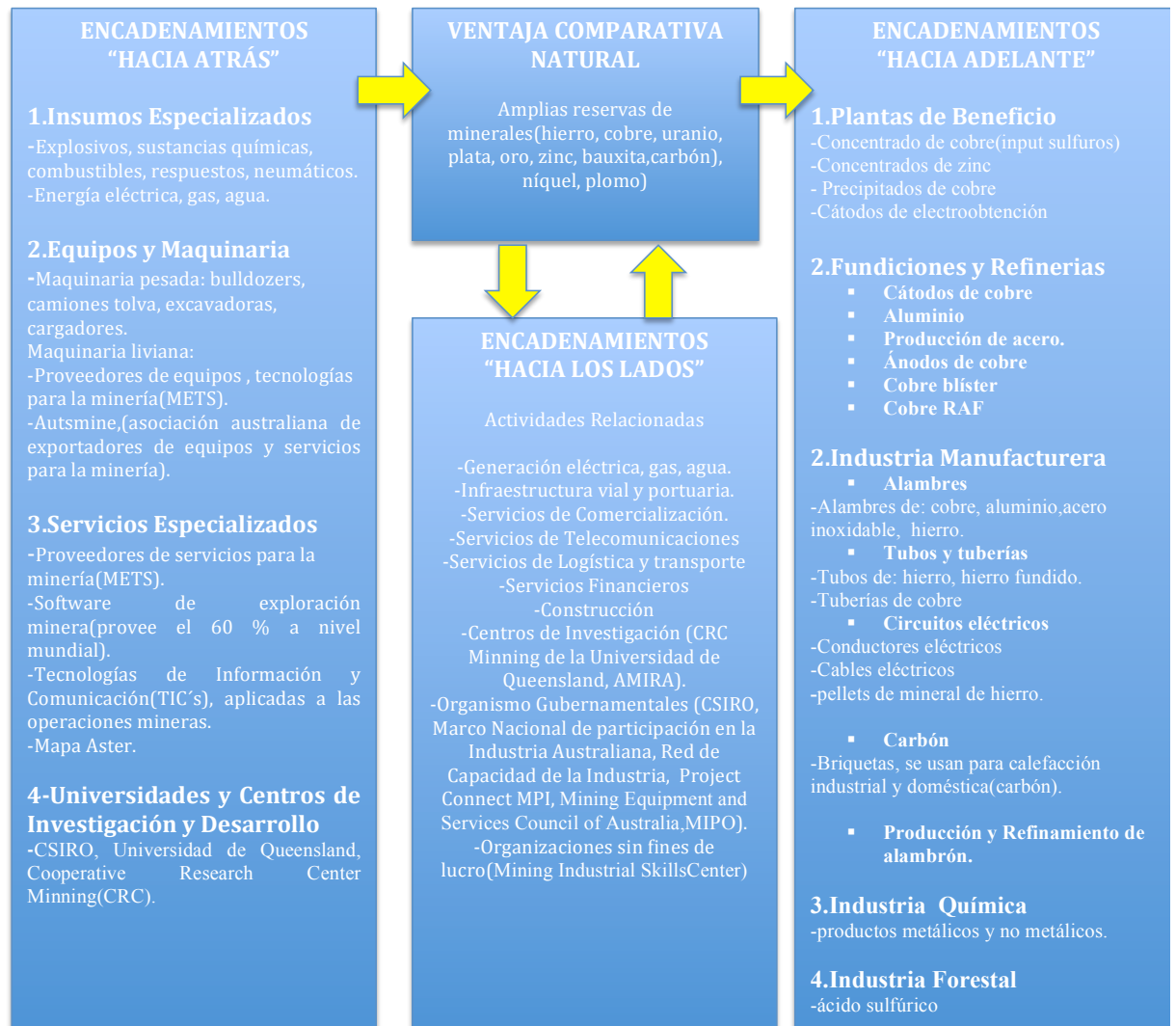
⁷<http://www.ga.gov.au/data-pubs/data-and-publications-search/publications/aimr/copper>

- **En base a carbón:** el negocio del carbón se encuentra globalmente diversificado produciendo carbón térmico principalmente para su uso en la industria de generación de energía eléctrica y de carbón de coque duro de alta calidad para uso en la industria siderúrgica nacional e internacional. El carbón de coque duro es una materia esencial en la producción de acero. **Por lo que se destaca:** briquetas (se utilizan para calefacción industrial y doméstica), carbón de coque duro de alta calidad.

A continuación se presenta una gráfica con los principales flujos y redes del clúster minero Australiano.

Mapeo del Clúster Minero Australiano

Flujos y Redes del Cluster Minero Australiano



Fuente: Elaboración Propia

Cluster Minero – Chile

El clúster minero chileno se concentra en la Región de Antofagasta (Segunda región de Chile), es la zona del país que contiene yacimientos mineros de cobre, oro, hierro, plata, zinc, plomo, manganeso, litio. Hoy, las actividades mineras en Chile están concentradas en 5 grupos de productos: cobre y sus subproductos, metales preciosos, hierro y acero, minerales no metálicos, y carbón. Dentro del sector minero, el cobre es claramente el rubro principal, afectando también la producción de molibdeno, oro y plata. Además, Chile es el principal productor y exportador en el mundo de nitrato de potasio y de sodio, yodo y litio; y ocupa el cuarto lugar en la producción de boratos.

Por lo anterior, se ha permitido considerar a la II Región como una de las grandes industrias líderes mundiales en la producción minera, la cual utiliza tecnología de explotación de última generación y posee altos niveles de productividad en los grandes yacimientos.

El clúster minero chileno recién esta en etapa incipiente, por lo que necesita un mayor desarrollo, respecto a otros clúster de países mineros como Australia y Canadá , ya que solo se basa en la extracción de recursos naturales, provisión de insumos básicos y servicios a la minería.

Hoy en día es claro el interés del Gobierno por diseñar políticas tendientes a reforzar los vínculos entre la minería y la industria de bienes de capital y Servicios, de manera de

lograr un desarrollo de la Industria Minería y las Industrias relacionadas, Bustamante (2005).

Análisis de los encadenamientos del clúster minero Chileno

Encadenamientos “hacia atrás”

Los encadenamientos productivos hacia atrás, donde existe una relación directa de compra-venta están conformados por las empresas proveedoras de: insumos especializados (explosivos, energía eléctrica, gas y agua, combustibles, insumos químicos, repuestos, neumáticos), equipo y maquinarias. Se incluyen en esta categoría también los servicios especializados para la minería, las universidades y centros de investigación dedicados a este sector.

Las empresas que conforman los encadenamientos hacia atrás se orientan a la venta de insumos y servicios especializados, maquinaria y equipo para la minería. Estas empresas pueden producir sus productos localmente o bien, pueden importarlos para venderlos a nivel local, en ambos casos, ello constituye la oferta nacional de productos para el sector minero.

Analizando, los vínculos entre empresas mineras y empresas proveedoras en Chile, se observa que son fuertes en el caso de grandes proveedores, pero débiles en el caso de las PYMES. Los encadenamientos hacia atrás se dan en insumos y servicios suministrados por el mercado nacional, principalmente importados.

Pero, en los últimos años, las políticas de Gobierno se han centrado en la formación de un clúster orientado a la minería en la región de Antofagasta que permita pasar de su actual fase de exportación de materias primas a una segunda fase exportadora, esto es una industria proveedora de bienes y servicios de alta eficiencia y de calidad mundial. Para efectos de lo anteriormente mencionado es que el gobierno instauró en el año 2008 el Programa de Proveedores de Clase Mundial.

El Programa de Proveedores de Clase Mundial (PPCM) se gestó en 2008 desde BHP Billiton, en respuesta a la necesidad de generar soluciones a los desafíos planteados en las operaciones de la compañía, a través de sus empresas proveedoras. En esta primera etapa fueron elaborados 5 proyectos dentro de la compañía para 2009.

A comienzos de 2010 Codelco se une a esta iniciativa e implementa el programa en sus operaciones. Durante el mismo año, se invita a Fundación Chile a desarrollar una plataforma de difusión y apoyo al PPCM, al considerar necesario contar con un articulador neutral, rol que fue asignado a la institución.

El Programa de Proveedores de Clase Mundial impulsado por BHP Billiton y Codelco, apoyado por CORFO, el Ministerio de Minería y Fundación Chile, ha sido uno de los mejores intentos por avanzar en esta materia. A través de un trabajo de “innovación abierta” entre compañías mineras y proveedores, se ha alcanzado un portafolio de 70 proyectos de innovación que apuntan a superar los desafíos tecnológicos de la industria.

El Programa de Proveedores de Clase Mundial tiene como misión desarrollar un sector de proveedores intensivo en conocimiento. Esto mediante la generación de soluciones

tecnológicas empujadas desde la demanda de la minería y desde la propuesta del sector de proveedores y otros actores claves, que puedan ser escaladas a otros sectores y mercados.



En noviembre de 2013, BHP Billiton y Codelco firmaron un protocolo con Fundación Chile, CORFO y algunas organizaciones con el objeto de acelerar el proceso de desarrollo que *lleve al proveedor a ser una empresa de clase mundial*. Estas organizaciones son las denominadas aceleradoras de negocios, tres de las cuales están vinculadas con universidades, como apoyo de la componente tecnológica: Universidades de la Frontera (UFRO), Técnica Federico Santa María (UTFSM) y la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) y una con la rama regional de Endeavor: Endeavor Atacama.

Estas organizaciones apoyarán a los proveedores del Programa, no sólo en la

estandarización de sus soluciones, sino también en sus procesos de escalamiento e internacionalización. Este nuevo acuerdo, marca el inicio de un compromiso directo con el sector universitario de Chile, en consonancia con la política para contribuir a los objetivos de desarrollo del país, que permitirá fortalecer capacidades y servicios de apoyo a empresas de base tecnológica y de alto impacto, área en las que Chile tiene en la actualidad, una experiencia limitada. Es importante mencionar que, adicionalmente, existe una plataforma de coordinación de las aceleradoras, gestionada por Fundación Chile, cuyo rol es garantizar un estándar de servicios, transparencia y equidad, y proveer de una serie de bienes públicos que permita integrar información que de otra forma estaría dispersa. Para la operación de esta plataforma el trabajo coordinado con el Gobierno es fundamental, en particular con CORFO.

En la mayoría de los proyectos del Programa de Proveedores de Clase Mundial (PPCM) el financiamiento es compartido por las compañías mineras y las empresas proveedoras y, en algunos casos, se utiliza financiamiento del Estado a través de CORFO. La propiedad intelectual y patentes generadas a raíz de las soluciones quedan en manos del proveedor.

Principales logros e impactos del Programa de Proveedores de Clase Mundial (PPCM)

El PPCM ha demostrado ser exitoso en su ejecución aunque acotado en su impacto considerando la escala a la que trabaja la industria minera. Actualmente cuenta con una cartera de 70 proyectos que están siendo implementados por 60 empresas proveedoras. Muchos de ellos han logrado buenos resultados y se constituyen en experiencias

exitosas.

El impacto del programa se expresa a través de tres vías principales: mayor productividad de las compañías mineras, desarrollo de nuevos negocios por parte de los proveedores tecnológicos y mejoramiento en las condiciones de sustentabilidad de los negocios mineros.

En términos prácticos, el programa de clúster se ha traducido en mejoras efectivas de aspectos como la disponibilidad y vida útil de componentes críticos de los procesos, eficiencia energética e hídrica, y reducción de riesgos en la minería.

En cuanto a las inversiones, éstas han sido configuradas en aportes tanto del proveedor minero como de la empresa, de tal manera de configurar un proyecto de valor compartido. ***Lo relevante en relación al impacto de este programa ,es que en base a datos presentados por el Ministerio de Minería se menciona que si Chile lograra capturar el 3% de la demanda global de bienes y servicios de la minería, las empresas proveedoras podrían percibir hasta US\$ 1.500 millones sólo por concepto de exportaciones.***

Por otro lado, Fundación Chile en conjunto con el Ministerio de Minería y CORFO, sistematizaron la metodología del PPCM a través de un bien público y la han puesto a disposición de un conjunto más amplio de compañías mineras de modo de transferir la experiencia.

