

LAS GRIETAS DEL **WÓLFRAM-TUNGSTENO** EN BOLIVIA

INFORME



Wólfram Tungsteno



El **wolframio** o **wólfram**, también llamado **tungsteno (W)** no se encuentra de forma natural en estado metálico puro, sino como mineral wolframita o scheelita.

Es un metal blanco brillante y, en su forma más pura, es bastante flexible y puede ser fácilmente procesada. Por lo general, sin embargo, contiene pequeñas concentraciones de carbono y oxígeno, que dan de metal de tungsteno su considerable dureza y fragilidad.

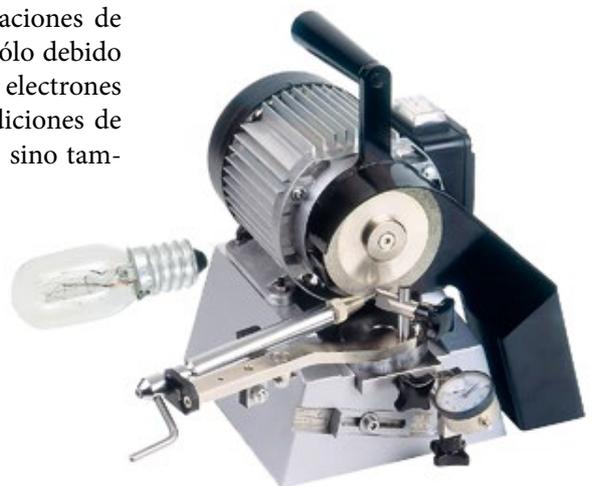
Propiedades

El tungsteno tiene el punto de fusión más alto de todos los metales ($3422 \pm 15^\circ \text{C}$). A esta temperatura la mayoría de los otros metales de ingeniería (Fe, Al, Cu, Ti) ya han vaporizado. Su punto de alrededor de 5700°C de ebullición corresponde a la superficie del sol. Con su densidad de 19.25g/cm^3 , es también uno de los metales más

pesados. Su conductividad eléctrica a 0°C es de aproximadamente 28% de la plata, que a su vez tiene la más alta conductividad y su coeficiente de expansión térmica es la más baja de todos los metales.

El tungsteno cuenta con la presión de vapor más baja de todos los metales, muy alta módulos de compresión y elasticidad, muy alta resistencia a la fluencia térmica y alta conductividad térmica y eléctrica. Es el metal más importante para las aplicaciones de emisión de termo, no sólo debido a su emisividad alta de electrones (que es causada por adiciones de elementos extranjeros), sino también debido a su alta estabilidad térmica y química.

“...De los yacimientos bolivianos proceden los cristales de wolframita más hermosos y más grandes del mundo!”



Minería de Wólfram Tungsteno en Bolivia



⦿ Capitales de departamento

 Franja metalogénica productora de wólfram - tungsteno en Bolivia

Bolivia tiene una reserva estimada de Tungsteno de 53.000 toneladas métricas, lo que representa apenas 2% de las reservas mundiales y cerca de 3% de las reservas de China (principal productor mundial) estimadas a 2015. Sin embargo es uno de los principales exportadores de mineral y concentrados junto con Rusia,

Canadá y Portugal. En Sud América, Bolivia lidera la extracción de Wólfram-tungsteno.

