

Algunas materias primas necesarias en la industria eléctrica.

EL TUNGSTENO

POR

DÉSIRÉ PECTOR

Administrador de Sociedades coloniales.

Entre las muchas materias primas que emplea la industria eléctrica, citaremos entre otras: el tungsteno ó *wolfram*, la mica, el caucho, la gutapercha, etc.

En el presente artículo nos ocuparemos únicamente del *tungsteno*.

Denominaciones.—Este metal, llamado «especial», se denominó primeramente «scheelin» ó «scheelium», derivado del nombre del gran químico sueco Scheele, que fué quien lo descubrió en 1782.

Ahora bien, el nombre más extendido de este metal es el de «tungsteno», derivado de una palabra sueca que significa «piedra pesada». Otro nombre, que se aplica más bien al mineral que al metal, es el de «wolfram», dado por los sabios alemanes y derivado del nombre de un personaje de la guerra del Wartburgo y del nombre propio del poeta von Eschenbach.

El mineral de wolfram es un tungstato de hierro y de manganeso: existen diferentes modificaciones que varían según las proporciones relativas del hierro y del manganeso que contienen estos minerales. El wolfram es en extremo denso, teniendo un peso específico de seis y siete; el estaño que contiene es igualmente muy denso.

Según el profesor A. Lacroix, el grupo del wolfram comprende tres minerales:

La ferberita: $3\text{TuO}^4, (\text{Fe}, \text{Mn})^4$;

El wolfram: $(\text{FeMn})\text{TuO}^4$, satélite de la casiterita, que se halla en los filones de wolfram y de estaño, en las pegmatitas y en los aluviones.

La hubnerita TuO^4Mn (tungstato manganeso), que se halla en los filones de cuarzo y en los yacimientos de manganeso.

La «wolframina» es el ácido tungstico que se halla en los yacimientos de wolfram. El «tungstato» es una sal que se deriva del ácido tungstico.

El nombre del químico sueco se ha conservado en los minerales de «scheelita» (TuO^4Ca) ó tungstato natural de calcio y de «scheelitina», ó tungstato natural de plomo. Aunque éste sea un mineral de los filones de wolfram y de estaño principalmente, se le halla también en las pegmatitas, en filones especiales, en los filones de hierro y en las hendeduras de diversas rocas.

Se distingue:

La «tungstita», que es un producto de alteración del wolfram. Forma en los yacimientos de este mineral capas terrosas amarillentas.

La «meymacita», mineral generalmente muy impuro según los análisis de Ad. Carnot (*Memoria de la Academia de Ciencias*, 1874, tomo LXXIX, pág. 638). Es, sin embargo, según A. Lacroix (tomo III pág. 314), ácido tungstico hidratado, considerado como ópalo de la tungstita.

La «cuprotungstita» (TuO^4Cu) ó «cuproscheelita» $\text{TuO}^4(\text{CaCu})$.

La «powellitita» (TuO^4Mo)Ca.

La «stolcita» TuO^4Pb .

La «reinita», TuO^4Fe .

Descripción ó naturaleza del mineral.—El wolfram está frecuentemente asociado á los minerales de estaño. Se le halla con

frecuencia próximo á las formaciones de estaño, en los filones de cuarzo. Está entonces, bien diseminado entre el cuarzo, en pequeñas masas irregulares, bien asociado con el bismuto nativo, con la piritita, ó con la galena. En estado de tungstato de hierro, de tungstato de manganeso (wolfram) ó de tungstato de calcio (scheelite), este metal tiene un brillo metálico gris de acero. Es muy duro, difícilmente reductible, poco fusible, manteniendo su dureza á altas temperaturas. La cualidad esencial del metal tungsteno es su pureza, es decir, la carencia de toda impureza deletérea (como el estaño, el cobre, el azufre, el arsénico, el fósforo y el manganeso), susceptible de ocasionar la rotura del acero al que se incorpora durante el curso de fabricación ó de servicio.

Si los minerales brutos de extracción no contienen más que del 5 al 8 por 100 de anhídrido tungstico, los concentrados deben tener un mínimo del 50 al 70 por 100 para ser de calidad vendible.

Las afinidades químicas del tungsteno son similares á las del molybdeno, del cromo y aun del uranio.