En el marco del proyecto anteriormente señalado es que se ha trabajado en mejorar la información disponible, Fundación Chile ha desarrollado productos cuyo principal objetivo fue el de disminuir las asimetrías de información presentes en la industria. Para

ello se elaboró:

1. **Mapa de Desafíos de la Gran Minería** que sistematiza y disponibiliza a los proveedores los desafíos que enfrentará la industria en el corto, mediano y largo plazo; y puso a disposición la página web **www.desarrolloproveedores.cl** , plataforma de información para las empresas del sector que difunde nuevos desafíos del sector, información relevante de la industria y rutas de desarrollo para el crecimiento de las empresas del sector.
2. Publicó el **Estudio de Proveedores de la Minería (durante 2012)**, iniciativa que tuvo como objetivo identificar las principales características del sector, las brechas existentes y las necesidades de desarrollo de las empresas para alcanzar estándares de clase mundial.
3. Con el objetivo de facilitar a las compañías mineras y empresas proveedoras el desarrollo de los proyectos PPCM, **Fundación Chile desarrolló una plataforma para la gestión de proyectos**, la cual permite realizar el seguimiento de las iniciativas y facilita la interacción entre minera y proveedor.
4. Con el apoyo de CORFO a través de la línea “**Gestión de la Innovación**”, las compañías mineras Collahuasi y Esperanza comenzaron a implementar el PPCM en sus operaciones durante el año 2013, proceso que ha sido guiado por Fundación Chile y que espera tener su primer llamado a desafíos el segundo semestre de este año.

Casos exitosos PPCM

1. Entre los casos exitosos destacan, por ejemplo, **en Minera Escondida el cable de pala que mostraba una baja vida útil**. La empresa Prodinsa, después de un periodo de estudio, logró crear un cable más resistente que consiguió aumentar su vida útil en un 40%. Posteriormente, Prodinsa se asoció con la empresa Aplik, la cual creó un sistema de monitoreo predictivo que anticipa fallas en los cables y asegura la continuidad de los procesos.
2. Otro caso exitoso es en la Refinería Electrolítica de la Fundición Chuquicamata, en que "se presentaba una alta tasa de rechazo en los cátodos de cobre generada por problemas de adherencia en los bordes plásticos. Se le encargó a la empresa Polymeros el desarrollo de una mejora. Luego de un periodo de estudios, Polymeros logró producir un borde más eficiente, que llegó a disminuir hasta en un 47% de la tasa de rechazos, lo que se tradujo en un ahorro cercano a los US\$ 4 millones al año para la compañía".

Desafíos de escalamiento del PPCM

El PPCM ha demostrado ser eficaz en la generación de nuevas soluciones con alto impacto en las operaciones mineras en las que se han ejecutado. La primera etapa del programa contempló un modelo de trabajo colaborativo entre mineras y proveedores en base a una relación uno a uno para abordar el desarrollo de la solución. Este proceso ha logrado importantes aprendizajes en cómo se sistematizan las oportunidades de

innovación y cómo se gestionan los mecanismos de trabajo conjunto entre mandante y proveedor.

No obstante, para asegurar el impacto de esta iniciativa en el desarrollo productivo y tecnológico del país es necesario aumentar su escala incorporando nuevas empresas ancla (minerías o grandes proveedores). Para lograr el objetivo propuesto por el PPCM, el Ministerio de Minería, Fundación Chile, e Innova Chile en conjunto con BHP y Codelco han generado una propuesta, el “Programa Proveedores de Clase Mundial: Innovación Abierta en la Cadena de Valor de la Gran Minería”.

Codelco y BHP Billiton coinciden en que los grandes desafíos son comunes a toda empresa minera, y su resolución asimismo, es una oportunidad para que los proveedores puedan desarrollar sus talentos técnicos y empresariales, significando a la vez, un aporte en nuestra productividad. Considerando lo anterior, es que con el apoyo de InnovaChile de Corfo, Fundación Chile ha sistematizado estas experiencias y ha iniciado desde 2012 un proceso de transferencia y difusión a otras compañías mineras, tales como Mantos Blancos (Anglo American Norte), Collahuasi, SQM y Esperanza, manifiestan desde ambas compañías precursoras del programa.

Por último, las mineras coinciden en que la minería enfrenta y enfrentará grandes desafíos y éstos constituyen enormes oportunidades de innovación, lo que requiere de un sólido sector de proveedores capaces de desarrollar soluciones creativas que se traduzcan en mejoras significativas en términos de eficiencia, productividad, costo y seguridad. Por ende, lo que busca este programa es, enfocarse en el desarrollo de soluciones a los problemas de la minería que no han sido resueltos satisfactoriamente y

en fortalecer las capacidades de los proveedores para que sean capaces de generar esas soluciones de forma oportuna con estándares de excelencia internacionales. Lo anterior se logra mediante la capacidad de trabajo colaborativo entre proveedor y empresa minera.

Universidades y Centros de Investigación

A pesar de que Chile es el primer productor de cobre en el mundo, hace algunos años previo a la implementación del Programa de Proveedores de Clase Mundial no se había caracterizado por poseer una cantidad importante de entidades relacionadas a la investigación en temas mineros, ya que sólo dos centros de investigación se habían especializado en todas las etapas que involucra la actividad minera (exploración, explotación, procesamiento de minerales, fundición, refinado, regulación ambiental, entre otros). Estos centros eran:

1. Centro de Investigación Minera y Metalúrgica, CIMM

El CIMM fue creado en 1970 como una corporación de derecho privado, con el aporte de las principales empresas y organismos del sector, contando además con la cooperación internacional para suplir las necesidades de laboratorios adecuados en materia minera a objeto de constituirse como un centro de investigación. En 1993 redefinió su esquema, evolucionando del concepto de ser un “Centro” hacia la constitución de una “empresa tecnológica”, en el marco de una alianza entre el Estado y las empresas, capaz de brindar servicios para hacer frente al fuerte crecimiento que ha

experimentado el sector, y desarrollar simultáneamente actividades de investigación e innovación tecnológica de interés estatal, con una visión de largo plazo.

2. Investigación e Innovación Tecnológica en Codelco-Chile

La llegada al país de las más importantes empresas mineras del mundo, las cuales han traído modernas tecnologías, junto con la práctica del benchmarking de la gestión introducida por Codelco-Chile, motivó un fuerte incremento en las inversiones de desarrollo tecnológico y en los gastos de prospección minera de esta empresa.

- **Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia de CODELCO (IM2)**

En 1998, Codelco creó el Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia (IM2), cuya misión se orienta a la prospección y desarrollo de innovaciones tecnológicas en el ámbito minero y metalúrgico, cuya aplicación contribuya al incremento del valor de la Corporación.

Su labor está centrada en la formulación y ejecución de proyectos tecnológicos con visión de largo plazo, la que realiza de un modo flexible a través redes internas y externas para potenciar el uso de las capacidades científicas y técnicas. En esta dirección, destacan los siguientes Programas Tecnológicos, y que se desarrollan a su vez, en forma corporativa:

- ✓ **Minería Subterránea**

- ✓ **Convertidor Teniente (CT)**

✓ **Procesamiento en Minería**

Alianzas Tecnológicas

Junto con fortalecer las capacidades internas en desarrollos tecnológicos, Codelco ha iniciado un agresivo plan de alianza con empresas y centros de investigación para llevar a cabo actividades de interés común, compartiendo costos, riesgos y beneficios.

1) **Alliance Copper Ltd.**, es una sociedad entre Codelco y BHP-Billiton, que tiene por propósito la búsqueda de oportunidades de negocios mineros metalúrgicos, a través del desarrollo y uso de la tecnología de biolixiviación de concentrados, lo cual permitirá explotar yacimientos con altos contenidos de arsénico, y será una alternativa para su procesamiento en fundiciones.

2) **Programa en biominería.** Codelco posee cerca de 3 mil millones de recursos mineros de baja ley con contenidos significativos de calcopirita, que requieren de una tecnología competitiva para su explotación comercial. En ese contexto, Codelco firmó, junto con el Ministerio de Economía, CORFO y CONYCYT, un Convenio de Desarrollo en Biominería, que se integra en la Iniciativa Genoma Chile del Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica del Gobierno de Chile.

3) **Convenio Marco Outokumpu.** En el año 2001, Codelco y Outokumpu firmaron un memorándum de entendimiento, en el que se reconoce la complejidad de las empresas y el potencial de cooperación para incrementar las oportunidades mutuas de negocios en los siguientes ámbitos: cooperación y desarrollo de innovaciones tecnológicas; y

alianzas para explorar, desarrollar y explotar negocios en la industria de cobre en otros países.

Una vez instaurado el Programa de Proveedores de Clase Mundial, se buscó dar un apoyo a los proveedores no sólo en la estandarización de sus soluciones sino también en sus procesos de escalamiento e internacionalización. Por ende el rol de las Universidades y de los Centros de Investigación han empezado a jugar un rol relevante , dentro de los que se destacan:

Universidades de apoyo de la componente tecnológica

- Universidad de la Frontera (UFRO), Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), Pontificia Universidad Católica (PUC), Universidad de Chile (UCH), Universidad de Antofagasta entre otras.

Centros de Investigación

- **Innova Chile (de CORFO), CICITEM, Endeavor.**

Instauración del Centro de Investigación CSIRO Chile

La fundación CSIRO Chile , se instaló en Chile en el año 2011 y promueve la colaboración entre Chile y Australia en entregar investigación aplicada de clase mundial en minería, procesamiento mineral entre otros. Una de las mayores críticas de CSIRO al modelo chileno es que el patrón de desarrollo tecnológico de Chile ha sido por mucho

tiempo salir a buscar tecnologías afuera e importarlas, el tema es que ése patrón no sirve y lo que se debe hacer es desarrollar soluciones específicas a las necesidades que se tienen. Por ende la instauración de CSIRO en Chile es estratégica ya que Australia ha venido desarrollando desde hace tiempo diversas iniciativas que avanzan en potencial al sector minero.

Encadenamientos “hacia los lados”

Al igual que en el caso de Australia, en esta categorización se encuentran las empresas de: generación y distribución de energía eléctrica, gas y agua, servicios de comercialización, servicios financieros, telecomunicaciones, infraestructura vial y portuaria, agencias portuarias y de aduanas, construcción, comercio, turismo, compañías aseguradoras, Isapres, AFPs, fundaciones o instituciones sin fines de lucro, organismos gubernamentales, universidades y centros de investigación tecnológica.

El Programa de Proveedores de Clase Mundial, busca dar apoyo a los proveedores no sólo en la estandarización de sus soluciones sino también en sus procesos de escalamiento e internacionalización. El organismo de gobierno a cargo de este proceso es la **Corporación de Fomento a la Producción (CORFO) en colaboración con Fundación Chile.**

Podemos destacar que en términos de infraestructura se observa un alto desarrollo, en especial en lo relacionado con puertos para la exportación de los minerales al exterior, destacan en la región de Antofagasta:

- Empresa Portuaria de Antofagasta
- Antofagasta Terminal Internacional
- Puerto Coloso
- Puerto Mejillones
- Complejo Portuario Mejillones
- Puerto Angamos

Encadenamientos “hacia adelante”

Chile, es el principal productor del metal rojo del mundo, alcanza esa imponente marca gracias a las 5.500.000 toneladas de cobre mina que extrae de sus generosos yacimientos. Por otro lado, exporta el mayor número de cátodos de cobre, pero las 2.700.000 toneladas embarcadas revelan algo evidente: el país sigue siendo un productor de materias primas donde la agregación de valor aún tiene espacio por delante.

Al igual que en el caso australiano, los encadenamientos productivos hacia adelante estarían conformados por las plantas de beneficio, fundiciones y refinerías de cobre, las empresas manufactureras de cobre y de empresas de otros sectores productivos que utilizan los productos de la minería como insumo para la producción de sus propios productos, por ejemplo la industria química (por ejemplo productos metálicos y no metálicos) y forestal (ácido sulfúrico).

Para el caso de Chile, se observan 2 aspectos relevantes a considerar:

- i. Primero se observa que los encadenamientos hacia adelante muestran un*

menor desarrollo con una importante exportación de concentrados de cobre.