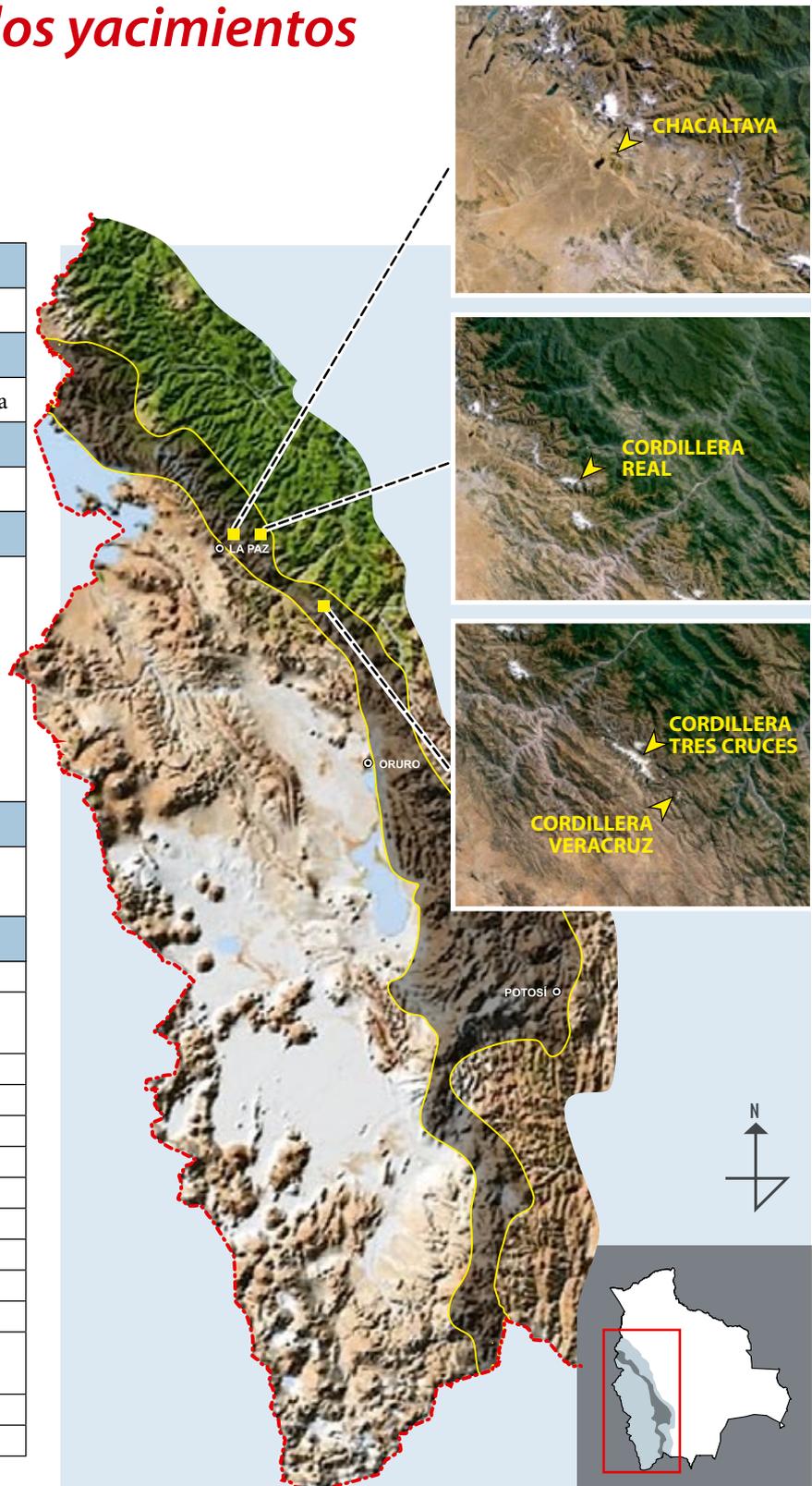
En Bolivia existen más de 200 yacimientos individuales, debido a

esto fue uno de los mayores productores mundiales en los periodos de las guerras mundiales, llegando a ser el principal productor de wolfram del hemisferio occidental.²

Ubicación de los yacimientos

PRINCIPALES MINAS DE WOLFRAM - TUNGSTENO DE BOLIVIA

Cordillera REAL	
Minas Chojlla y Bolsa Negra	
Cordillera TRES CRUCES	
Minas Viloco, Pacuni, Chambilaya	
Cerros de Relieve Abrupto	
Minas Amutara, Chicote y Kami	
CHACALTAYA	
Minas Exaltación, San Juan, Pajchanta, Mauritana, Cruz de la Plata, Lijuata, Natividad, Condoriri, San José, Carmen, Riqueza, Alicia, Charipata, Concepción, San Felipe, San Cristobal, San Florencio, Paredes, Rosasa, Koani, Santa Rosa y Humana	
Cordillera VERA CRUZ	
Minas Sayaquira, Concordia y Coya	
Otras MINAS de importancia	
Mina Santiago	San Martincito
San Antonio	Virgen de Pompeya
Natalia	Lourdes
Salvadora	Elva
Cruz	San Juan
Paris	Kalarani
Mercedes	P.D. Murillo
Incógnita	Ensueño
Susana	San Miguel
Hucumarini	Copacabana
Andrómeda	Colquiri
Planeta Rojo	Llallagua de la Joya
Santa Elena	Chambillaya
Carmen	Tasna
Aventura	
SantaFe	
Mariana	