Principales yacimientos de tungsteno explotados actualmente en el mundo.

En Europa: Portugal.—Entre las 198 concesiones de minas de tungsteno concedidas por el Gobierno (16 de ellas en 1913), 40 llaman particularmente la atención. Entre éstas se cita las siguientes: Boralha, la mayor de Portugal, exporta su producción anual de 384 toneladas, con un contenido del 65 por 100 de ácido tungstico; Teixugueiras exporta su producción total de 65 toneladas al 65 por 100; la Panasqueira, provincia de Beira Baixa, exporta su producción de 300 toneladas al 65 por 100. Esta mina, una de las más productivas de Portugal (extrae 25 toneladas mensuales), está en explotación desde 1898 y es actualmente propiedad de la Casa Blackwell.

Las minas de Chieira é Fiveda que exportan 52 toneladas al 65 por 100; Cabeco do Seixo que produce 45,25 toneladas y exporta 35,25; Capela do Senhor dos Afritos, que produce 40,5 toneladas al 65 por 100, de las que exporta 20,2; Montado da Adoria, que exporta 15,9 toneladas; Fonte do Seixo, que exporta 11,5 toneladas al 60 por 100; Codeceira é Vinheiros, Alvaredo é Rebordo Longo y Monte da Fraga, que exportan 9,18 toneladas; Vale do Milho y Gaviao, que exportan cada una 1,85 toneladas.

Es conveniente citar también la rica mina de Braga, las propiedades de la Sociedad de las minas del tungsteno (domiciliada en París, calle de Laffitte, núm. 27), que producen 400 toneladas anualmente, con un 70 por 100; la concesión Girod, cerca de la estación de Guarda; la concesión Pinhel; la concesión Louza; en Cabeco Piao hay 6.000 metros cuadrados de cuarzo que contienen por metro cuadrado 25 kilogramos de concentrados de tungsteno.

Como en Portugal se halla el tungsteno á flor de tierra, en las canteras y en los campos, los campesinos tenían durante la guerra toda clase de facilidades para hacer el contrabando individual de este mineral, pero los Gobiernos aliados consiguieron del Gobierno portugués que éste interviniese formalmente para hacer pesar este abuso.

La producción en toneladas métricas de tungsteno con el 60 por 100 de ácido tungstico, durante los años que se cita, ha sido la siguiente:

	Toneladas.
1906.....	570.
1912.....	1.330
1913.....	800
1914.....	967
1915.....	1.400
1916.....	1.600
1917.....	1.200

Las cantidades de los años 1915 y 1916 son solamente aproximadas.

Antes de la guerra la exportación del tungsteno portugués se hacía exclusivamente á Alemania, Francia é Inglaterra.

La ley portuguesa de 5 de Julio de 1894 concede las concesiones de tungsteno bajo lá forma de círculos de 510 metros de radio, cuyo centro se indica. Se debe pedir el espacio intermedio entre los círculos.

El servicio oficial de inspección del Gobierno portugués en las operaciones relativas á la compra y á la exportación del mineral de tungsteno, estableció cada mes los cursos oficiales del mineral en Lisboa. Éstos son actualmente por unidad de Tu^s del

	Pesetas.
50 por 100 en equivalencia de moneda portuguesa de..	95
51 ídem íd. íd.....	98
52 ídem íd. íd.....	101
53 ídem íd. íd.....	104
54 ídem íd. íd.....	107
55 ídem íd. íd.....	110
56 ídem íd. íd.....	112
57 ídem íd. íd.....	114
58 ídem íd. íd.....	116
59 ídem íd. íd.....	118
60 ídem íd. íd.....	120
61 ídem íd. íd.....	122
62 ídem íd. íd.....	124
63 ídem íd. íd.....	126
64 ídem íd. íd.....	128
65 ídem íd. íd.....	130
66 ídem íd. íd.....	132
67 ídem íd. íd.....	134
68 ídem íd. íd.....	136
69 ídem íd. íd.....	138
70 ídem íd. íd.....	140
71 ídem íd. íd.....	143
72 ídem íd. íd.....	145