- ii. Por otro lado, Codelco es uno de los principales productores de molibdeno del mundo, el molibdeno es el principal subproducto del cobre, que se obtiene a partir de los minerales sulfurados durante el proceso de separación del cobre. Este es un elemento metálico muy requerido en los mercados internacionales pues se utiliza para aleaciones de aceros especiales y otras aleaciones con atributos especiales de durabilidad, fortaleza y resistencia al calor y la corrosión.*

En este sentido, es importante ver cómo es posible el incremento de la cadena del valor en todas las etapas del proceso minero, fundamentalmente en lo referido a fundición y refinación. A continuación se realiza un análisis de la producción de concentrados y fundición en Chile, que permita determinar el estado actual de esta actividad.

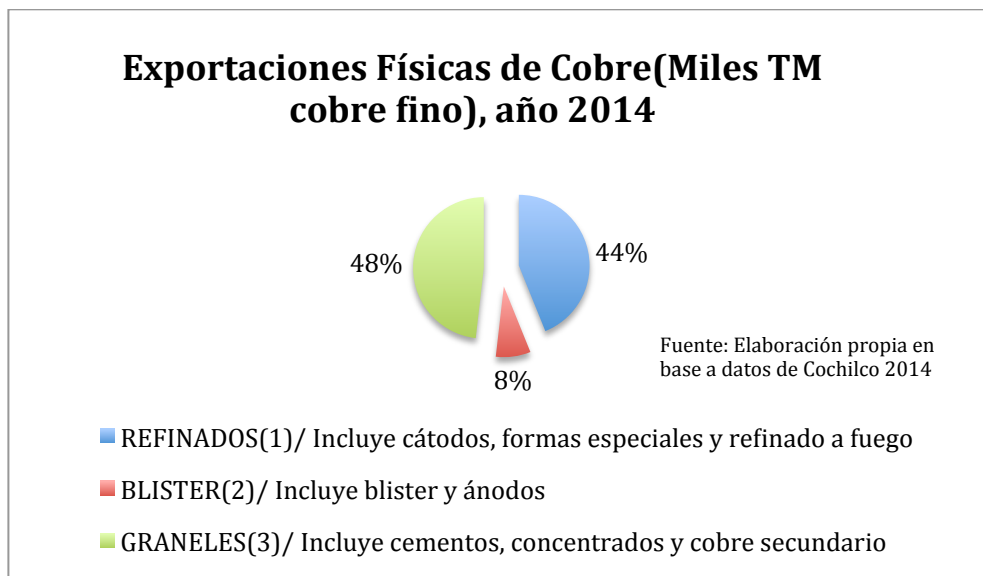
Actualmente, Chile produce más de 3,2 millones de toneladas/año de cobre en la forma de concentrados, lo cual representa un 38% de la producción mundial. En los últimos años ha habido un importante incremento debido a la puesta en marcha de nuevos proyectos mineros de cobre. Esta producción ha generado una creciente disponibilidad de concentrado en el país. Por su parte, la producción de cobre de fundición se ha mantenido en los últimos años.

La crítica en relación al punto anterior, se sustenta en que gran parte de la producción nacional de cobre se exporta como concentrado, y por ende, se menciona que sería mejor para Chile si estos recursos fueran fundidos y refinados en el país lo que desencadenaría en la creación de empleos y valor agregado para la economía local. El costo de

oportunidad de exportar cobre en concentrados es relevante, Dulanto (1999) lo estima en US\$ 1.500 millones anuales (2001); Lagos (1999) computa US\$ 4.427 millones (1990-1998). Estas estimaciones sólo comprenden los cargos por fundición y tratamiento que se descuentan del precio del refinado.

Datos

En base a datos de Cochilco 2014, la minería del cobre en Chile representa el 50% de los envíos al exterior de Chile y el 92% de las exportaciones mineras, alcanzando un valor de 38 mil millones de dólares FOB en 2014. Del total exportado de cobre, un 44% corresponde a refinados (cátodos) , un 48% a graneles (concentrados) y 8% a blíster y ánodos.



Como se observa a partir de la gráfica los graneles (concentrados) representan el mayor porcentaje 48%.

A partir de los datos presentados anteriormente, resulta interesante investigar a qué valor corresponden dichas exportaciones, en base a datos del Banco Central de Chile y de Sernageomin “Anuario de la Minería, 2013”, se consideran interesantes los siguientes datos:

	Refinados	Blíster	Graneles
Exportación en miles de tmf	2.586	469,8	2.534,30
Exportación US\$ millones (FOB)	18.396,0	3.597,5	16.603,20
US\$ millones/tmf	7,11	7,65	6,55

A partir de los datos, surgen algunas conclusiones interesantes.

Si observamos las exportaciones en miles de tmf , la diferencia es mínima en los refinados y graneles. El valor de las exportaciones en millones de dólares es muy cercano en el caso de los graneles y de los refinados, con una diferencia de 1.792,8 millones de dólares. **Quizás la conclusión más importante a partir de los datos, es que Chile podría duplicar su capacidad de refinamiento de cobre considerando que tiene la materia prima para hacerlo (cobre granel) ,pudiendo exportar el doble de cobre refinado y por ende generar un ingreso adicional para Chile del orden de**

magnitud de la cifra presentada.

Por otro lado, resulta interesante obtener la producción de cobre por tipo de producción los resultados se muestran a continuación (valores en miles de TM de cobre fino):

II) POR PRODUCTOS / By Product Type	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
PRODUCCIÓN DE MINA / Mine Production	5.412,5	5.320,5	5.360,8	5.557,0	5.327,6	5.394,4	5.418,9	5.262,8	5.433,9	5.776,0
PRODUCCIÓN DE FUNDICIÓN / Smelter Production	1.517,6	1.558,1	1.565,4	1.514,3	1.369,2	1.522,3	1.559,8	1.522,3	1.342,4	1.358,3
PRODUCCIÓN DE REFINADO / Refined Production	2.836,7	2.824,0	2.811,3	2.936,5	3.057,6	3.276,6	3.243,9	3.092,4	2.902,0	2.754,9
Cátodos SX-EW / SX-EW cathodes	1.636,3	1.584,6	1.691,8	1.832,1	1.971,0	2.117,5	2.088,5	2.024,8	2.028,8	1.932,9
Cátodos E.R. / ER cathodes	1.050,6	1.077,0	958,2	985,4	987,7	1.071,3	1.054,9	998,6	873,2	822,0
Refinado a fuego / Fire refined	149,8	162,4	161,3	119,0	98,9	87,8	100,5	69,0	0,0	0,0

Podemos observar que, en términos de producción la producción de mina ocupa el primer lugar, el segundo lugar corresponde a la producción de refinado y por último la producción de fundición. Analizando los datos, queda en evidencia que la producción de mina es más del doble de la producción de refinado y más de 4 veces la producción de fundición, esto apoya la idea de que una proporción bastante menor de la producción de mina en Chile, sigue su curso para el proceso de refinado o fundición.

Fundiciones y Refinerías

Un tema preocupante en Chile en relación a este punto, es que en los últimos años no se han instalado nuevas fundiciones y refinerías, esto es el reflejo de que estas inversiones no son rentables. Lo anterior implica que si la fundición y refinación fuera rentable, no habría necesidad de políticas públicas, ya que las empresas mineras tendrían todos los incentivos que necesitan para el tratamiento de su concentrado de cobre en Chile.

Lo anterior se explica en gran parte porque la fundición y refinación son en realidad

negocios distintos de la minería y el procesamiento mineral, a pesar de que ambos conjuntos de operaciones son parte del proceso del cobre. **La extracción y tratamiento dependen fundamentalmente de la disponibilidad de minerales a bajo costo, mientras que la fundición y la refinación constituyen un negocio altamente demandante de energía e intensivo en capital.** Por otro lado, algunos países consumidores de cobre, en particular China y Japón, subsidian la fundición y refinación de la industria mediante la imposición de aranceles más bajos sobre los concentrados de cobre refinado.

Por lo tanto, lo anterior nos deja una importante conclusión: Chile puede promover la fundición y refinación doméstica sólo si está dispuesto a subsidiar estas actividades.

Esto sería así si incluso el Gobierno tuviera que exigir a las empresas mineras fundir y refinar el cobre antes de exportarlo. Tal restricción aumentaría el costo de la producción nacional, lo que en esencia sería un tipo de impuesto que el Gobierno pondría en lugar de percibir recursos adicionales.

A continuación se muestra una tabla con las principales fundiciones chilenas:

Principales Fundiciones Chilenas

Fundición	Propiedad	Kt Cu/año	Tipo
Chuquicamata (*)	Codelco	450	Integrada
Altonorte (*)	Glencore	350	Custom Smelter
Potrerrillos	Codelco	177	Integrada
H.Videla Lira	Enami	84	Custom Smelter
Ventanas	Codelco	105	Integrada
Chagres	Anglo American	140	Integrada
Caletones (*)	Codelco	400	Integrada

* Fundiciones ubicadas dentro de las 20 mayores del mundo

- **Fundición Integrada:** opera casi absolutamente integradas al productor primario de concentrados, y se ubican en las cercanías de la mina.
- **Custom Smelter:** no poseen concentrados propios, o son menores respecto de su capacidad, por lo que compran su abastecimiento o se unen como socio en la

producción primaria.

En relación a las **refinerías**, se cuenta con 3, todas estas pertenecientes a CODELCO, es decir, son estatales:

- i. Chuquicamata
- ii. Potrerillos
- iii. Ventanas

De las fundiciones anteriormente señaladas formarían parte del clúster minero de Chile, considerando localización geográfica las tres primeras.

Actualmente (2015) el Ministerio de Minería creó una comisión denominada “ Comisión de Fundiciones y Refinería”, ésta se encuentra realizando un estudio para definir si Chile debe o no invertir en ellas en los próximos años y de ser así, determinar los lugares más adecuados para su instalación. Esto se esta realizando considerando que las fundiciones y refinerías brindan flexibilidad al permitir tratar en el país parte de los concentrados, por ende son estratégicas para Chile y Codelco, porque de no contar con la capacidad necesaria, existiría un mayor riesgo o exposición al mercado, al depender de una capacidad controlada por terceros. Pero se menciona también que el escenario de las fundiciones es complejo debido en gran parte a la pérdida de competitividad frente a sus similares de China y otros países de la OCDE.

Otro punto relevante a la hora de considerar los encadenamientos hacia adelante tiene relación con la producción de litio. Chile lidera la producción mundial de litio, tras

producir en 2013, 13.500 toneladas, así se desprende del Informe del año 2014 sobre el litio que presentó el Servicio Geológico de Estados Unidos. En el documento se hace referencia al aumento del consumo mundial de litio por la expansión que vive el mercado de las baterías, tanto para equipos de comunicación como de vehículos de transporte. Lo anterior evidencia que Chile no debe enfocarse únicamente en la exportación del litio sino que trabajar en darle un valor agregado dada la creciente demanda mundial.

En cuanto a la producción de las refinerías en Chile en relación al cobre se destaca: cátodos de cobre(planchas de un metro cuadrado y un peso de 55 kg), cobre blíster , ánodos de cobre, cobre RAF y molibdeno(subproducto del cobre).

Industria Manufacturera

Respecto a las **empresas manufactureras de cobre**, estas compran sus insumos a la minería y venden su producción ya sea en el mercado local o exportan manufacturas de cobre a otros países.

Hace unos años atrás habían tres empresas que eran parte de la industria manufacturera de cobre en Chile, estas eran Madeco, Cocesa y Armat. Pero lo relevante es que dos de estas empresas cerraron hace algunos años y sólo una se mantiene, Armat y Madeco cerraron sus puertas en el año 2012 y 2014 respectivamente. Hoy se mantiene en el mercado sólo Cocesa, produciendo en una escala muy menor, alambres de cobre, alambrón de cobre, cables eléctricos y cables de cobre.

Madeco, era la mayor firma manufacturera de cobre en Chile, exportando hasta un 70% de las 2.000 toneladas de cobre que procesaba cada mes, no sólo a las naciones vecinas de Perú y Argentina, sino que también a lugares lejanos como América del Norte y Europa. Se caracterizaba por la producción de tubos de cobre y cables de cobre. El año 2014 Madeco llegó a su fin, la decisión de cerrar se fundamentó en la sostenida pérdida de competitividad de esta unidad de negocios y principalmente por el aumento de diversos costos dentro de los que se encuentran la energía eléctrica y los salarios relativamente altos.