Proceso de extracción del Wólfram - Tungsteno

En los últimos años es la minería corporativizada prácticamente el único productor a nivel nacional con cerca de 1.448 Ton.

SITUACIÓN DE LAS PRINCIPALES MINAS DE WÓLFRAM - TUNGSTENO EN BOLIVIA

MINAS	DETALLES
MINAS: UCUMARINI, MERCEDES, SAN ANTONIO, SUSANA	Provincia Larecaja, departamento La Paz, Bolivia. Las vetas, alcanzan de 100 a 300 metros de extensión y profundidades similares.
MINA RECONQUISTADA	Provincia Sud Yungas, La Paz a 120 km de la ciudad. Principalmente de wolframita, pirrotina y pirita.
MINA CHOJLLA	Provincia Sud Yungas, La Paz a 76 km de la ciudad. El yacimiento comprende a las minas Chojlla, Chambilaya y Enramada, estas últimas cerradas desde 1990. La mineralización incluye wolframita y scheelita. Ha pasado por un proceso de privatización, cooperativización, autogestión y nuevamente privatización.
MINA BOLSA NEGRA	Provincia Sud Yungas, La Paz. Los enriquecimientos más importantes de wólfram después de los de Chojlla y Enramada. El yacimiento minero de Bolsa Negra en el Mururata es explotado por la cooperativa del mismo nombre. Tras la relocalización esta mina fue cerrada pero al calor de los precios del wólfram hoy sigue siendo explotada de manera informal y con técnicas rudimentarias. El trabajo minero se ha extendido hasta las faldas del Illimani para rescatar el oro y el wolframio albergados en el interior de la montaña.
MINA CHAMBILAYA	Provincia Inquisivi, La Paz en las estribaciones surorientales de la cordillera de Tres Cruces. La mineralización consiste principalmente de cuarzo y wolframita (ferberita); el cuarzo y la wolframita suelen formar cristales.
MINA CHICOTE GRANDE	Provincia Inquisivi, La Paz. El ancho de las vetas varía entre 10 a 50 cm y su desarrollo vertical es más grande en comparación con su desarrollo horizontal.
MINA KAMI	Provincia Ayopaya, Cochabamba.
MINA HIMALAYA	En las faldas del Illimani ha sido la mina de Wolfram con mayor presencia mediática en razón de haber sido tomada por la fuerza por trabajadores de la denominada cooperativa Cerro Negro desde el año 2007, fecha desde la cual explotó y comercializó ilegalmente el wólfram del yacimiento. Este año por Decreto Supremo el gobierno transfirió los derechos de parte del yacimiento de la mina a la cooperativa avasalladora.



1.- Foto: Trabajadora minera en Mina Chojlla. La Paz. Tony Sanchez. 04/08/2015.

El caso de la Mina Chojlla

“La wolframita de la mina Chojlla presenta niobio y tantalio, además contiene considerable cantidad de manganeso y tienen casi una composición intermedia de solución sólida de ferberita y huebnerita³”

En 2012 se cumplieron los cien años de operación de esta mina localizada en el municipio de Yanacachi de la Provincia Sud Yungas del Departamento de La Paz,

a 90Km de la sede de gobierno a una altura de 2300 m.s.n.m. En Chojlla, viven aproximadamente 1611 personas, entre trabajadores mineros y sus familias.



Información empresarial



La mina Chojlla formaba parte de la empresa minera GRACE, desde 1974 fue adquirida por el grupo empresarial International Mi-

ning Company (IMCO S.A.). En la actualidad esta empresa (propiedad mayoritaria de un empresario boliviano aunque se desconoce la

composición accionaria) mantiene la propiedad del yacimiento. La producción predominante ha sido históricamente el concentrado de Wólfram- Tungsteno, pero debido a la crisis, desde la década del 80, procesa también concentrados de Estaño.

Recursos disponibles

La carga mineralizada es extraída mediante la explotación de rajos en diferentes niveles, las vetas contienen casiterita, wolframita, (scheelita en niveles superiores), siderita, esfalerita, marmatita, pirita, calcopirita, galena, molibdenita (en pequeñas cantidades en las apofisis del intrusivo), cuarzo, fluorita, muscovita, turmalina roca intrusiva y roca sedimentaria en los niveles superiores (lutitas).⁴

ORGANIZACIÓN PRODUCTIVA

La extracción del mineral de galerías subterráneas es procesada en ingenios manuales y semi mecanizados y mecanizados. La maquinaria es propiedad de la empresa, aunque a nivel laboral existen distinciones en la organización de la extracción y el procesamiento de la carga.

Existen dos grandes categorías de trabajadores: los dependientes de la empresa y los independientes o contratistas. Los primeros reciben todos los insumos de su trabajo de la empresa, mientras que los segundos son subcontratistas y se proveen a si mismos de estos o son facilitados por la empresa como un adelanto a cuenta de su retribución.

En total existen alrededor de 460 trabajadores dentro de la mina y el ingenio (aproximada-



2.- Ingreso a bocamina de Mina Chojlla. La Paz. Tony Sanchez. 04/08/2015.

3.- Vista de Mina Chojlla, desmontes acumulados al costado del camino. La Paz. Tony Sanchez. 04/08/2015.

mente 360 son dependientes y alrededor de 100 son independientes).

Del mismo modo que existen dos grandes categorías laborales, se han conformado dos sindicatos. Los dependientes dejaron la vida sindical por varias décadas, retomándola recién el 2014. Sin embargo los trabajadores contratistas, en 2008, organizaron un sindicato denominado Sindicato Mixto de Trabajadores Mineros de la Chojlla-Autogestionarios.

La mayor parte de los trabajadores labora en interior mina, donde el promedio de edad es de 25 años, es decir se trata de trabajadores muy jóvenes. Las jornadas laborales son irregulares, dependen de varios factores y faenas, y por lo general se prolongan entre las 4 y las 12 horas diarias. También existen trabajadores/as de la tercera edad (mayores de 65 años) trabajando en interior mina y en pesadas y manuales actividades del ingenio.

PLANTA DE TRATAMIENTO



En la mina existen dos sistemas de tratamiento: manual y mecanizado en Ingenio.

Sistema manual

En primer lugar se tritura el mineral (con ayuda de quimbaletes). Seguidamente, pasa a mesas de separación (chiji). Recipientes de plástico son empleados para seguir con el proceso, añadiendo reactivos para ayudar a separarlo. El material mineralizado seleccionado es despachado para su procesamiento en el ingenio mecanizado. La capacidad de procesamiento bajo este sistema es baja (1 o dos bolsas de 50 kg. persona mes), pero de una alta calidad por el cuidadoso trabajo de selección manual.



Sistema mecanizado

El material proveniente de la mina (carga de rocas) es triturada con molinos de bola hasta alcanzar una textura procesable. El material triturado es transportado por cintas hacia mesas de concentración y mediante vibradoras es separado por gravedad. El abundante uso de agua, garantiza un flujo constante para el procesamiento. A continuación, se procede a retirar las impurezas mediante reactivos: xantatos, ácidos y diésel. La etapa final es la separación magnética, el secado y la disposición final del mineral en saquillos para su despacho a la fundición.

4.- Mujer anciana procesa manualmente Wolfram. Mina Chojlla. La Paz. Tony Sanchez. 04/08/2015.
5.- Trabajador. Mina Chojlla. La Paz. Tony Sanchez. 04/08/2015.

PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN



En La Chojlla se procesa una carga bruta promedio de 2500 Tn diarias. Al mes se obtiene entre 400 a 600 sacos (de cada uno de 50 kg, un promedio mensual de 200 Tn.) de mineral refinado de Wólfram y Estaño. La producción se despacha a unos hornos de calcinación ubicados en Viacha-La Paz. El producto final es exportado a Alemania. El complejo obtenido es de aprox. 60% Wólfram y 40% Estaño.

MEDIOAMBIENTE

Si la carga de mineral extraído de la mina contiene mucho bronce o siderita, el uso de reactivos (xantatos, ácido y diésel) se incrementa. Para la obtención de una carga promedio de Wólfram-tungsteno (aprox. 50 kilos) se emplea aproximadamente $\frac{1}{4}$ kilo de xantatos, lo que significa que en la producción mensual promedio (2500 Tn. día) pueden emplearse aproximadamente 375 kilos.

El desmonte de la mina es a cielo abierto. El agua del ingenio se vierte sin tratamiento previo.



6.- Depósito de producción de Wolfram. Mina Chojlla. La Paz. Tony Sanchez. 04/08/2015.
7.- Vista de Mina Chojlla. La Paz. Tony Sanchez. 04/08/2015.

Estructura de la industria del Tungsteno

La industria del tungsteno se divide en las siguientes ramas de producción según sus productos:

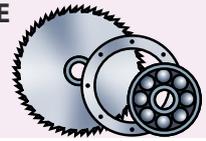
La mayor parte de las compañías se dedica solo a la producción del concentrado y sólo unas cuantas a todos los rubros mencionados.

Usos principales

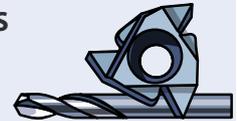
El resultado final del proceso de refinado es el polvo de tungsteno de alta pureza. El tungsteno se utiliza a veces en forma de polvo, pero muy a menudo en forma sólida. Para consolidar el polvo de tungsteno debe ser mezclado con un aglutinante y con cantidades muy pequeñas de otros materiales que proporcionen las propiedades deseadas para el producto acabado.⁵

Es común que un producto químico parcialmente refinado como paratungstato de amonio (APT⁶) sea vendido para su posterior pro-

PRODUCTOS DE TUNGSTENO SINTERIZADO



METALES Duros / CARBURO CEMENTADO



TUNGSTENO / CARBURO de tungsteno en polvo



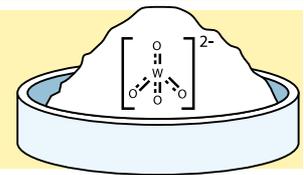
FERROTUNGSTENO



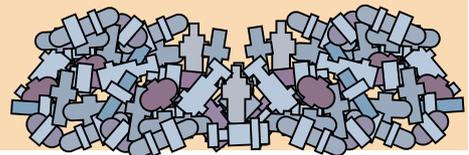
ÓXIDO Y ÁCIDO de tungsteno y otros productos químicos del tungsteno



TUNGSTATO



RECICLADO



CONCENTRADO (minas como La Chojlla)