España.—Los sabios españoles Juan y Fausto de Elhuyar, de Vitoria, han sido de los primeros en hacer investigaciones y análisis químicos sobre el mineral (ver su estudio «Análisis químico del wolfram»), pero si ambos hermanos fueron los primeros en retirar el ácido tungstico del tungsteno y reducirlo al estado metálico, sin embargo, las primeras explotaciones del tungsteno en España no empezaron hasta 1903. El tungsteno y la scheelita coexisten allí generalmente en muchos filones de cuarzo, en el centro de esquistos y de granitos. Los principales yacimientos se hallan al Oeste y NO. del país en las regiones y provincias de:

León.—Provincia de Salamanca, en Barrueco pardo (descubierto en 1907): minas Atalaya 2.^a, Colón, Unión, Elsa, Mayo, Afuria, y Urrutia, la Brasileña, María Concepción en Soucelle (orilla izquierda del Duero) (Juanilla), en Navasfrías (Sin nombre), provincia de Zamora en Zafra (Enriqueta, Paquita), en Muga de Sayago (Darío).

Extremadura.—Provincia de Badajoz, en el Valle del Serena (Tres Amigos), en Campanario (San Agustín, San Fernando), en Oliva de Jerez (Virgen de Gracia).

Galicia.—Provincia de La Coruña, en Lonsame (Fenicia y Pilar). Provincia del Orense, en Rivadavia (Rara Eloísa), en Balborras, circunscripción de Carballeda de Valdeorras, cerca de Casayo; existe allí un grupo importante de yacimientos, entre ellos los de la «Sociedad anónima de las Minas de wolfram de Balborraz» con capital de 1.500.000 francos, con residencia social en Bruselas, antes de la guerra. Provincia de Pontevedra, en Carbia (Sidón y Tiro), en Silleda (Angelita).

El tanto por ciento de mineral es pequeño y por estechecho su valor es bastante bajo.

La producción ha sido de:

	Toneladas.
1905.....	375
1906.....	200
1912.....	150
1913.....	84
1914.....	511
1915.....	159

Una Sociedad inglesa adquiere las cuatro quintas partes de la producción total del tungsteno español y lo exporta á Inglaterra. Durante la guerra se organizó por Alemania un servicio de acaparamiento del tungsteno español, con el fin de impedir la exportación de este precioso metal á los países aliados (ver el *Petit Parisien* de 13 Mayo 1918).

Inglaterra.—La producción ha sido la siguiente:

	Toneladas.
1888.....	61
1906.....	276
1912.....	193
1913.....	182
1914.....	230
1915.....	360
1916.....	350

El tonelaje de 1916 no es muy exacto.

El valor de las 193 toneladas de 1912 se ha calculado en 16.873 libras.

Los principales yacimientos de Inglaterra se hallan en Cornwall (donde Raspe descubrió ya en 1785 dos toneladas de este mineral), en el distrito de Redruth (Illogan y Carn); para buscar el mineral se construyen pozos que á veces alcanzan una profundidad máxima de 1.000 metros. Pueden citarse los yacimientos: de East Pole, que en 1881 produjo 55 toneladas; de Truro de Saint-Austell, de Tavistock y de Drakenvalls. En Cornouailles se llamaba antiguamente al tungsteno «Call», «Callen» y «Mock lead» y se halla mezclado con el estaño.

La Sociedad inglesa «Tungsten and Rare Metals Co.», produce en 1913 tungsteno metal con el 97 por 100.

Existen también yacimientos de tungsteno en Rona (Escocia).

Antes de la guerra, el árbitro-químico Benedict Kitto, de Londres, estaba reconocido como perito para el examen y análisis de los minerales de tungsteno.

Alemania y Austria-Hungría.—La producción de los dos imperios centrales reunidos ha sido la siguiente:

	Toneladas.
1906.....	60
1912.....	167
1913.....	150
1914.....	220
1915.....	250
1916.....	300

Las cantidades de los cuatro últimos años son aproximadas.

Los principales yacimientos de mineral de tungsteno de Alemania están situados en el Erzgebirge sajón; en Zinwald (bajo la forma de stolzita y wolfram) cerca de Rosswein (fábricas de Theodor Kniesche; en Altemberg, en Geyer, en Graupen, en Freyberg, en Eybenstock, en Marienberg y en Schneeberg. Estas minas se hallan entre el 30 y 32 grados de longitud y entre el 50 y 51 grados de latitud.