Lo anterior presenta un debate en cuanto al desarrollo de la industria manufacturera en Chile, de acuerdo al estudio “Caracterización de la Industria Manufacturera de Cobre Nacional” elaborado por la COCHILCO, existen algunas limitaciones para el crecimiento y desarrollo de las empresas que participan en el negocio de las manufacturas de cobre y para los potenciales entrantes al mercado:

- Las exportaciones enfrentan un sistema con progresividad en las tasas *arancelarias*, gravando en mayor medida aquellos productos que tengan mayor valor agregado.
- El costo asociado a los fletes y seguros, puesto que transportar productos manufacturados es más costoso que transportar cátodos de cobre. Esta variable se debe considerar, ya que los principales países consumidores de manufacturas se encuentran en Asia, Europa y América del Norte.

- La especialización que se da en este sector es otro elemento que explica el bajo desarrollo que ha tenido esta industria, debido a que se requiere tener muchas instalaciones y procesos asociados para la gran variedad de productos que existen en el mercado.
- El reducido consumo del mercado chileno.
- Altos costos de energía eléctrica, salarios relativamente altos.

A pesar de las limitaciones que enfrentan las operaciones basadas en la refinación y distribución de cobre, varias empresas en Chile están buscando oportunidades relacionadas con nuevas aplicaciones usando algunas de las propiedades menos conocidas del metal. Un importante actor es Codelco, el principal productor de cobre del mundo, a través de su filial INCUBA.

- Una de las áreas que se ha desarrollado en el último tiempo es la del cuidado de la salud. El mayor fabricante de calcetines en Chile, Monarch, lanzó su marca de calcetines SaniCopper, la que tiene tejido de cobre en sus fibras, estos calcetines poseen propiedades antibacteriales.
- EcoSea, es una empresa del área de acuicultura y establecida con el respaldo de Codelco y sede en la ciudad de Puerto Montt, ha estado fabricando jaulas hechas a partir de cobre, además de ser más durables y totalmente reciclables, impiden la formación de colonias en la malla. La empresa también ha comenzado a exportar a China, Turquía, Escocia y Hawaii.

A partir del **“Anuario de Estadísticas del Cobre y otros minerales, Cochilco”**, se

obtienen datos del valor de las exportaciones de los manufacturados de cobre y de la minería no metálica para el caso de Chile.

VALORES DE LOS EMBARQUES DE EXPORTACIÓN MANUFACTURADOS DE COBRE Y PRODUCTOS DE LA MINERÍA NO METÁLICA
Copper Semis and Industrial Minerals Product Exports (US\$)

(Millones de US\$ FOB de cada año) / (Millions of Current US\$ FOB)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
PRINCIPALES PRODUCTOS DE COBRE⁽¹⁾/ Leading Copper Semis	313,0	647,4	790,8	740,3	418,8	676,5	787,8	705,9	645,3	665,2
Cobre aleado / Copper Alloys	0,1	0,4	1,2	0,5	0,5	0,7	1,1	0,4	0,4	0,5
Barras y perfiles de cobre / Copper Shapes	15,3	36,2	46,0	36,4	21,5	35,0	46,6	40,8	32,0	25,9
Chapas gruesas de cobre / Copper Plates	42,3	78,7	49,4	37,4	13,1	19,7	3,6	0,5	0,6	0,3
Chapas delgadas de cobre / Copper Strips	3,1	6,1	5,3	4,8	1,7	3,9	0,3	3,9	0,0	1,0
Tubos de cobre / Copper Pipes and Tubes	27,9	50,4	41,6	51,1	38,7	62,3	68,1	57,3	61,5	25,5
Alambre de cobre / Copper Wire and Rods	191,4	412,6	554,3	487,6	282,3	463,7	537,3	501,8	456,5	514,7
Accesorios de cobre para tuberías / Copper Tube or Pipe Fittings	0,5	1,8	1,2	0,8	0,8	1,3	0,9	1,2	1,0	1,3
Cables de cobre desnudos / Uncoated Copper Cables	1,1	2,7	4,3	4,4	1,7	5,5	7,4	7,7	7,4	6,3
Cables de cobre revestidos / Coated Copper Cables	17,3	42,6	66,6	78,5	42,7	60,5	88,8	62,1	65,3	71,0
Cospes de cobre / Coin Blanks	8,8	9,5	5,8	1,3	0,7	1,0	0,8	0,0	0,0	0,0
Sulfato de cobre / Copper Sulfate	4,9	6,4	15,1	37,6	15,1	22,9	32,9	30,3	20,6	18,7
PRINCIPALES PRODUCTOS DE LA MINERÍA NO METÁLICA/ Leading Industrial Minerals	266,7	286,1	328,1	803,5	594,0	776,5	940,1	1.081,4	1.269,1	1.271,6
Ácido bórico / Boric Acid	25,3	32,3	35,9	63,5	56,7	62,7	83,5	72,2	64,2	62,5
Cloruro de litio / Lithium Chloride	2,5	3,0	10,6	11,0	5,1	7,7	10,5	13,8	11,9	11,8
Yoduros de potasio / Potassium Iodide	22,7	30,3	30,2	30,1	24,4	32,6	45,1	35,7	37,3	30,8
Yodato de potasio y calcio / Potassium and Calcium Iodate	5,8	7,4	5,4	5,3	4,5	7,7	8,7	12,6	14,8	6,4
Nitrato de potasio / Potassium Nitrate	161,9	155,6	172,6	474,2	184,2	286,9	361,8	362,2	592,7	654,9
Cloruro de potasio / Potassium Chloride	3,8	5,2	13,9	41,0	240,4	321,7	385,1	508,8	501,1	425,1
Sulfato de potasio / Potassium Sulfate	31,5	40,8	45,4	156,6	65,2	31,4	17,1	54,7	19,3	56,4
Mezclas de abonos / Fertilizer Mix	13,2	11,1	12,9	21,5	13,5	25,3	26,6	19,3	26,6	22,9
Cementos / Cement	(a)	0,4	1,2	0,3	0,0	0,5	1,8	2,1	1,2	0,8
TOTAL	579,7	933,5	1.118,9	1.543,8	1.012,8	1.453,0	1.727,9	1.787,3	1.914,4	1.936,8

⁽¹⁾ Incluye manufacturas de cobre más cobre aleado y sulfato de cobre / Includes copper semis, copper alloys, and copper sulfate.

(a) Valor inferior a 50 mil dólares / Under US\$50,000.

Fuente / Source: - Banco Central / Central Bank.

EMBARQUES DE EXPORTACIÓN MANUFACTURADOS DE COBRE Y PRODUCTOS DE LA MINERÍA NO METÁLICA
Copper Semis and Industrial Minerals Product Exports

(Toneladas métricas Netas) / (Net MT)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
PRINCIPALES PRODUCTOS DE COBRE⁽¹⁾										
Leading Copper Semis										
Cobre aleado / Copper Alloys	14,3	64,1	139,0	56,8	70,0	85,5	100,8	34,7	36,6	49,3
Barras y perfiles de cobre / Copper Shapes	4.840,0	6.454,0	6.894,0	5.600,0	4.703,0	5.728,0	6.593,0	6.152,0	5.185,0	4.409,0
Chapas gruesas de cobre / Copper Plates	9.843,0	10.450,5	6.281,8	4.449,5	2.250,0	2.386,0	350,0	46,1	40,0	38,0
Chapas delgadas de cobre / Copper Strips	698,0	792,0	625,4	518,5	302,1	447,2	27,4	512,2	2,1	6,0
Tubos de cobre / Copper Pipes and Tubes	6.305,0	6.826,0	4.972,0	6.153,0	6.385,0	7.314,0	6.636,0	6.081,0	7.001,0	4.102,0
Alambre de cobre / Copper Wire and Rods	48.889,0	58.058,0	60.904,0	62.272,0	55.208,0	59.786,0	57.483,0	60.400,0	59.550,0	70.633,0
Accesorios de cobre para tuberías / Copper Tube or Pipe Fittings	57,0	105,0	65,2	43,3	67,7	126,3	76,4	102,5	79,1	55,8
Cables de cobre desnudos / Uncoated Copper Cables	252,0	410,0	476,0	543,0	309,0	746,0	742,0	935,0	1.004,0	907,0
Cables de cobre revestidos / Coated Copper Cables	4.194,0	6.353,0	8.816,0	9.786,0	6.488,0	8.195,0	8.668,0	7.223,0	8.129,0	8.720,0
Cospeles de cobre / Coin Blanks	1.448,0	1.193,0	525,0	95,0	57,0	90,4	69,7	0,1	1,0	1,0
Sulfato de cobre / Copper Sulfate	5.103,0	4.272,0	8.053,0	17.388,0	11.413,0	11.995,0	14.207,0	14.314,0	10.152,0	9.198,0
PRINCIPALES PRODUCTOS DE LA MINERÍA NO METÁLICA/ Leading Industrial Minerals										
Ácido bórico / Boric Acid	61.895,0	76.957,0	82.546,0	86.792,0	88.398,0	104.831,0	98.394,0	86.803,0	87.515,0	91.625,0
Cloruro de litio / Lithium Chloride	767,5	946,5	4.280,1	4.716,1	2.489,0	3.471,0	4.302,0	4.123,0	3.597,0	3.146,0
Yoduros de potasio / Potassium Iodide	1.397,9	1.500,0	1.436,0	1.530,0	1.115,0	1.537,0	1.583,0	848,0	857,0	827,0
Yodato de potasio y calcio / Potassium and Calcium Iodate	426,2	455,0	310,0	291,0	221,0	385,0	292,0	293,0	371,0	208,0
Nitrato de potasio / Potassium Nitrate	453.895,0	394.942,0	439.453,0	432.253,0	229.119,0	440.951,0	401.999,0	426.257,0	710.224,0	853.806,0
Cloruro de potasio / Potassium Chloride	21.900,0	25.843,0	66.420,0	54.811,0	449.356,0	1.092.437,0	931.030,0	1.186.732,0	1.358.225,0	1.418.729,0
Sulfato de potasio / Potassium Sulfate	124.609,0	146.143,0	143.242,0	138.793,0	90.821,0	65.060,0	26.235,0	89.007,0	30.363,0	90.293,0
Mezclas de abonos / Fertilizer Mix	34.102,0	29.494,0	24.325,0	23.223,0	22.162,0	28.203,0	28.463,0	19.560,0	28.416,0	25.319,0
Cementos / Cement	38,6	8.143,0	28.236,0	3.023,0	13,2	5.889,8	19.687,0	25.347,1	12.140,4	8.050,0

⁽¹⁾ Incluye manufacturas de cobre más cobre aleado y sulfato de cobre / Includes copper semis, copper alloys, and copper sulfate.
Fuente / Source: - Banco Central / Central Bank.

Analizando las tablas anteriores podemos concluir lo siguiente para el caso de Chile:

- i. Las exportaciones de los principales productos del cobre tienen un valor de US \$ FOB 665,2 millones en el año 2014 , que corresponden a un total de 98.119 toneladas métricas netas.
- ii. Las exportaciones de los principales productos de la minería no metálica tienen un valor de US \$ FOB 1.271,6 millones en el año 2014, que corresponden a un total de 2.492.003 toneladas métricas netas.
- iii. Las exportaciones de los principales productos del cobre y de los principales productos de la minería tienen un valor total de US \$ FOB 1.936,8 millones.

iv. Si consideramos que el total de las exportaciones mineras para el caso de Chile tienen un valor de US \$ 41.440 millones podemos obtener los siguientes datos:

Datos año 2014	Chile
Exportaciones Mineras US\$ millones	41.440
% que representan las exportaciones de los principales productos del cobre sobre el total de exportaciones mineras	1,6 %
% que representan las exportaciones de los principales productos de la minería no metálica	3,1 %

Una conclusión relevante, a partir de los datos obtenidos, es que considerando que Chile tiene las mayores reservas de cobre del mundo, el valor agregado que se le da a la materia prima (cobre) para exportación representa un 1,6% de las exportaciones totales de la minería, lo cual es un número bastante marginal. Esto apoya la teoría de que Chile debe trabajar en políticas que permitan un mayor desarrollo de la industria de manufactura. Por otro lado observamos que el porcentaje de exportación de los principales productos no metálicos (3,1%) representa un porcentaje mayor que el que representa los principales productos del cobre (1,6 %) en términos de las exportaciones totales de la minería.

A continuación se presenta una gráfica con los principales flujos y redes del clúster minero Chileno.