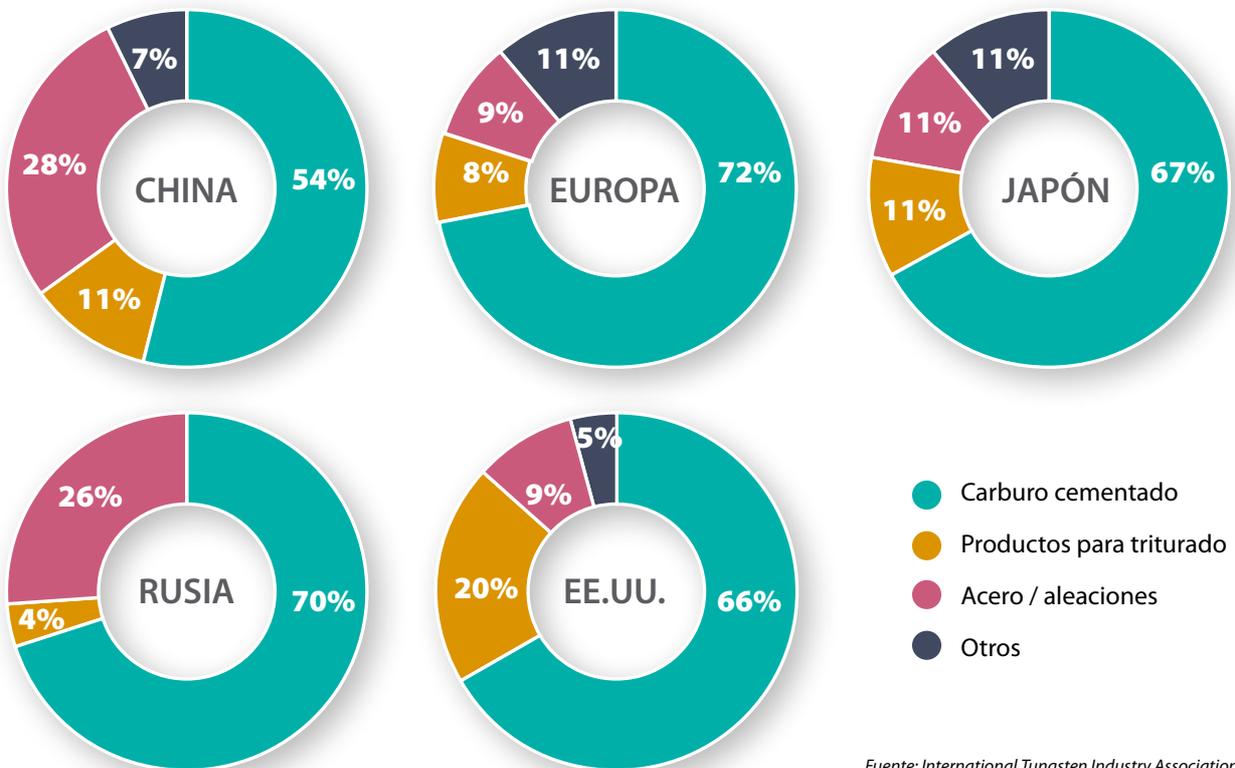
ceso de refinado químico. El uso más importante de tungsteno es la fabricación de los metales duros. El constituyente principal utilizado es el monocarburo de wolframio (WC), que tiene una dureza cercana a la del diamante. Tungsteno sigue siendo un socio importante para los aceros para herramientas, aceros de alta velocidad, los satélites y los aceros resistentes

a la fluencia y aleaciones. Los productos de acero de tungsteno son o bien productos de metal de tungsteno, tales como filamentos de luz, electrodos, contactos eléctricos y electrónicos, cables, láminas, varillas, etc, o aleaciones de tungsteno.



USOS PRIMARIOS DEL TUNGSTENO - WÓLFRAM

Consumo estimado global 2010: Total 71.000 t W (demanda virgen), 95.000 t W Consumo incluyendo deshecho)



Fuente: International Tungsten Industry Association

MAYORES COMPAÑÍAS MINERAS DE TUNGSTENO EN EL MUNDO

Compañía	País	Concentrado	Reciclado	Tungstato	Oxidos y ácidos de tungsteno	Otros químicos de tungsteno	Ferro-tungsteno	Tungsteno / Carburo de Tungsteno en polvo	Metal duro / Carburo cementado	Productos sinterizados de tungsteno
Jiangxi Tungsten Industry Group Co Ltd	China	X	X	X	X		X	X	X	X
Global Tungsten & Powders Corp	USA	X	X	X	X	X		X	X	X
ICD Alloys and Metals LLC	USA	X	X	X	X		X	X	X	X
Xiamen Tungsten Co Ltd	China	X	X	X	X			X	X	X
Zhuzhou Cemented Carbide Group Corp Ltd	China	X	X	X	X			X	X	X
China Minmetals Corp	China	X		X	X	X		X	X	X
Specialty Metals Resources SA	Belgium	X	X	X	X		X	X		
Chongyi Zhangyuan Tungsten Co Ltd	China	X		X	X			X	X	X
Jiangxi Rare Metals Tungsten Holdings Group Co Ltd	China	X		X	X		X	X	X	
Zigong Cemented Carbide Co Ltd	China	X		X	X			X	X	X
Wolfram Bergbau-und Hutten AG	Austria	X	X	X	X			X		
Jiangxi Yaosheng Tungsten Co Ltd	China	X		X	X			X	X	
Noble Group - Hard Commodities	Singapore	X		X	X		X	X		
Comsup Commodities Inc	USA	X		X	X		X	X		
Kennametal Inc	USA	X	X		X			X	X	X
A & M Minerals & Metals Ltd	UK	X	X	X	X	X	X			
Amalgamated Metal Corporation Plc	UK	X		X	X		X			
Wogen Resources Ltd	UK	X		X	X		X			
Asia Tungsten Products Vietnam Ltd	Vietnam	X		X	X		X			
Advanced Material Japan Corp	Japan	X	X		X	X	X			X
Masan Resources - Nui Phao	Vietnam	X		X						
Hazelwood Resources Ltd	Australia	X	X				X			
Carbine Tungsten Ltd	Australia	X								
King Island Scheelite Ltd	Australia	X								
Newcrest Mining Ltd	Australia	X								
Thor Mining Plc	Australia	X								
Vital Metals Ltd	Australia	X								
Wolf Minerals Ltd	Australia	X								
Premier African Minerals Ltd	British Virgin Islands	X								
Almonty Industries Inc	Canada	X								
Blackheath Resources Inc	Canada	X								
North American Tungsten Corp Ltd	Canada	X								

Saxony Minerals & Exploration AG	Germany	X								
Ormonde Mining Plc	Ireland	X								
Todd Corp	New Zealand	X								
Sojitz Beralt Tin & Wolfram (Portugal) SA	Portugal	X								
Saloro SLU	Spain	X								
W Resources Plc	UK	X								
HC Starck GmbH	Germany		X	X	X	X		X	X	X
ALMT Corp	Japan		X	X	X			X	X	X
Wolfram Company CJSC	Russia			X	X			X	X	X
CB-CERATIZIT CN	China			X	X			X	X	
Guangdong Xianglu Tungsten Co Ltd	China			X	X			X	X	
Grondmet GmbH & Co Kg	Germany			X	X		X	X		
Japan New Metals Co Ltd	Japan			X	X	X		X		
CERATIZIT SA	Luxembourg	X		X			X	X	X	
Sandvik Machining Solutions AB	Sweden		X		X			X	X	X
Nippon Tungsten Co Ltd	Japan				X			X	X	X
Tranzact Inc	USA		X		X		X	X		
Eurotungstene - Eramet Group	France				X	X		X		
Betek GmbH & Co KG	Germany		X					X	X	X
Kohsei Co Ltd - Kitakyushu Plant	Japan		X					X	X	
TaeguTec Ltd	Korea Rep							X	X	X
Atlas Copco Secoroc AB	Sweden							X	X	X
Federal Carbide Co	USA							X	X	X
Tikomet Oy	Finland		X					X		
Toshiba Materials Co Ltd	Japan							X		X
Tungco Inc	USA		X					X		
Mi-Tech Metals Inc	USA							X		X
Umicore SA	Belgium								X	
Stadler Metalle eK - Handel & Aufbereitung	Germany		X							
Sumitomo Electric Industries Ltd	Japan								X	
Vietnam Youngsun Tungsten Industry Co Ltd	Vietnam						X			

Fuente: En base al registro de compañías afiliadas a la International Tungsten Industry Association

NOTAS:

1. Frank Hess en 1921 (citado por Rivas y Ahfeld pp. 378) describió de esta manera la belleza de los cristales de wólfam (algunos de los cuales pesaban hasta 60 Kg.) encontrados en las explotaciones realizadas entre 1912 y 1918: "I saw the most wonderful wolframite crystals from them, that it has a ever been my pleasure to look upon-groups of crystals 2 ½ inches long, with apparently perfectly cross sections, truncated by single dome faces. All as if artificially polished, and set in groups of clear quartz crystals. Other crystals of fine symmetry reached a size of 2 by 3 by 4 inches."
2. Tomado de Rivas y Ahfeld (pp. 376). *Minerales de Bolivia y sus parajes*. Tomo II. 2009. La Paz.
3. *Ibid.*, pp.375.
4. <http://geominmet.blogspot.com/2015/01/blog-post.html>
5. Tungsten and Costs. Midwest Tungsten Service
6. En inglés: Ammonium paratungstate. Es la principal forma en la cual es comercializado el tungsteno