La Revista *Química é Industria*, órgano de la Sociedad de Química industrial, en el número del 1.º de Julio de 1918, y en un

artículo titulado «La Industria alemana y la guerra», dice lo siguiente respecto á la explotación del tungsteno en Alemania.

De las 4.780 toneladas de mineral de tungsteno que Alemania importaba en 1914, cerca de 4.000 provenían ó de las naciones de la «Entente» ó de los países de ultramar; se ve, por consiguiente, el déficit causado por el bloqueo.

La explotación de algunos yacimientos alemanes y austriacos se forzó activamente; se pusieron en explotación otros nuevos yacimientos descubiertos. El alza de los precios permitió explotar minerales que no contenían más que el 0,6 y el 0,8 por 100 de TuO_3 .

Aún más, tuvo principalmente que recurrirse á las escorias de casiterita-wolframita, que se presentaron como de importancia considerable. Hacia la mitad del año 1915 se monopolizó la producción de tungsteno y se colocó bajo la inspección de la Sociedad por acciones de guerra, de los metales.

Puede decirse que al final de la guerra Alemania había conseguido satisfacer sus necesidades.

Los yacimientos de Austria-Hungría están en Bohemia en Schlackenwald y en Sanberg, cerca de Ehrenfriedsdorff ó Ehrenfriedhoff (?).

Francia.—Se hallan yacimientos de tungsteno en los departamentos siguientes:

En los *Vosgos*: en Framont el Sr. Carrière estudió en 1852 este yacimiento de scheelita, que se halla mezclada con hematites.

En *Ile-et-Vilaine*: en Montbelloux en Luitré, á 7 kilómetros de Fougères; este yacimiento de tungsteno y de scheelita, asociados con cuarzo fué descubierto en 1903; en Villeroy, cerca de Montbelloux, existe también tungsteno.

En las *Costas-del Norte*: en el mismo Dinan se ha hallado en los cimientos de un pozo scheelita y ferberita, en pequeñas masas grises en las partes pegmatoides del granito.

En *Finisterre*: existe tungsteno en la punta de Terenez en Plougasnou, cerca de Morlaix.

En el *Loira-inferior*: en Barbin y en el parque Grillaud; en Nantés se ha hallado también tungsteno.

En *Allier*: se han hallado rastros de tungsteno en las Colettes. En Montmis, cerca de Montluçon, existe un yacimiento poco importante por el momento: podría producir de cinco á seis toneladas por mes, con el 65 al 68 por 100 de mineral. Es propiedad de la Sociedad de igual nombre, domiciliada en París, rue de Maubeuge, núm. 5.

En *Saone-y-Loira*: Existe tungsteno en Montortu, cerca de Autun.

En el *Puy-de-Dome*: Se hallan rastros de tungsteno en el cerro de Charado, en el cabo de Prudelles y en Saint-Pardoux.

En el *Creuse*: Se encuentra scheelita en el norte de Bourgneuf y tungsteno en Montebras-en-Soumans.

En la *Haute-Vienne*: en Saint-Leonard-en-Limousin, el tungsteno forma el elemento esencial de los minerales de estaño. Este yacimiento se descubrió en 1795 y en 1809 se emprendieron investigaciones por el Sr. Cessac; en los yacimientos de Puy-les-Vignes (canton de Saint-Leonard) descubiertos en 1795, se halla el tungsteno sin estaño en los filones de cuarzo. Se ha extraído también tungstita (ácido tungstico pulverulento), ferberita y scheelita amarilla dorada. Después de un intento de primera explotación en 1810, se hicieron nuevas obras en 1884-1885 y se abandonaron en 1886. El rendimiento en 1884 fué de 13 toneladas, y en 1885 de 10 nada más. Posteriormente comenzó de nuevo la explotación, y en 1914 una parte del mineral de este yacimiento se expedía á Hannover, á la fábrica Bierman; allí se transformaba en ferro-tungsteno, que venía á venderse en Francia. Puy-les-Vignes pertenece actualmente al Sr. Paul Girod, de Uriage. La

producción mensual es de 15 toneladas y el mineral alcanza hasta el 76 por 100 de anhídrido tungstico.