Mapeo del Clúster Minero Chileno

Flujos y Redes del Cluster Minero Chileno



Fuente: Elaboración Propia

Comparación Proveedores de la Minería de Australia y de Chile

Resulta interesante realizar una comparación de la situación de las METS de Australia y Chile. Para realizar la comparación se recurrió a la publicación “El cobre chileno como plataforma de innovación tecnológica (Patricio Meller y Joaquín Gana), en esta publicación se realiza una comparación de los principales indicadores de proveedores de la minería 2012, éste se presenta en el siguiente recuadro .

PRINCIPALES INDICADORES DE PROVEEDORES DE LA MINERÍA 2012

	Australia	Chile
Ventas Totales (estimadas, US\$ millones)	90.000	20.000
Exportaciones Totales (estimadas, US\$ millones)	27.000	n.d.
Número de empresas	1.500	5.998
Porcentaje de empresas de propiedad nacional	84%	n.d.
Porcentaje de empresas que realizan exportaciones	55%	34%
Empresas exportadoras cuyas X superan el 10% de las ventas totales	47%	28%
Intención de exportar a futuro*	17%	8%
Edad promedio de las empresas	27	17
Empleo generado por la industria minera (nº de trabajadores)	386.000	1.026.000
Empresas que reportan ventas mayores o iguales en el último año	73%	87%
Empresas que reportan igual o mayor nº de empleados en el último año	76%	76%
Empresas que reportan crecimiento en empleo y ventas	50%	n.d.

Fuentes: Austmine (2013) para Australia; Fundación Chile (2014) para Chile.

Nota: En Australia, Ventas considera otros sectores también y se consideró el Tipo de Cambio promedio de 2012 respecto al US\$; en Chile, Ventas es solo ventas al sector minero. * Intención de exportar para Chile refiere al porcentaje de empresas que lo intentaron sin mayores resultados en 2012.

Primero hay que mencionar que la fuente de estos datos es fidedigna, considerando que tanto en el caso de Chile como de Australia son instituciones reconocidas. Pero a simple

vista surgen algunas dudas en relación a algunos indicadores , por ejemplo:

1. Chile tiene alrededor de 4 veces más empresas proveedoras que Australia.
2. Los proveedores de la minería en Chile tienen más trabajadores que las Australianas.

En base a estas dudas, es que fue importante llegar a la fuente principal de la cual se obtuvieron cada uno de estos indicadores tanto para Chile como para Australia. **Para el caso chileno la fuente de datos es del “Estudio de Caracterización de Proveedores de la Minería 2014 (Fundación Chile)”**, para el caso australiano la fuente de datos es de **“Australia`s new driver for growth, Mining Equipment, Technology and Services (Autsmine Australia)”**. La sorpresa fue que los principales indicadores de proveedores que existen para el caso de Australia son obtenidos a través de la encuesta más grande jamás realizada acerca de las METS sector de equipos de minería, tecnología y servicios de ese país. La encuesta realizada recibió 930 respuestas individuales, lo que equivale a un total de 860 empresas. Por lo tanto, considerando que el sector METS en Australia se estima estar integrado por 1200-1500 empresas, se menciona en este informe que un panorama completo y válido del sector se puede construir. La encuesta fue distribuida por un número de socios de la industria para empresas de todos los tamaños, incluyendo multinacionales, grandes australianos, las PYME y la creación de empresas de todas partes de Australia.

Por ende, las dudas que se presentan en la tabla construída por Meller, responden a que el estudio más completo del que se tiene información para METS en Australia no

considera todo el universo de firmas que la componen, pero nos acerca lo más posible a la realidad que existe en Australia.

1) Para el caso de Australia, las ventas totales de las METS se estiman en US\$90.000 millones, en el caso de Chile se estiman en US\$20.000 millones (sin considerar energía y combustibles).

En el caso chileno, se estimó que la Gran Minería realizó compras de bienes y servicios a proveedores por US\$20.000⁸ millones excluyendo la adquisición de energía y combustibles, reportado esta cifra representa el 7,4% del PIB chileno, y el 25% del monto total de exportaciones del país para el año 2012. Un 93% de las compras fueron realizadas a empresas proveedoras constituidas en el país (Fundación Chile, Cochilco).

Lo anterior nos muestra una brecha importante (US\$70.000 millones), al comparar las ventas totales para el caso de Australia y Chile, y evidencia que los resultados alcanzados por el primero han sido consecuencia de innumerables políticas que se han desarrollado durante un largo periodo de tiempo (nombradas en la parte de mapeo de clúster) y que Chile actualmente debe buscar imitar.

2) De las ventas totales US\$90.000 millones de las METS en Australia, un valor de US\$27.000 millones corresponden a exportaciones (2012). En el caso de Chile las ventas totales son de US\$20.000 millones, de los cuales al año 2012 no se había realizado una estimación de las exportaciones de los proveedores chilenos, pero al

⁸ Se realizó una estimación lineal del total de compras en base a la producción de cobre de las compañías representadas en la Primera Encuesta de Compra de Bienes y Servicios de Compañías Mineras.

año 2014 ya se cuenta con esos datos estimados. El monto de las exportaciones asciende al valor de US\$537 millones. La información sobre éstas, se elaboró utilizando datos de ProChile y del registro de proveedores REGIC⁹ de Achilles. Utilizando este listado se realizó un primer filtro en la base de datos de ProChile y se seleccionó solo a las empresas proveedoras de la minería.

Para el año 2014 en Chile, 329 empresas proveedoras exportaron productos y/o servicios por un monto de US\$ 537 millones, este monto representó un 0,72% de los envíos totales chilenos considerando todos los sectores económicos que realizan embarques y un 1,3% de las exportaciones del sector minero, estas exportaciones alcanzaron montos máximos de US\$ 654 millones en el año 2012. Lo interesante a tener en consideración es que se observa cierta relación entre los volúmenes exportados y el precio del cobre, en los años de menores precios (2010 y 2014) las exportaciones son las menores en la serie de datos.

⁹ Este registro, perteneciente a la empresa Achilles que califica y evalúa a proveedores en nombre de grandes compradores (en este caso empresas de la gran minería chilena), posee una base de datos con 4.566 empresas inscritas en Chile, las cuales fueron utilizadas para la estimación.

Tabla 1: Exportaciones y número de empresas proveedoras 2010-2014

	2010	2011	2012	2013	2014
Monto (US\$MM FOB)	503	649	654	572	537
Nº Empresas	308	310	345	324	329

Exportaciones Chile	Monto millones US\$
Exportaciones totales de Chile	US\$ 74.942
Exportaciones Minería	US\$ 41.440
Exportaciones Proveedores	US\$ 537

Datos Proveedores de la Minería año 2014	Chile
Monto Exportaciones Proveedores US \$ millones	537
% de las exportaciones de proveedores en relación a las exportaciones totales del país	0,72%
% de las exportaciones de proveedores en relación a las exportaciones del sector minero del país	1,3%

A efectos comparativos es interesante considerar que alrededor de unas 50 veces más que Chile es el monto que exportan anualmente los proveedores mineros de Australia. El tema en relación con esta conclusión es que si bien esta gran brecha con el país oceánico en esta materia no se condice con el sitio que posee nuestro país como principal productor mundial de cobre, la distancia constituye también una gran oportunidad de negocios para las firmas locales que abastecen a la minería.

El caso de **Australia** es interesante ya que a partir de la explotación minera ha logrado construir un sector de Equipamiento, Servicios y Tecnología para la Minería (METS, Mining Equipment, Technology and Services) con **exportaciones anuales de 27 mil millones de dólares. Además este sector aporta el 6,5% del valor agregado bruto**

nacional (que se compara con un 11,5% generado directamente de la extracción y procesamiento minero), el 6,75% del empleo total australiano (que se compara con un 3,25% generado directamente de la extracción y procesamiento minero) y alrededor del 9% del PIB total de Australia.

Datos Proveedores de la Minería	Australia
Monto Exportaciones Proveedores US \$ millones	27.000
% de aporte al valor agregado bruto nacional	6,5%
% de aporte al valor agregado de la extracción y procesamiento minero	11,5%

Exportaciones AUS	Monto millones US\$
Exportaciones totales de Australia	US\$ 252.728
Exportaciones Proveedores	US\$ 27.000

Las exportaciones de los proveedores de la minería en Australia, representan un 10,7% de las exportaciones totales de Australia, versus un 0,72% en el caso de Chile, este es un dato relevante a considerar ya que muestran una gran brecha entre ambos, y por ende, oportunidades para los proveedores de la industria minera.

Analizando los datos e indicadores en relación a los proveedores en Australia, es que surge una crítica importante en Chile ya que es complicado poder compararse con Australia considerando que no se dispone de cifras sistemáticas que permitan un seguimiento del sector, en relación al valor agregado en términos del PIB de las METS para el caso de Chile, pero considerando el valor del PIB de Chile para el año 2014 y el valor de las exportaciones de proveedores, podemos obtener una aproximación.

Datos 2014	
PIB Chile US \$ millones	257.986
Exportaciones Proveedores US \$ millones	537
% del PIB de las exportaciones de proveedores	0,21 %

Se concluye a partir de este análisis que el porcentaje de las exportaciones sobre el PIB es insignificante al compararlo con las cifras que representan estas exportaciones para el caso de Australia. En el caso de Chile esto se produce considerando que el sector METS

está muy subdesarrollado y que los montos de exportación son bajos y por ende revela la forma en que vemos la minería en Chile como la vaca lechera y no valoramos todo lo que la minería puede representar como plataforma para nuestro desarrollo.

A partir de lo anterior, resulta relevante tener un acercamiento de la importancia de los proveedores de la minería para el caso de Chile a partir de datos de COCHILCO:

- a) Para el año 2013, las importaciones de la minería ascendieron a US\$ 3.504 millones, las compras totales fueron de US\$27.690 millones, por ende se estima que el 87% de las compras de la minería fueron realizadas a empresas proveedoras constituidas en Chile.¹⁰
- b) Porcentaje promedio que representan la compra de bienes y servicios en los costos operaciones de las compañías mineras en Chile.

	Distribución Gastos operacionales minería	Excluyendo Remuneraciones directas, Energía, Combustibles y Lubricantes
Remuneraciones directas	14%	
Energía	20%	
Combustibles y lubricantes	6%	
Reactivos	4%	7%
Partes y piezas	8%	13%
Contratistas y consultores	14%	23%
Servicios Generales y mantención	16%	60% 27%
Insumos minas	3%	5%
Insumos plantas	8%	13%
Otros gastos	7%	12%

Tabla 18 Distribución de gastos operacionales de las empresas mineras

Fuente: Estimación en base a Consejo Minero 2009 y flujos del CONSEJO MINERO 2013

¹⁰ Este dato está subestimado dado que no incorpora las compras de la pequeña y mediana minería.

Analizando la tabla anterior observamos que el porcentaje promedio que representa la compra de bienes y servicios en los costos operacionales de las compañías mineras en Chile, asciende a 60%, con remuneraciones directas, energía y combustible explicando el 40% restante. Este dato es relevante ya que implica que la sustentabilidad y competitividad de la minería depende en gran medida de la sustentabilidad y competitividad de sus proveedores y aquí el potencial de desarrollo que debe aprovechar Chile.

- c) La demanda global de bienes y servicios para la minería se estima en US\$250.000 millones¹¹. Actualmente las exportaciones de los proveedores de Chile representarían el 0,2% de esta demanda. Datos del Ministerio de Minería apuntan a que si Chile lograra capturar el 3% de la demanda global de bienes y servicios de la minería, las empresas proveedoras podrían percibir hasta US\$1.500 millones sólo por concepto de exportaciones.