Vaulry y Cieux: estos dos yacimientos, próximos uno de otro, contienen estaño mezclado con tungsteno, con tungstita y con ferberita. Están situados cerca de Bellac y pertenecen á la Sociedad de Vaulry y Cieux.

Las célebres canteras de Chant-loube, cerca de Limoges, contienen tungsteno tantalífero.

En Neponlas, entre Beaune y Chanteloube, se halla scheelita, así como en Mandelless-en-Panzol, cerca de Limoges; en la cantera de la Vilate, cerca de Chanteloube, existe tungsteno y tungstita.

En la *Charente*: se halla tungsteno en la Roche Cambourg, cerca de Confolens.

En el *Corrèze*: el yacimiento de Meymac está situado al Sur y sobre una de las ramificaciones de la cadena granítica que separa las cuencas del Creuse, del Dordogne y de sus afluentes. La scheelita está combinada con bismuto. Existe también tungstita y meymacita, mineral especial en esta región. Este yacimiento se indicó ya en 1867 por el Sr. Adolphe Carnot, entonces Ingeniero-Jefe de Minas y posteriormente director de la Escuela de Minas. Esta mina se abandonó en 1893.

En el *Cantal*: se ha visto tungsteno en Bonnac, cerca de Massiac (no existirá confusión con Bonnac, cantón de Castillon-Ariège?).

Los yacimientos de tungsteno de Leucamp (cantón de Montsalvy) son en la actualidad los más importantes de Francia. Un decreto de 12 de Noviembre de 1917, del que se hace mención en el *Journal Officiel* del 21, autorizó «la cesión de las minas de tungsteno y metales conexos de Leucamp, concedida por la Sociedad de las minas de Borralha (Portugal) á la Compañía «des Forges y Acieries de la Marine et d'Homécourt».

En el *Isère*: se ha hallado scheelita en Puy, cerca de Saint-Christophe.

En el *Lozère*: se hallado en Valaize-en-Gabrias, cerca de Marvejols, y en Barjac hubnerita combinada con cuarzo.

En el *Var*: en la Molle, cerca de Cogolin, se han visto vestigios de tungsteno.

En los *Altos Pirineos*: en Saint-Lary, en Adervielle y en Vabias, se ha hallado hubnerita en los yacimientos de manganeso.

La producción de los yacimientos precedentes, todo en Francia metropolitana, no ha sido más que de: 20 toneladas en 1906; 220 en 1912, 245 en 1913 y de unas 200, aproximadamente, durante cada uno de los años 1914, 1915 y 1916. Es un resultado verdaderamente insuficiente en comparación con lo que se podría haber extraído. Estas circunstancias desfavorables pueden haber tenido dos causas: La primera, nuestra apatía antes de la guerra, y la segunda, los defectos de nuestra antigua legislación minera, por cuya consecuencia más de 400 solicitudes de autorización de concesiones mineras distintas están detenidas en el momento actual. Contra la primera causa parece ser que se vislumbra una reacción favorable: el Sr. Paul Girod y la «Société des Acieries de la Marine et d'Homécourt» han dado un buen ejemplo. La segunda depende de una buena voluntad de nuestros legisladores.

Suecia.—Los principales yacimientos de tungsteno conocidos son los de Bipsberg, Beccarn y Thalaig.

Rusia.—Se señala mineral en la isla de los Osos, en el Océano Glacial, entre el Spitzberg y el extremo Norte de Suecia.

Italia.—Se ha hallado tungsteno en Macchetto y en Traversellé (Piamonte). De las investigaciones practicadas para poder cubrir las necesidades de las fábricas metalúrgicas italianas de guerra, se han descubierto en los primeros meses de 1918 nuevos

yacimientos de tungsteno en Cerdeña y en Calabria (provincia de Reggio).

En Asia: Birmania y Estados Shan.—Actualmente es este país uno de los mayores productores de tungsteno del mundo entero. Esto se comprueba con los datos que damos á continuación de la explotación comenzada en 1906:

En 1910 tuvo lugar una primera extracción de 395 toneladas métricas. En 1911 el rendimiento fué de 1.303. En 1912 se exportaron 1.705; en 1913, 1732; en 1914, 2.055; en 1915, 2.883, y en 1916, 4.123.