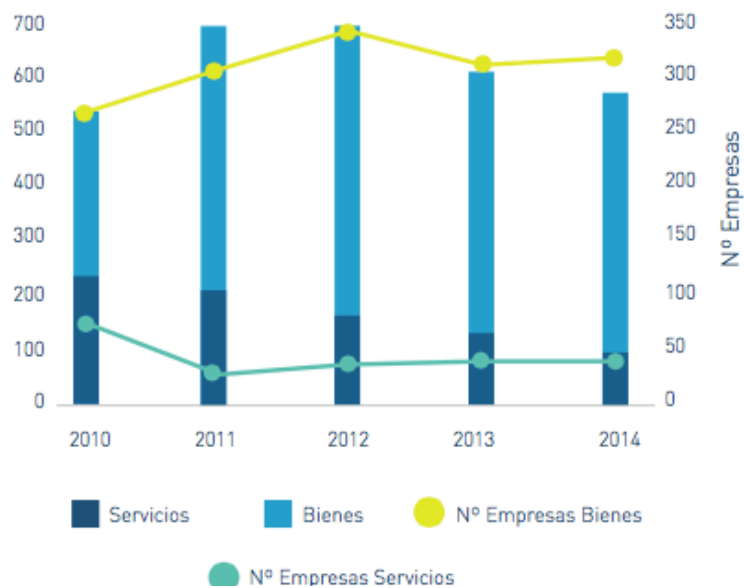
Una comparación interesante en relación con las tablas de exportaciones presentadas anteriormente, es que todas las exportaciones de la minería en Chile son de alrededor de US\$ 40.000 millones, y sólo las exportaciones de los proveedores de Australia concentran más de dos tercios de todas las exportaciones de la minería de Chile, con un valor de US\$ 27.000 millones. Esta comparación, nos demuestra la importancia que ha tomado el desarrollo de las METS en Australia, y

¹¹ The Boston Consulting Group, 2007

lo que puede significar para Chile el desarrollo de este sector.

A continuación se analizarán algunos datos importantes de los proveedores de la Minería en Chile y Australia para efectos comparativos.

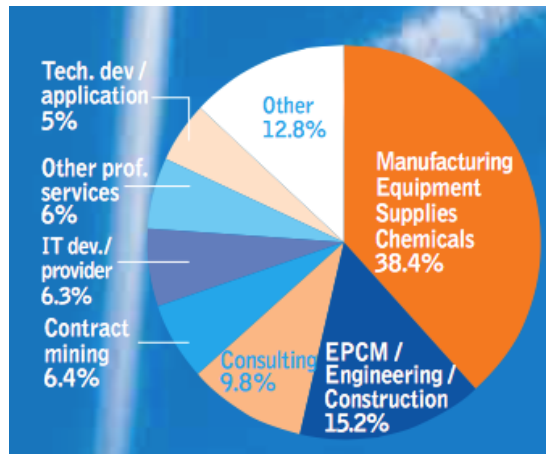
Gráfico 1: Exportaciones y número de empresas proveedoras, separados e bienes y servicios (US\$MM FOB)



A partir del gráfico anterior podemos observar que, el número de empresas de bienes supera con creces al número de empresas de servicios en Chile. Por otro lado, analizando la serie en cada periodo de tiempo, observamos que alrededor de la mitad de las exportaciones correspondía a bienes y servicios al año 2010, desde el año 2011 al 2014 la tendencia que se observa es un aumento en términos porcentuales de las exportaciones de bienes y una disminución de la exportación de servicios.

A continuación se presentan las actividades principales dentro de la industria de

proveedores de la minería en Australia.



A primera vista se puede observar comparándolo con el caso chileno, que es más diversificado, considerando que la fabricación, equipos y suministros químicos representan un 38,4% que correspondería a bienes y en el caso de los servicios estos corresponden a la diferencia que es de 61,6% y que se desglosa en una gran variedad: ingeniería, construcción, consultoría, aplicaciones de tecnología, otros servicios profesionales entre otros. Como se vio en el caso para Chile ,las exportaciones están concentradas más en bienes que en servicios, por lo que una recomendación para Chile sería trabajar en el desarrollo de servicios para la minería.

Tabla 2: Exportación de proveedores según rango, 2014

	Empresas		Monto exportado	
	Nº	% del total	Monto (US\$MM FOB)	% del total
Exportan más de US\$ 50MM	3	1%	275	51%
Exportan entre US\$ 25MM y US\$ 50MM	2	1%	53	10%
Exportan entre US\$ 1MM y US\$ 25MM	39	12%	165	31%
Exportan menos de US\$ 1MM	285	87%	44	8%
Total	329	100%	537	100%

En el gráfico anterior se presentan las exportaciones de los proveedores de Chile por rango, un dato interesante es que cinco empresas exportaron el 61% del total del monto exportado. La mayoría de las empresas (87%), exportó menos de US\$ 1 millón.

A continuación, presentamos una tabla para el caso de Australia en relación al porcentaje de empresas de acuerdo al rango de ingresos que se observa. Un 30% de las empresas tienen ingresos entre 5 y 29 millones de dólares y un 10,5% tiene ingresos mayores a 500 millones de dólares.

Size of companies revenues (\$M)	Percentage of companies
< \$2m	16,4%
\$2m - \$4.9m	13,4%
\$5m - \$29m	30%
\$30m- \$99m	14,7%
\$100m - \$499m	12%
\$500m y más	10,5%
Not reported	3%

Comparando estos datos con los de Chile, teníamos que un 87% exportaba menos de un millón de dólares en Chile, en la gráfica de Australia si bien no tenemos el rango asociado a 1 millón de dólares, si tenemos las que tienen ingresos por menos de 2 millones de dólares y esta cifra es de 16,4% , lo que nos indica que el porcentaje de firmas con ingresos menores a 1 millón de dólares podría ser aún menor. Por otro lado, las empresas que exportan más de 50 millones de dólares en Chile corresponden a un 1%, mientras que en el caso de Australia ya los rangos con más de 100 millones de dólares en adelante concentran un 25,5% y aún hay que sumarle el porcentaje que

pudiese estar en el rango de 30 millones a 99 millones. Todo lo anterior nos da cuenta de la gran escala a la que trabajan las METS en Australia en comparación con Chile.

En la siguiente tabla se pueden observar los principales bienes exportados por las empresas proveedoras de minería en Chile para el año 2014.

Bienes Exportados	Monto US\$MM FOB	% del total de bienes exportados
Bolas, partes para máquinas y aparatos para molienda de minerales ² .	137	31%
Nitrato de amonio, incluso en disolución acuosa.	118	27%
Partes moldeadas, tornillos y pernos de hierro o acero ³ .	43	10%
Maquinas, partes y útiles para máquinas de sondeo o perforación ⁴ .	22	5%
Partes de bombas para líquidos.	16	4%
Partes destinadas principalmente para máquinas o aparatos como grúas, topadores, cargadores, entre otras	6	1%
Transformadores de dieléctrico líquido ⁵ .	6	1%
Total	348	79%

Las bolas, partes para máquinas y aparatos para molienda de minerales, y el nitrato de amonio, compuesto utilizado como materia prima para la fabricación de explosivos, representan el 58% de las exportaciones de bienes para el año 2014, con montos que ascienden a los US\$ 137 millones y US\$ 118 millones respectivamente. Les siguen, con montos significativamente inferiores, partes moldeadas, tornillos y pernos de hierro o acero, maquinas, partes y los demás útiles para máquinas de sondeo o perforación, partes de bombas para líquidos, partes destinadas principalmente para máquinas o aparatos como grúas, topadores, cargadores y transformadores dieléctricos, entre otros.

Respecto de los servicios, el sector de proveedores exporta principalmente diseño y asesoría en ingeniería para la minería. Estos suman US\$ 84 MM, que representan el 90% de las exportaciones de servicios del año 2014.

Servicios Exportados	Monto US\$MM FOB	% del total de Servicios exportados
Servicios de diseño y asesoría en ingeniería para instalaciones de la minería extractiva del cobre y metalurgia del cobre, entre otras ⁶ .	84	90%
Servicios de procesamiento de imágenes terrestres de origen satelital y servicios de asesoría y apoyo técnico en tecnologías de información ⁷ .	7	8%
Otros servicios ⁸ .	1,1	0%
Total	92,1	98%

Número de empresas de Chile según rango de ventas y exportaciones, 2014

Rango de tamaño según ventas	Exportan más de US\$ 50MM	Exportan entre US\$ 25MM y US\$50MM	Exportan entre US\$ 1MM y US\$ 25MM	Exportan menos de US\$ 1MM	Total
Más de US\$ 40MM	3	2	18	62	85
Entre US\$ 25MM y US\$ 40MM			5	24	29
Entre US\$ 8MM y US\$ 25MM			8	69	77
Entre US\$ 1MM y US\$ 8MM			8	113	121
Menos de US\$ 1MM				17	17
Total	3	2	39	285	329

A partir de la tabla podemos evidenciar que son principalmente las empresas proveedores de mayor tamaño en Chile son las que concentran los montos máximos de

exportaciones. Se observa que sólo 5 empresas con ventas anuales superiores a US\$ 40 millones exportaron en el año 2014 más de US\$ 25 millones. También se observa que sólo 17 empresas en el rango de ventas anuales inferiores a US\$ 1 millón exportan y sus montos son menores a US\$ 1 millón.

Una situación similar se observa cuando se clasifica el tamaño de las empresas según la cantidad de trabajadores propios contratados. Cinco de las grandes empresas, con 200 o más trabajadores propios, exportaron más de US\$ 25 millones durante el 2014.

Número de empresas de Chile, según tamaño (dotación de trabajadores propios) y exportaciones, 2014

Rango de tamaño según número de trabajadores	Exportan más de US\$ 50MM	Exportan entre US\$ 25MM y US\$50MM	Exportan entre US\$ 1MM y US\$ 25MM	Exportan menos de US\$ 1MM	Total
GRANDE (200 trabajadores o más)	3	2	23	95	123
PYME (Desde 10 a 199 trabajadores)			1	19	20
MICRO (9 trabajadores o menos)			15	168	183
Sin información				3	3
Total	3	2	39	285	329

3) El sector australiano está compuesto por 1.200-1.500 firmas, aproximadamente, mientras que el chileno asciende a 6.000. Una de las respuestas en relación a esta abismante diferencia, se explica considerando que existe una mayor concentración de empresas en Australia dada la alta competitividad del sector y considerando que en su mayoría las empresas medianas y grandes tienen una mayor participación en Australia que en Chile (ver datos a continuación) , las METS en Australia tienen productos y servicios que son competitivos a nivel mundial de tecnología avanzada para el sector

minero y se trabaja a gran escala, lo que lo diferencia del mercado chileno. **A continuación se presentan estadísticas relacionadas con el tamaño de las empresas METS en Chile y Australia.**

Un dato interesante a saber, es que en un inicio las METS australianas **estaban compuestas en su gran mayoría por firmas pequeñas** que no producían más de U\$500 mil al año y que empleaban a no más de cinco personas, esto es similar a lo que ocurre actualmente en el mercado chileno. En el inicio por ende, la política del gobierno australiano en relación a las METS apuntó a los líderes de la industria y a aquellos profesionales con mayores niveles de educación.

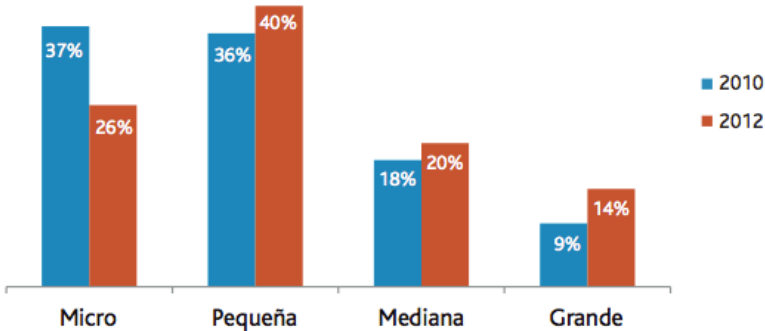
En Chile se consideran empresas proveedoras de la minería a todas aquellas organizaciones que venden bienes y/o servicios a la industria minera y que, a diciembre de 2012, se encontraban inscritas en el registro de proveedores REGIC de la empresa ACHILLES. A la fecha de elaboración de la muestra, el universo de proveedores mineros ascendía a 5.998 empresas. Las categorías bajo las cuales se clasificó a los proveedores según tamaño fueron construidas en base al Estatuto de las PYMES utilizado por la legislación chilena. Los tamaños de empresa definidos según esta clasificación son los siguientes:

- **Microempresas:** Entre 1 y 9 trabajadores
- **Empresas pequeñas:** Entre 10 y 49 trabajadores
- **Empresas medianas:** Entre 50 y 199 trabajadores
- **Empresas grandes:** 200 o más trabajadores

El sector de proveedores de la minería de la minería en Chile está compuesto principalmente por micro y pequeñas empresas (66%). Le siguen en número las medianas, que representan el 20% de los proveedores y las grandes empresas, con un 14%. Por ende en términos de porcentaje, las empresas con más de 50 trabajadores para el año 2012 corresponde a un 34%.