Los principales yacimientos explotados ahora se hallan en los distritos de Tavoy y Mergui y en los Estados Shan del Sur.

Tonkín.—Se hallan ricos minerales de tungsteno en los yacimientos de aluvión de la región montañosa de Pia-Ouac, comprendida dentro de la provincia de Cao Bang y situada al Oeste de esta última población del Alto Tonkín, limítrofe de la provincia china de Kouang Si. Estos yacimientos dominan la divisoria de las cuencas de los ríos Rojo y Si Kiang.

Se encuentran estos minerales en los filones de cuarzo y combinados con estaño.

Entre las Sociedades francesas que explotan estos yacimientos es conveniente citar: la Sociedad de las minas de estaño y wolfram de Caobang, domiciliada en París, *boulevard* Haussmann, número 35. Se creó hacia 1905; la explotación no alcanzó su verdadero desarrollo hasta 1911. Del macizo de tungsteno propiedad de esta importante Sociedad, situado en Pia-Ouac á unos 60 kilómetros de Cao Bang, desde 1911 á 1917 se han extraído 1.500 toneladas de mineral bruto, á razón de 30 toneladas de tungsteno bruto mensualmente, dando 25 toneladas de concentrado con el 72 al 73 por 100. El rendimiento de esta Empresa va aumentando progresivamente en un 20 á un 25 por 100 al año; no está muy lejano el día que pueda producir 1.000 toneladas anuales de un mineral muy puro, el mejor del Tonkín. En tanto que en los Estados Unidos el título de anhídrido túngstico para «good merchant quality» es del 60 por 100 y en Inglaterra del 60 al 65 por 100, la Sociedad del Cao Bang garantiza un 70 por 100, pero entrega generalmente mineral con un 72 y un 74 por 100. Esta Sociedad posee sobre el terreno un escogedor magnético para separar el tungsteno de la ca-iterita (estaño oxidado natural) y dos lavaderos de fuerza hidráulica de 500 caballos.

La Sociedad de las minas de estaño del Alto-Tonkín, así como su fábrica de separación e electromagnética, están situadas en París, *quai Jemmapes*, núm. 206. Esta Empresa, creada hacia 1902, no empezó á funcionar formalmente más que hasta 1906. De su extracción actual de unas 50 toneladas por año, aproximadamente, obtiene concentrados del 68 al 70 por 100 de anhídrido túngstico.

La Sociedad de las minas de Pia-Ouac está domiciliada en Marsella, calle Consolat, núm. 99, donde trata el estaño y el mineral de tungsteno en su fábrica de separación electromagnética.

Es conveniente citar también:

La concesión de 160 hectáreas de las minas de estaño de Tinh-Tuc, Ayuntamiento de Vu-Nong, cantón de Kin-Hoo, sector de Nguyen Binh, que contiene un filón de mineral de tungsteno en el perímetro Saint-Alexandre; los Ingenieros Benqué y Bauer han hecho un serio estudio de estos yacimientos; las minas de Nam-kep y de Beau-Site, con mucho wolfram.

A propósito de la mina de Beau-Site, el Sr. L. Laurent, en su obra *Las producciones minerales etc.*, Marsella 1907, dice que es una pequeña explotación emprendida en fin de 1902 y cuyo éxito ha durado hasta 1904. Desde entonces, y por causa de la dificultad del tratamiento que resulta por la presencia del ácido túngstico

en el mineral, se vende éste en Europa como mineral mixto de estaño y de tungsteno. La venta de estos minerales se ha elevado:

	Escorias en kilogramos.	Minerales en kilogramos.
En 1904.....	»	7.800
En 1905.....	35.000	11.600

En Laos existen también yacimientos de estaño, sin duda de wolfram; pertenecen á la Sociedad de las minas de estaño de Nam Hin Boun.

En el Alto Tonkín se halla con facilidad la mano de obra, pero los transportes son difíciles y costosos; para hacer llegar á Haiphong, único puerto de embarque para Europa, es preciso emplear el transporte humano, la carreta, el *sampang* y el ferrocarril.