El siguiente gráfico se compara la proporción de empresas proveedoras según tamaño para los años 2010 y 2012.

Porcentaje de empresas proveedoras, según tamaño y año



A efectos de la comparación con las METS australianas, obtenemos los datos de Ausmine Australia, en éste se presenta el porcentaje de compañías por tamaño de la fuerza de trabajo.

Employee no`s	Percentage (%) of companies by size of workforce
1-19	27%
20-99	32%
100- 499	21%
500-999	8%
1000- 4999	10%
5000 y más	2%

En términos comparativos y a partir de estos datos, no es fácil considerar en términos de porcentajes las empresas con más de 50 trabajadores teniendo en cuenta los rangos presentados, pero a simple vista y sumando a partir del rango de 100 trabajadores en adelante, obtenemos un porcentaje de un 41% , este porcentaje ya es superior comparado con el 34% chileno y a esto hay que agregar que en el rango de (20-99) de Australia que corresponde a un 32% hay empresas que pueden aportar a un aumento del porcentaje para el caso de Australia ya que se tiene el tramo (50-99) considerado y que no se puede contabilizar que porcentaje de este rango corresponde a empresas con (50-99) trabajadores.

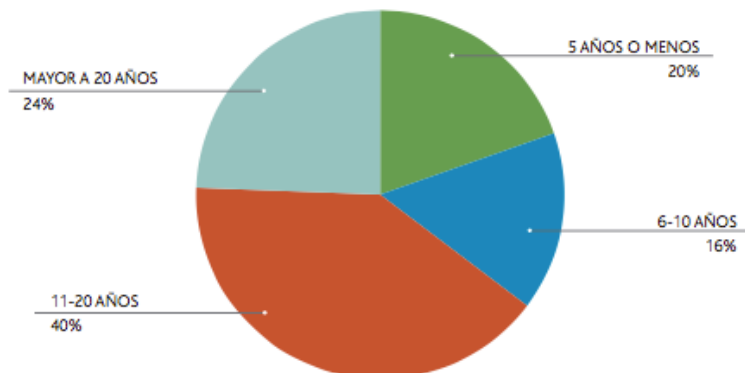
Pero a simple vista, podemos deducir que en el caso australiano las empresas medianas y

grandes pueden considerar más de un 55%, versus un 34% en el caso chileno. Por ende la participación de las micro y mediana empresas en el caso chileno es de un 66% versus alrededor de un 45% en el caso australiano.

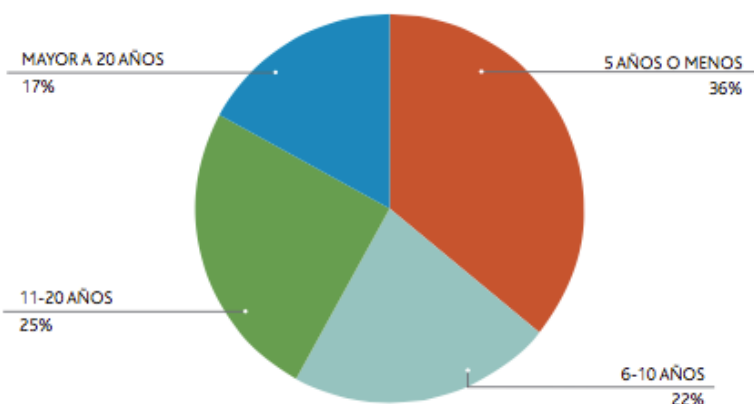
4) El promedio de edad de las firmas australianas es mayor al de las chilenas (25 vs 17 años); 20% de las firmas chilenas poseen menos de cinco años de antigüedad (PYMES, principalmente).

El sector en Chile, es relativamente joven al compararlo con Australia. En Australia, las empresas proveedoras de equipamientos y servicios para la minería se han formado en los últimos 25 años (Autsmine). El crecimiento del sector de proveedores de la minería en Chile se ha caracterizado por la incorporación de nuevas empresas. Un 20% de los encuestados inició sus actividades hace 5 años o menos, grupo compuesto principalmente por micro y pequeñas empresas (77%). Por su parte, un 16% de los proveedores posee entre 6 y 10 años de antigüedad, un 40% entre 11 y 20 años y un 24% de las empresas inició sus actividades hace más de 20 años.

Porcentaje de empresas proveedoras, según rango de antigüedad



Porcentaje de empresas proveedoras, según rango de antigüedad de la primera venta a la minería



Si analizamos el grupo de empresas que inició sus ventas a la minería durante los últimos 5 años, se puede establecer que gran parte de ellas son micro y pequeñas empresas (78%) y que un 57% inició sus actividades vendiendo a la minería. Lo anterior, nos permite concluir que el crecimiento del sector de proveedores ha estado dado por la creciente incorporación de empresas de menor tamaño, y que casi la mitad de las empresas que se han incorporado durante los últimos años se han creado precisamente en función de la demanda de productos y servicios proveniente de la industria minera en Chile.

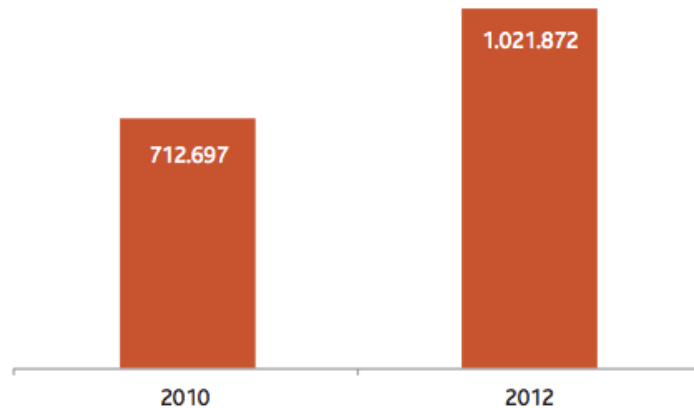
5) En relación al empleo el sector australiano emplea a 386.000 personas, mientras que el chileno emplea a 1.026.000.

En el Estudio de Caracterización de Proveedores de la Minería 2012 para Chile, se estimó que los empleos propios generados por las empresas proveedoras alcanzan 1.026.000 trabajadores (Fundación Chile), lo que representa el 13,3% de la población

ocupada a nivel nacional¹². Cabe señalar que el empleo del sector no es generado exclusivamente por la minería, puesto que una proporción importante de las empresas también vende a otras industrias, esta razón puede hacer que en términos comparativos el número sea tan grande.

En el informe donde se calculan los empleos propios generados, se menciona que el conjunto de empresas proveedoras de la minería es un empleador significativo a nivel nacional, en el que trabaja 10% de la fuerza laboral ocupada del país, principalmente en empresas grandes, de más de 200 empleados, y en aquellas que proveen equipos y provisiones o bien servicios de contratistas, aunque este empleo no es generado exclusivamente por el sector minero, ya que estas empresas también son proveedoras de otros sectores productivos.

N° de trabajadores propios empleados por empresas proveedoras, según año

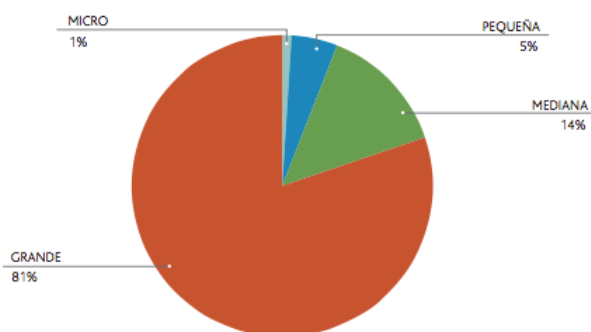


En cuanto al tamaño, son las grandes empresas las que concentran la mayor cantidad de

¹² Las estimaciones del INE para el trimestre Oct-Dic 2012 es de 7.699.431 ocupados en el país.

empleos propios del sector, con un 81%. Le siguen las empresas medianas, con 14%, y las pequeñas y micro, con 5% y 1% respectivamente. No se observan diferencias estadísticamente significativas en la distribución de la dotación de empleos propios según tamaño de las empresa para los años 2010 y 2012.

Dotación de empleados propios, según tamaño



Fuente: elaboración propia

En base a los datos presentados por Autsmine Australia en su informe, el número total de trabajadores de compañías encuestadas es de 386.000, cabe recordar que como se mencionó al principio este valor se determinó a través de una encuesta que no consideraba el total de empresas proveedoras y que fue una de las principales críticas hechas a la tabla comparativa presentada por Meller. Para contrastar este número presentado es que se buscan otras fuentes fidedignas y se consulta a la página de “Australian Government , Australian Trade Commission”¹³, esta página menciona el mismo número de trabajadores y además agrega que este número es cerca del doble de trabajadores australianos que participan en la extracción directa.

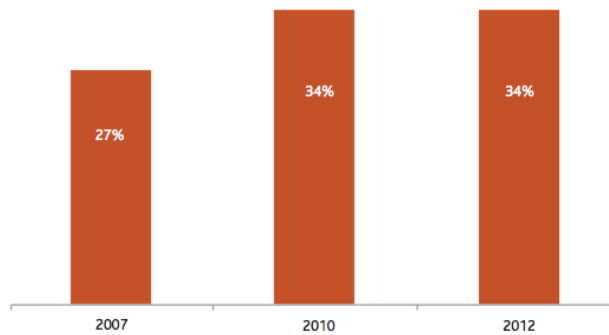
6) El porcentaje de empresas proveedoras que realizan exportaciones es de un 55%

¹³ <http://www.austrade.gov.au/Local-Sites/LATAM/News/Inteligente-y-sustentable>

para el caso de Australia y de un 34% para el caso de Chile.

En el caso de Chile un 34% de los proveedores exportó productos y/o servicios durante 2012. Este porcentaje no ha variado desde el año 2010, manteniéndose la proporción de proveedores que exporta.

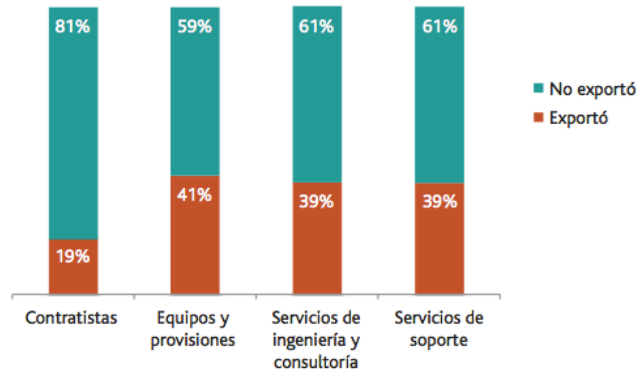
Porcentaje de empresas proveedoras que exporta, según año



Fuente: elaboración propia, en base a encuesta de proveedores y a estudio DICTUC 2007

Aún cuando no existen diferencias en la proporción de proveedores que exportó durante 2012 según tamaño de empresa, si se analiza según rubro se observa que en la categoría de contratistas sólo un 19% de los proveedores exportó, cifra inferior a la observada en los otros rubros, en los que el porcentaje de proveedores que exportó oscila entre 38% y 41%.

Porcentaje de empresas proveedoras, según rubro y exportación



Fuente: elaboración propia

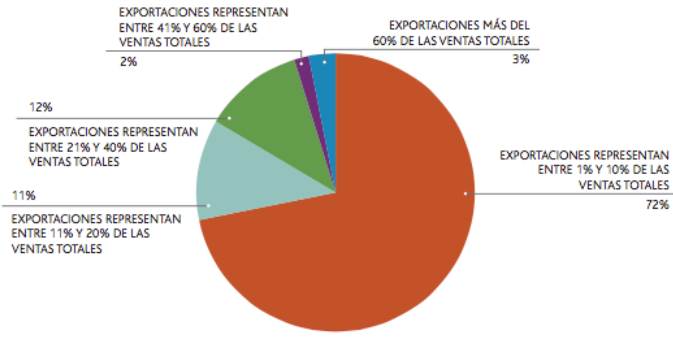
De acuerdo a datos presentados por Autsmine Australia, un 55% de las empresas proveedoras realizan exportaciones. Con un enfoque en la región de Asia-Pacífico, las regiones clave de exportación incluyen el sudeste y el noreste de Asia, Nueva Zelanda, Indonesia y Papúa Nueva Guinea son los principales destinos de las exportaciones con un alto porcentaje de las empresas que también se exportan a los Estados Unidos y Chile.

7) Porcentaje de empresas proveedoras cuyas exportaciones superan el 10% de las ventas totales es de un 47% en el caso de Australia y un 28% en el caso de Chile.

En el caso de Chile, del total de las empresas proveedoras que exportan, para un 72% las exportaciones realizadas representaron entre el 1% y 10% de sus ventas totales, por ende para un 28% las exportaciones superan el 10%. Esto sugiere que para un grupo importante de empresas del sector, la exportación representa un ingreso marginal comparado con las ventas que realizan en el mercado interno. Comparando con Australia, un porcentaje bastante mayor representan las exportaciones que realizan y

éstos valores de exportaciones para un grupo importante de estas, no representa un ingreso marginal comparado con las ventas que realizan en el mercado interno.

Porcentaje de empresas proveedoras que exportó en 2012, según proporción de las exportaciones sobre las ventas totales



Comparación de los encadenamientos productivos hacia adelante de Australia y Chile

1. Los encadenamientos hacia adelante en el caso de Chile están representados en parte importante por las fundiciones de cobre, las cuales operan con modernas tecnologías, sin embargo, el país continúa exportando más del 50% de su producción de concentrados de cobre, por lo tanto, el concepto de agregación de valor en la producción de cobre no se estaría cumpliendo por diferentes razones que impiden la instalación de nuevas fundiciones en el país.
2. Una de las mayores diferencias en este punto, está relacionada con la cantidad de fundiciones que operan en Chile y en Australia. En el caso de Chile actualmente se encuentran operando siete, mientras que en Australia el número es bastante mayor y en contraste con lo que ocurre en Chile donde no se ha contemplado la realización de nuevos proyectos, en el caso de Australia hay bastantes proyectos nuevos en carpeta (se mencionan en los encadenamientos de Australia).
3. Se observa una mayor diversificación de las fundiciones en Australia, en Chile la mayor parte de éstas trabaja con cobre, mientras que en el caso de Australia también trabajan con alúmina y aluminio entre otros.
4. En Australia se pone en evidencia un importante compromiso y desarrollo de proyectos relacionados con fundiciones y refinerías, lo que implica importantes niveles de inversión. En el caso de Chile hay un evidente estancamiento, pero como se mencionó se espera que con la Comisión que se encuentra trabajando en

el país, se puedan incorporar nuevos proyectos a la cartera de inversiones.

5. La actividad minera de Chile se sustenta en el cobre, por ende en términos comparativos con Australia, se observa una gran diferencia en cuanto al valor de las exportaciones de las refinerías y fundiciones de cobre cosa que no debe sorprender considerando que Chile tiene mayores concentraciones del mineral.
6. La conclusión más importante presentada para el caso de Chile en cuanto a refinería es que , Chile podría duplicar su capacidad de refinamiento de cobre considerando que tiene la materia prima para hacerlo (cobre granel), pudiendo exportar el doble de cobre refinado y por ende generar un ingreso adicional para el país de un orden de magnitud de alrededor de 1.792,8 millones de dólares.
7. Por otro lado, realizando una comparación con Australia se observa en este último una gran diversificación en cuanto a la producción manufacturera (ver mapeo de los clúster) y a gran escala, por lo que queda en evidencia que en Australia se trabaja en dar valor agregado a las materias primas que se explotan. En el caso de Chile, la situación es bastante preocupante considerando que en los últimos 2 años han cerrado sus puertas dos de las principales empresas que realizaban productos en base a cobre (alambres de cobre, alambrón entre otros) , esto es un retroceso considerando que se busca diversificar la canasta de exportaciones del país y que el cobre como materia prima es la principal exportación, pero se debe analizar como ser más competitivos a nivel internacional que actualmente es una traba al desarrollo de este sector.

Conclusiones y Recomendaciones

En relación al estado actual del clúster minero Chileno y Australiano , se ha realizado un diagnóstico considerando sus componentes centrales, sus encadenamientos y evolución desde el punto de vista tecnológico y se evidencia lo siguiente:

1. Se observa que la producción minera en el caso de Australia es más diversificada que la chilena, con gran protagonismo del hierro, carbón , junto a otros minerales como el oro, zinc, cobre, níquel y uranio. En el caso de Chile el cobre explica el 90% de toda la minería.
2. Lo más relevante a partir del análisis es que Australia ha sabido transformarse en una potencia minera, no sólo en términos productivos, sino también en términos tecnológicos. Gran parte de esto se debe a las políticas impulsada a nivel de gobierno que han contribuido a su desarrollo.
3. La pregunta en relación a la etapa en la que se encuentra el clúster minero de Chile y de Australia, que se presentó antes del mapeo de los clúster respectivos, y cuyas etapas se desarrollaron en el apartado de claves para el éxito de un clúster minero se responderá a continuación. En base al desarrollo de esta investigación se puede establecer que Chile se encuentra en la etapa 1 pero con un incipiente desarrollo de la etapa 2, considerando el programa de Proveedores de Clase Mundial, ya que en el análisis se evidencia que la provisión actual de los proveedores se centra en insumos básicos y servicios a la minería. En cuanto

a la etapa 3, estamos bastante lejos considerando la situación de las industrias de procesamiento en el país. En el caso de Australia se encuentra en la etapa 4, esto apoya el haber utilizado a este país como referencia internacional en cuanto a clúster minero maduro.

4. En el caso de Chile, los **encadenamientos productivos hacia atrás** son poco profundos en comparación con Australia, este problema ha presentado una mejoría desde la implementación del Programa de Proveedores de Clase Mundial en el que se encuentran CODELCO (2010) y BHP Billiton (2008). En el caso de Australia los encadenamientos son profundos, considerando que el sector Maquinaria, Equipos, Transporte y Servicios (METS) a alcanzado un alto desarrollo que les ha permitido exportar tecnologías y servicios intensivos en conocimientos para atender a la minería a nivel global. Una comparación más exhaustiva en relación a las METS de Australia y Chile se realizó en un apartado anterior de este documento, pero se concluye en términos generales que el sector de las METS en Chile aún está subdesarrollado pero con un gran potencial de crecimiento futuro.
5. **Los encadenamientos hacia adelante**, se observa un menor desarrollo en comparación con Australia, esta diferencia es notoria. Estas diferencias se profundizaron en un ítem anterior, pero se podría resumir en relación a la poca cantidad de fundiciones y refinerías en Chile en comparación con Australia, y con la baja diversificación de la producción manufacturera de Chile en relación con Australia, a este último punto se le agrega la preocupación por el cierre en

los últimos años de 2 empresas importantes a nivel nacional que agregaban valor al cobre con la producción de alambres de cobre entre otros productos. En relación a este punto es relevante mencionar también la importancia de dar valor agregado al litio en Chile considerando la creciente demanda mundial.

6. Respecto a los **encadenamientos hacia los lados**, la minería ha propiciado la formación de encadenamientos productivos con sectores relacionados, a través del desarrollo de otros sectores económicos de servicios complementarios a la minería, en la forma de vinculaciones laterales como sería el sector Energía, Agua y Gas, así también como con los sectores Comercio y Servicios Financieros. En términos comparativos se evidencia un desarrollo similar en el caso de Australia y Chile.
7. Por otra parte, el desarrollo de la Ciencia y Tecnología en Chile necesita un fuerte impulso que permita alcanzar los índices que muestran países mineros con un mayor desarrollo en Investigación y Desarrollo como lo son Canadá, USA o Australia. El gasto en I+D en Australia es al menos 5 veces mayor que el de Chile. En este sentido, Chile debe invertir más en I&D para lograr un mayor grado de innovación, característica esencial de un complejo productivo minero, que se traduce en la adquisición de factores especializados que permitan diferenciarse frente a sus competidores externos. En el caso de Australia, en contraste se observa un alto grado de desarrollo de la Ciencia y Tecnología considerando los centros de investigación y otros organismos involucrados (ver mapeo).

8. Es necesario generar políticas públicas que incentiven la participación del sector privado en una actividad tan importante para Chile como es la minería, que contribuya al aumento de la productividad y competencia de sus propias empresas. Es importante por ende, incentivar las alianzas público-privadas, pero aún queda mucho por avanzar en esta materia considerando el caso exitoso de Australia en relación a este tópico. Australia desarrolló una convergencia público-privada en donde se definió una visión de largo plazo del rubro minero en el país, aspectos que Chile debiera imitar.
9. José Pablo Arellano (investigador de CIEPLAN y profesor titular de la Universidad de Chile), menciona que si miramos a Australia, EEUU o Canadá, en comparación al tamaño del sector minero chileno, las exportaciones chilenas debiesen superar largamente el nivel actual, por ende hay que considerar que hay un enorme espacio de crecimiento para las exportaciones de productos y servicios que abastecen a la minería, si Chile logra alcanzar la proporción de exportaciones que ha logrado Australia, significaría un crecimiento de más de diez veces el nivel actual.
10. En palabras de Juan Carlos Guajardo (Directos Ejecutivo del Centro de Estudios del Cobre y la Minería, CESCO) , es clave para Chile lograr establecer un sistema virtuoso, como el que existe en Australia, donde hay una interacción entre lo que son los desafíos de la industria minera y las soluciones que pueda aportar la industria proveedora, apoyándose en un sistema de investigación y desarrollo nacional.

Por ende, es importante considerar que Chile, siendo el principal productor de cobre y minerales no metálicos, no se ha caracterizado por poseer una gran cantidad de entidades relacionadas a la investigación en minería, que exporte tecnología hacia otros países mineros. Asimismo, la industria minera nacional se ha caracterizado por ser una gran usuaria de la tecnología creada en países mineros desarrollados. En base a lo anterior es que el Programa Proveedores de Clase Mundial va bien encaminado en solucionar los desafíos de la minería en Chile en relación a los encadenamientos hacia atrás. En relación a los encadenamientos hacia adelante los desafíos son críticos considerando la evidencia presentada.

Finalmente hay que considerar como punto importante, el dar valor agregado al cobre, considerando que muchos países desarrollados exportan únicamente materia con alto contenido de valor agregado, vale decir, productos manufacturados, y muchos de ellos carecen de materia prima. En contraste, Chile a pesar de tener grandes reservas de materia prima, no tiene la posibilidad de exportar valor agregado porque no tiene la larga tradición científica, intelectual y tecnológica que se requiere para ser competitivo en estas áreas donde nos enfrentamos a países con gran nivel educacional, y por ende, capacidad técnica productiva. Es por esta razón que se hace necesario aportar con investigación y desarrollo para aprovechar las potencialidades del país.

Bibliografía

- CEPAL. Apertura Económica y Des(Encadenamientos) Productivos.
- Rudolf Buitelaar. Aglomeraciones Mineras.
- Government of South Australia. South Australian Regional Mining and Infrastructure Plan.
- Patricio Meller y Joaquín Gana. El cobre chileno como plataforma de innovación tecnológica.
- Ausmine Australia. Australia's New Driver for Growth, Mining Equipment, Technology and services.
- Fundación Chile(2014). Estudio de Caracterización de Proveedores de la Minería.
- Cochilco (2014). Anuario de Estadísticas del Cobre y otros minerales.
- Australian Government. Australian Trade Commission.
- Comisión Minería y Desarrollo de Chile. Minería: Una plataforma de futuro para Chile.
- Fundación Chile, CESCO. Proveedores y Minería.
- Joseph Ramos. Una estrategia de desarrollo a partir de los complejos productivos (clusters) en torno a los recursos naturales.
- Sonami. Fundiciones de cobre en Chile.
- Cochilco. Desarrollo del cluster minero en Chile: Estado Actual.

- CSIRO Chile. El futuro de la minería en Chile.
- Australian Government, International Mining for Development Centre. Añadir valor a los minerales y al energía: Equipos, Tecnología y Servicios para la Minería (METS).
- <http://www.cochilco.cl/estadisticas/produccion.asp>. Estadísticas de la producción minera(Cochilco).
- <http://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/modelo-australiano-mineria-servicios-tecnologia>. El modelo australiano que convierte los cluster mineros en proveedores de servicios tecnológicos.
- Fundación Chile, Innovum(2015). Informe Final Primera Etapa Programa Estratégico Regional Clúster Minero para la Región de Antofagasta.