En 1916 se exportaron por el puerto de Haiphong 400 toneladas de mineral de tungsteno. La exportación de 1917 se calcula en unas 500 toneladas.

Siam.—Por razón de su proximidad geológica á los yacimientos de Birmania y del Tonkín, este país está igualmente llamado á presentar un cierto porvenir desde el punto de visto del precioso mineral. Ha exportado:

	Toneladas.
1912.....	108
1913.....	281
1914.....	30
1915.....	297
1916.....	458

Japón.—La exportación de este país ha sido la siguiente:

	Toneladas.
1906.....	40
1912.....	205
1913.....	297
1914.....	195
1915.....	439

Siberia.—Aunque conociendo perfectamente la importancia de los yacimientos de tungsteno de Nertschinsk, localidad situada sobre el río Chilka, al Oeste de Strictensk, provincia de Transbaikalia, al NO. de la fundición de Nertschinskii Zarod, no hemos podido conseguir detalles relativos á la extracción y exportación de esta región muy rica en minerales.

En la misma provincia existen yacimientos de estaño en la orilla derecha del Onon, un poco río arriba del pueblo de Onon-Olovianuy-Roudnik. La ca-iterita se halla en estado de impregnaciones en los filones de cuarzo. A pesar de la reducida explotación de estos yacimientos (ver el artículo «Les ressources agricoles et minières de la Siberie», en el *Boletín de la Sociedad de Geografía comercial de París*, Marzo 1918), la «Sociedad de las fundiciones de estaño de Transbaikalia», proveía de estaño, antes de la guerra, á todas las industrias rusas. En esta misma época, capitalistas de Berlín y de Hamburgo y el Banco internacional de Petrogrado habían constituido un consorcio para explotar las minas de estaño de Kulundinski, de Sharanaïski y de Zavitiinski, que todas contienen tungsteno.

Los yacimientos de wolfram de la isla de los Osos se aplican á los antes citados por nosotros en Rusia ó bien á la otra isla del mismo nombre, situada al Norte de la Siberia oriental, en la desembocadura del río Kolyina, y enfrente de la población de Nijni-Kolymsk.

Straits Settlements.—En Singapore existen fundiciones importantes que separan el estaño del tungsteno, que proviene de la península de Malacca, (Trengganu produjo en 1914 173 toneladas de tungsteno).

Corea.—Existe tungsteno en las provincias de Chusei septentrional, Chusei meridional y Kogen. Según el *Annual Report of Reforms and Progress in Chosen* (Korea), Seoul, Julio 1917, la guerra mundial, entre otras repercusiones en Corea, ha tenido la de la considerable exportación por el puerto de Fusan de diversos productos de la tierra, entre ellos el tungsteno; el valor de este mineral exportado en 1916 fué de 1.547.948 yen (de 5 pesetas) más que en 1915, que fué insignificante. Existe en Corea una explotación francesa de tungsteno.

África.—Aunque no hayamos podido tener conocimientos de yacimientos de tungsteno descubiertos en el continente negro, emitimos la opinión de que probablemente podría hallarse vesti-

gios de este metal en las regiones africanas donde exista estaño, es decir, en la cuenca del Benué, territorio inglés de la Nigeria.

El Ingeniero L. Pelatau (*Revue universelle des Mines*, 1900, tomo LII, 3.^a serie, pág. 1 y siguientes) dice: «Se ha señalado la presencia de estaño en estado de casiterita en la provincia de Baulé (Costa de Marfil) y en los montes de Cristal, en el Gabón. Además se informa que en el Alto Oubangui, á lo largo del río Oubangui, existen yacimientos de estaño que parecen explotables. Estos yacimientos se prolongarían hasta el Djabbir, Estado independiente del Congo, en la cuenca del Ouellé».

(Continuad.)

H.

REVISTA EXTRANJERA

Las proporciones económicas de los puentes de acero en arco.

La elección de la forma que ha de darse á un puente está determinada por consideraciones diversas, bastante numerosas, entre las cuales intervienen: la longitud, la disposición de las orillas, la estética, la economía, la naturaleza de las cargas, etc. Un estudio sistemático de la economía de los diversos tipos presenta dificultades tan grandes que pocos Ingenieros han pensado en emprenderla, y los cálculos hechos hasta aquí respecto á este punto no se refieren más que á algunos casos particulares.

M. J. A. L. Waddell, Ingeniero americano, bien conocido por sus trabajos relativos á la construcción de puentes, ha presentado recientemente á la American Society of Civil Engineers una importante Memoria sobre «La economía de los puentes de acero en arco». En esta Memoria, sobre la cual desea insistentemente que se abra discusión, entiende M. Waddell que regula cada una de las cuestiones económicas importantes que pueden presentarse en el estudio de un puente en arco. Así es que da fórmulas y diagramas para determinar con una aproximación suficiente los pesos de metal, tanto en los arcos propiamente dichos como en las obras enteras, é indica las relaciones entre los pesos y los gastos de los puentes en arco, comparativamente con los de los puentes de vigas rectas correspondientes.

Para este estudio enuncia M. Waddell ocho problemas:

- 1.º Relación económica de la flecha á la longitud.
- 2.º Altura económica que ha de darse á las vigas parciales.
- 3.º Emplazamiento económico para la articulación del vértice en los arcos de tres rótulas y de tímpanos huecos, ó de viga parcial superior horizontal.
- 4.º Relaciones de los pesos necesarios de metal para los arcos macizos, los arcos en celosía y los arcos de tímpanos huecos.
- 5.º Relaciones de los pesos de metal para los tipos sin articulaciones, de dos y de tres articulaciones.
- 6.º Economía realizada por la constitución de arcos establecidos para resistir como arcos de tres articulaciones para el peso muerto y de dos articulaciones para la carga móvil.
- 7.º Economía del arco cantilever con tramos de orillas al aire, comparativamente al arco ordinario flanqueado por dos vigas rectas simples.
- 8.º Relación de los pesos necesarios de metal para ciertas

partes de los puentes en arco, comparadas con las partes correspondientes de los puentes de vigas rectas de la misma longitud y recibiendo las mismas cargas rodantes.

Los dos primeros problemas han sido resueltos por M. Waddell en su obra reciente *Bridge Engineering* y los siguientes por un gran número de dibujos y cálculos de arcos de diversos tipos, cuyos resultados da el autor en su Memoria.

Respecto á la relación económica entre la flecha y la longitud, aunque no haya hecho un estudio sistemático, un cierto número de proyectistas admiten que esta relación debe permanecer entre los límites de 13 y 30 por 100. En la obra precitada, M. Waddell ha establecido diez ecuaciones por medio de las cuales se puede encontrar el peso de metal que entra en la constitución de arcos de tres rótulas, macizos ó en celosía, de diversas longitudes y de relaciones diversas de la flecha á la longitud, M. Waddell se ha dedicado á cálculos comparativos para arcos de 200, 500 y 800 pies (próximamente 60, 150 y 240 metros de luz), formando parte, ya de un puente carretero, ya de un puente de ferrocarril. La determinación de la relación económica de la flecha á la longitud no es, sin embargo, tan sencilla como podría creerse, y el autor ha supuesto los diversos casos que podrían presentarse. Para cada uno de ellos, da M. Waddell, bajo formas de tablas y de gráficos, el resultado de sus cálculos.

Interesantes diagramas dan la solución de los otros siete problemas; M. Waddell ha reproducido, además, unos gráficos que dan, en el caso del empleo de acero al níquel, el peso total de metal que entra en la constitución de obras de diversos tipos. Para las pequeñas luces, parece económico no emplear el acero al níquel mas que para los arcos solamente. Para los puentes de gran longitud, en los cuales es muy importante reducir el peso muerto, se podrá emplearlo también en la estructura; pero solamente en algunos casos raros es donde habría interés en emplearlo para los contravientos, porque las secciones mínimas que se dan á las riostras son habitualmente, aun en las grandes obras, bien superiores á las que serían estrictamente necesarias.

Los resultados del estudio matemático de M. Waddell pueden resumirse bajo la forma de las respuestas siguientes á los ocho problemas que hemos enunciado:

- 1.º Para los arcos de tres articulaciones, con tablero aproximadamente tangente al vértice del arco, las relaciones económicas de la flecha á la longitud son las siguientes: