



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

Minería y tecnología: la compañía norteamericana de
Real del Monte y Pachuca, 1906 a 1947

T E S I S

Que para obtener el grado de:
Doctor en Historia de México
P r e s e n t a
J a v i e r O r t e g a M o r e l

Asesora:

Dra. Patricia Aceves Pastrana



Facultad de
Filosofía y Letras

México, DF.

Mayo de 2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres:

Raúl Ortega Vargas

Laura Morel de Ortega (†)

A mi esposa Verónica Ortiz de Ortega y a mi hija Verónica por todo su apoyo y cariño durante estos años.

A mi hermano Jorge y su familia.

A mi tía Cari y mis tíos Rubén y Áurea.

A mis primas, primos, cuñados y sus familias.

A la memoria de los seres queridos
que ya no están con nosotros.

A los miembros del Jurado y a mis maestros.

A mis compañeros y amigos del
Seminario de Intercambios Científicos de la
Facultad de Filosofía y Letras.

A mis compañeros de la Universidad
Autónoma del Estado de Hidalgo.

A los trabajadores mineros.

Índice

Introducción	1
1 La Compañía de Real del Monte y Pachuca y su entorno.	
1.1 La región y sus yacimientos.	
1.1.1 Aspectos físicos	25
1.1.2 Geología y minería	27
1.1.3 Las vetas	29
1.1.4 Entorno agrícola y comunicaciones	37
1.1.5 Las ciudades y la empresa	39
1.2 La Compañía de Real del Monte y Pachuca.	
1.2.1 Antecedentes y establecimiento de los norteamericanos	41
1.2.2 Minería en años difíciles	44
1.2.3 Expansión y crisis	50
1.2.4 Sindicalismo y Segunda Guerra Mundial	54
1.2.5 Retiro de los norteamericanos	63
1.3 Las minas de la empresa en el período de estudio.	
1.3.1 Minería y minas	65
1.3.2 Métodos de trabajo subterráneo	68
1.3.3 Una mina de la época: La Rica	71
2 La electricidad como símbolo de modernidad.	
2.1 El abastecimiento y la distribución de energía.	79
2.1.1 Aproximación a los elementos tecnológicos	80
2.1.2 Compañías eléctricas relacionadas con la región	82
2.1.3 Problemáticas en el suministro de energía	89
2.1.4 Consumos y aplicaciones de la energía	92
2.1.5 La Compañía de Real del Monte y Pachuca, contratista en el sistema Necaxa.	93
2.2 Las mejoras en el bombeo.	95
2.2.1 Sistemas antiguos de desagüe.	96
2.2.2 Máquinas hidráulicas y el uso de vapor	97
2.2.3 Las bombas accionadas eléctricamente	99
2.3 La maquinaria y su accionamiento	104
2.3.1 Consideraciones sobre el accionamiento	105
2.3.2 Ventiladores	105
2.3.3 Máquinas para movimiento de materiales	107
2.3.4 Máquinas y motores asignados a los talleres	114



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

3	La perforación neumática y los explosivos.	
	3.1 La rapidez en túneles y galerías.	
	3.1.1 En el pasado: golpe a golpe	117
	3.1.2 Las máquinas perforadoras	119
	3.1.3 Importación de una novedad tecnológica en el siglo XIX.	122
	3.1.4 Establecimiento de los nuevos métodos.	127
	3.2 Reparación y fabricación local de equipos.	131
	3.2.1 Los talleres de la maestranza de Pachuca.	132
	3.3 Los explosivos y la experiencia del oxígeno líquido.	
	3.3.1 La dinamita.	137
	3.3.2 La experiencia del oxígeno líquido.	138
4	Del mineral al metal, la magia de la metalurgia.	
	4.1 La necesidad de los métodos de beneficio.	
	4.1.1 Consideraciones de operaciones de beneficio	147
	4.1.2 Equipos para quebrado y molido del mineral	149
	4.2 Los procesos desplazados: fundición y amalgamación.	
	4.2.1 La fundición directa	151
	4.2.2 La amalgamación mecanizada	153
5	El beneficio por cianuración.	
	5.1 Adaptación del nuevo proceso.	165
	5.1.1 Desarrollo de la cianuración	166
	5.1.2 La fabricación del cianuro	169
	5.1.3 Aplicación de la cianuración en México	173
	5.1.4 Establecimiento del proceso de cianuración en Pachuca	176
	5.2 El método continuo y el tanque Pachuca.	
	5.2.1 El tanque Pachuca y otros tanques de proceso	185
	5.2.2 Mejoras en el procedimiento de beneficio	187
	5.3 Las haciendas de la empresa.	
	5.3.1 De la amalgamación a la cianuración en Loreto	189
	5.3.2 La hacienda de Guerrero en Real del Monte	191
	5.3.3 La centralización del beneficio	194
	5.4 Refinación de la plata y el oro	
	5.4.1 Apartado con ácido	197
	5.4.2 Refinación electrolítica	198
	5.5 La flotación como alternativa en el beneficio	
	5.5.1 Desarrollo de la flotación	204
	5.5.2 Aplicación de la flotación durante el período de estudio	206
	5.6 Los jales, apuesta al futuro	

5.6.1	El problema de los desechos	208
5.6.2	Confinamiento de los jales	210
5.7	Consideraciones finales del beneficio	214
6	Otros procesos en el beneficio y fabricación de equipos de proceso.	
6.1	Fabricación de equipos para beneficio de minerales	
6.1.1	Fabricación propia	219
6.1.2	Fabricación externa	222
	Conclusiones	225
	Anexos	
Anexo 1.	Detalle del proceso de patio convencional a finales del siglo XIX en las haciendas de beneficio de Pachuca.	233
Anexo 2.	Reacciones del proceso de amalgamación de acuerdo a Modesto Bargalló.	236
Anexo 3.	Glosario.	237
	Referencias Documentales	
Referencias bibliográficas		241
Referencias hemerográficas		255
Referencias informáticas		258

INTRODUCCIÓN

a) Antecedentes

La minería de la plata y el oro ha sido una relevante actividad para la economía y la sociedad en general a lo largo de la historia de México. Un período de alta producción es el que va del fin del porfiriato a la primera mitad del siglo XX. En ese entonces, ocurrió una elevada participación de grandes consorcios norteamericanos en el ramo. Lo anterior fue el caso de la Compañía de Real del Monte y Pachuca cuyos orígenes se remontan al siglo XVIII con Pedro Romero de Terreros y sus sucesores. Después de la Guerra de Independencia, las propiedades fueron adquiridas por británicos, quienes a pesar de sus grandes esfuerzos, logros tecnológicos y recursos, terminaron con un fracaso económico. Las minas fueron adquiridas en 1849 por un grupo de accionistas mexicanos encabezados por Antonio Escandón y Nicanor Béistegui que recuperaron en poco tiempo su inversión gracias entre otros aspectos a una fuerte reorganización de las operaciones y al hallazgo en Pachuca de la veta de Rosario. La devaluación de la plata, situación que se acentuó en las últimas décadas del siglo XIX ocasionó problemas económicos y un ambiente de incertidumbre que motivó la venta de la Compañía de Real del Monte y Pachuca en 1906 al grupo United States Smelting, Refining and Mining Co. (USSRMCo)¹.

¹ El consorcio de la United States Smelting, Refining and Mining Co. (USSRMCo) fue fundado por hombres de negocio y financieros de Boston, ciudad donde se ubicaron sus oficinas principales. Sus primeras propiedades mineras estuvieron en el estado de Utah y se reorganizó en 1906 para adquirir a la Compañía de Real del Monte y Pachuca y otras compañías en los Estados Unidos. Originalmente el principal producto metálico era el cobre pero la producción obtenida en Pachuca orientó a la plata al lugar más importante, a partir de ello diversificó a otros minerales y metales. Desde de 1923 incursionó propiedades auríferas de Alaska. En México operó algunas pequeñas propiedades en forma paralela pero con fuerte dependencia de la Compañía Real del Monte y Pachuca, las cuales permitieron una buena producción de zinc entre 1942 y 1945. MIXTER, George, "Organization and Growth of the United States Smelting Refining and Mining Company", en: *Mining and Metallurgy*, American Institute of Mining Engineers, octubre, 1948, pp. 527-531.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

La compañía objeto del presente estudio, sobresalió entre las empresas mineras de la época por su alta producción, el gran número de personal ocupado, eficiente organización y para los fines de este estudio una posición de vanguardia tecnológica en su campo. Su importancia puede considerarse a partir de haber alcanzado el distrito el primer lugar mundial de producción de plata durante la década de 1920. La disminución de la riqueza de los minerales extraídos y el aumento en costos de operación dieron pie a un lento declive y después de la Segunda Guerra Mundial, el grupo estadounidense se retiró del país. Sus propiedades fueron adquiridas en 1947 por el gobierno federal creándose la primera paraestatal minera.

Los límites cronológicos de esta investigación cubren lo que denominaremos período norteamericano de la Compañía de Real del Monte y Pachuca y que inician con la adquisición de las propiedades por la USSRMCo en febrero de 1906 a la venta de las mismas al gobierno federal a través de Nacional Financiera en octubre de 1947.² Desde el punto de vista de historia de la ciencia y tecnología, se coincide con el momento de la segunda revolución industrial, con sus elementos característicos de la electricidad, el motor de combustión interna, la química industrial, las empresas de gran tamaño y el petróleo como energético, entre otras cosas. En el ámbito internacional se tiene el ascenso de los Estados Unidos como una potencia de primer orden, para México significa la sustitución de tecnologías propias y de procedencia europea por aquéllas que llegaron de ese país. En la política nacional se pasó de los años porfiristas cuando los empresarios recibieron un gran apoyo, a los regímenes de la Revolución marcados por las distancias entre estos sectores y por una compleja relación de desconfianza y necesidad mutua.³

² “Compañía de Real del Monte y Pachuca”, en: *El Herald*, Pachuca, febrero 11, 18 y 25 de 1906. “La Nacional Financiera ha comprado acciones de la Real del Monte”, en: *El Sol de Hidalgo*, octubre 4 de 1947.

³ Sobre los cambios en la historia de México pueden consultarse los tomos IV *De la Reforma a la Revolución, 1857-1920* y V *El siglo XX Mexicano* de la *Gran Historia de México*

b) Justificación

La historia de la minería de la región durante la colonia y el siglo XIX ha sido atendida por varios investigadores, sin embargo, en particular el período que se plantea y la temática de los procesos tecnológicos, poco se han estudiado. El trabajo que se propone llena un vacío y contribuye a un mejor conocimiento de la historia de la minería y de las operaciones de beneficio que se aplicaron en la primera mitad del siglo XX a minerales de plata y oro.

c) Objetivo

Se plantea hacer un estudio histórico en el cual se analicen los aspectos involucrados en la asimilación y generación de la tecnología ocupada en la extracción minera y en el beneficio de los minerales de plata. Un aspecto fundamental que se ha considerado es la disponibilidad de energía eléctrica. En el estudio de los elementos tecnológicos se ha buscado contar con indicadores cuantitativos que permitan establecer seguimientos históricos de los procesos específicos de cambio y asimilación. Se aborda también el desplazamiento de los métodos utilizados hasta entonces, la adecuación de los nuevos sistemas a las condiciones específicas de aplicación y en algunos casos la generación de mejoras y nuevos procedimientos.

d) Hipótesis

Hipótesis principal

Los elementos tecnológicos que incorporó la Compañía Real del Monte y Pachuca en el período norteamericano de 1906 a 1947 constituyeron una muestra de la

Ilustrada, CONACULTA-INAH, Planeta-De Agostini, coordinados cada uno por Javier Garcíadiego y Soledad Loaeza y el total de la obra por Josefina Zoraida Vázquez.

modernidad en el trabajo minero y metalúrgico de la época. Las innovaciones en la operación minera y el beneficio, ubicaron a la empresa en la vanguardia tecnológica del período, constituyendo un centro de asimilación, prueba y generación de tecnología en sus campos de competencia. Los vastos recursos económicos, de las aportaciones de los capitalistas norteamericanos y las utilidades obtenidas, sostuvieron una infraestructura operativa de primer orden.

Como hipótesis particulares para los capítulos se plantean las siguientes:

- 1 A lo largo del período de estudio que cubre los años de 1906 a 1947, la Compañía Real del Monte y Pachuca se consolidó como la principal empresa minera de la región.
- 2 La aplicación de la tecnología de la energía eléctrica modernizó técnicas y procedimientos de trabajo que permitieron alcanzar niveles de producción superiores a los logrados hasta entonces.
- 3 La aplicación de la perforación neumática permitió acelerar y abaratar el trabajo minero subterráneo. La fabricación local de perforadoras es un indicativo del grado de asimilación de tal tecnología. El uso de oxígeno líquido como explosivo mostró el ánimo innovador de la empresa minera.
- 4 Los sistemas de beneficio utilizados hasta la llegada del proceso de cianuración fueron actualizados con los elementos tecnológicos disponibles a inicio del siglo XX y cubrieron una gama de procesos de amalgamación y fundición, adecuados en su momento a las características de los minerales extraídos por la empresa.
- 5 La implementación del método de cianuración permitió el beneficio de todos los tipos de minerales de la región en tonelajes superiores a los alcanzados

hasta entonces. Aunado a lo anterior, el método electrolítico de refinación, y el adecuado manejo de los desechos conocidos como jales, completaron de manera adecuada las tareas de beneficio de minerales.

- 6 La fabricación de equipos de proceso por parte de la compañía Real del Monte y Pachuca o por los talleres locales son un indicativo del grado de asimilación de la tecnología del beneficio de minerales y de la capacidad de innovación de los distintos procesos y tecnología involucrada por parte de los trabajadores de la región.

e) Marco teórico

Se parte de la postura de Donald Cardwell quien considera que la historia de la tecnología está estrechamente relacionada con los aspectos de la economía y la política.⁴ La tecnología en sí es entendida de una manera amplia, como la suma de soluciones técnicas y científicas cuyo ejercicio rebasa lo meramente instrumental y trasciende al campo de la cultura. Todo ello inmerso en los ámbitos social y económico. El primero nos remite a las actitudes y costumbres que constituyen la matriz del desempeño humano donde se definen las condiciones políticas que propician o coartan la actividad empresarial, así como las relaciones con los trabajadores. Lo económico, sin considerarlo como un aspecto privilegiado, es el elemento que provee de recursos para la creación y sostenimiento de la actividad empresarial.

Para estudiar los procesos tecnológicos son de gran apoyo las periodizaciones de las revoluciones industriales, en este caso, a inicios del siglo XX teníamos en marcha la Segunda Revolución Industrial. Para ampliar sobre el asunto exponemos la propuesta de Manuel Cazadero:

⁴ CARDWELL, Donald, *Historia de la Tecnología*, Alianza editorial, Madrid, 1996, p. 24.

La Segunda Revolución Industrial (SRI) es un proceso que tiene los tres grandes componentes de la Primera: la formación de una estructura de innovaciones tecnológicas, un cambio estructural global de la sociedad y una metamorfosis del sistema económico mundial. El núcleo del nuevo enjambre de innovaciones se configura en torno de la máquina de combustión interna, el vehículo automotor que aplica aquélla al transporte en forma similar al uso que se dio anteriormente a la máquina de vapor en ferrocarriles y barcos, la electricidad en sus diversas aplicaciones y la química.⁵

En cuanto a los impactos sociales y económicos refiere Cazadero:

Los cuatro elementos fundamentales impuestos por la Segunda Revolución Industrial al mundo son la concentración del capital, su internacionalización, el cambio en el proceso de trabajo y la intervención masiva del Estado en prácticamente todos los aspectos de la vida social. [...]

Todo parece indicar que el surgimiento de la empresa gigantesca, como elemento dominante de la estructura económica durante la Segunda Revolución Industrial, es la característica fundamental del proceso transformador y determina o matiza a todo lo demás.⁶

Algo muy importante es el aspecto energético y al respecto anota Cazadero:

Cuando las sociedades industriales penetraron, en el siglo XX, en una nueva revolución industrial, ello implicó la adquisición de una nueva base energética también nueva cuyo centro de gravedad dejó de ser ocupado por el carbón y donde el papel principal correspondería al petróleo y la electricidad. Ambos elementos habían tenido ya una primera etapa de crecimiento en la últimas décadas del siglo anterior, pero ahora se convirtieron no sólo en la principal fuente de energía, sino que por sus características especiales fueron la condición indispensable para el funcionamiento de la nueva estructura económica.⁷

Se revisaron, además, las propuestas que hace Arnold Pacey sobre los elementos técnicos de la Segunda Revolución Industrial. Este autor nos presenta un mayor nivel de detalle e incorpora en primer lugar la importancia de las matemáticas para las aplicaciones de las ciencias en las técnicas; señala la aparición de nuevas ciencias como la química orgánica (1856), el

⁵ CAZADERO, Manuel, *Las Revoluciones Industriales*, Fondo de Cultura Económica, Textos de Economía, México, 1995, p. 106.

⁶ CAZADERO, Manuel, *op. cit.*, p. 107.

electromagnetismo (1837) y la termodinámica (entre 1824 y 1870) indicando que “todas ellas tenían un inmenso potencial de aplicación práctica”. Las aplicaciones aparecieron a largo plazo en los colorantes; el telégrafo y los motores y generadores eléctricos; y las máquinas térmicas como los motores a gasolina y Diesel. El autor indica que en la década de 1880 el petróleo ofreció una fuente de energía flexible que facilitó el desarrollo de los motores de combustión interna. Otras ramas de la ingeniería fueron revolucionadas por la aparición de métodos económicos para producir acero (1859) y la generalización de concreto armado (décadas de 1880 y 1890). Asume que particularmente después de 1870 el progreso de la tecnología estaba tomando una dirección no prevista en modo alguno durante la Primera Revolución Industrial.⁸

Un aspecto importante en cuanto a la incidencia de la empresa con su entorno es el análisis de las etapas de industrialización de Ian Inkster.⁹ Este investigador considera tres estadios de estos procesos en los que se pasa de la protoindustrialización al impulso industrial y a la Revolución industrial. Los indicadores que plantea dan luz sobre el estado de una sociedad en éstos. Una consideración que hace este autor y que permite explicarnos algunos aspectos del desarrollo tecnológico de la minería de la región, es el concepto que llama “arribistas o atrapadores tardíos” (*late commers*). Aplica tal denominación a sociedades u organismos que no habiendo sido los pioneros en algún desarrollo particular, sus características de preparación y de otros aspectos les permiten asimilar con rapidez tecnologías desarrolladas en otras latitudes, ahorrándose costos y tiempo muy significativos.

El relativo atraso condujo a un rápido proceso de “atrapamiento” por parte de un selecto grupo de naciones, cuyos puntos de producción y urbanismo

⁷ *Ibidem*, p. 171.

⁸ PACEY, Arnold, *El laberinto del ingenio. Ideas e idealismo en el desarrollo de la tecnología*, Editorial Gustavo Gili, colección tecnología y sociedad, Barcelona, 1980, pp. 281-283.

⁹ INKSTER, Ian, *Science and technology in history, an approach to industrial development*, Macmillan, London, 1991, 391 pp.

*preindustriales existentes fueron rápidamente transformados y enriquecidos con la erección de sistemas de comunicación y transporte que permitieron la creación de puntos de producción completamente nuevos.*¹⁰

En el caso de los países de industrialización tardía, Inkster señala que ellos obtuvieron una cierta ventaja sobre los países que iniciaron antes su proceso, al haber evitado errores costosos y trabajar con tecnología obsoleta, entre otras cosas. En los últimos años del siglo XIX el desarrollo de algunas industrias y su rápido cambio tecnológico se vio beneficiado a través de esos mecanismos.¹¹ Aunque el concepto de Inkster fue enunciado inicialmente a países completos, se considera que puede ser utilizado en un sentido más específico, el de una empresa, en este caso se estudiará a la Compañía de Real del Monte y Pachuca y su entorno inmediato.

Otros elementos de sustento teórico se obtienen con las reflexiones de *Introducción a la historia de las técnicas* de Bertrand Gille.¹² El autor señala que en este campo histórico, uno de los aspectos que deben ser considerados es el manejo adecuado de conocimientos técnicos a fin de evitar errores graves e incluso indica la conveniencia en algunos casos del estudio interdisciplinario.¹³ En aspectos metodológicos propone que las actividades técnicas se pueden clasificar de acuerdo a su complejidad en actos, combinaciones y conjuntos o complejos técnicos.¹⁴ Como ejemplos de ellos pudiéramos señalar a los siguientes: de acto técnico el cortar madera, una combinación técnica es el fabricar un arco o una coa. En el caso de un complejo o conjunto técnico puede señalarse el fabricar un mueble incluyendo el barnizado y tapizado y en cuya elaboración no es suficiente una “técnica unitaria” (trabajo de la madera) sino que se requiere de otra u otras

¹⁰ INKSTER, Ian, *op. cit.* p. 137.

¹¹ *Ibidem* p. 139.

¹² GILLE, Bertrand, *Introducción a la historia de las técnicas*, Crítica Marcombo, col. Tecnología y Humanismo, Barcelona, 206 pp. En el prologo se señala que se respeta la terminología de Gille e indica que los autores franceses usan preferentemente la palabra *technique* en lugar de *technologie*, situación inversa entre los autores de habla inglesa. *Videm* nota al pie en p. 7.

¹³ GILLE, Bertrand, *op. cit.* pp. 18, 19, 28, 31.

“técnicas confluyentes” (aplicación del barniz y hechura de la tapicería). También señala que los útiles o herramientas pueden formar de acuerdo a su complejidad “estructuras elementales” que son las de la herramienta sola y “estructuras de montaje” que son las máquinas.¹⁵ A modo de ejemplo puede considerarse el romper roca a golpe de marro (estructura elemental) y romperla con el uso de martillos accionados por aire comprimido (estructura de montaje). Otra noción que propone Gille es la de “fila” o “línea técnica” en la cual se considera la secuenciación de series de conjuntos o complejos técnicos destinados a elaborar un producto.¹⁶ Sobre los conceptos anteriores señala lo siguiente:

*Un conjunto técnico, una línea técnica, no pueden funcionar normalmente si no cumplen cierto número de condiciones. A grandes rasgos, estas condiciones, en la medida en que se limita uno estrictamente al **dominio técnico**, [...] atañen necesariamente a cualidades y cantidades.¹⁷*

Quizá el aspecto más importante introducido por Gille es la idea del “sistema técnico”. Sobre el cual anota:

*[...] las técnicas son, en diferentes grados, dependientes unas de otras, y que entre ellas ha de haber necesariamente una cierta coherencia: el conjunto de todas las coherencias que a distintos niveles se dan entre todas las estructuras de todos los conjuntos y de todas las líneas compone lo que se puede llamar un “**sistema técnico**”. Y las uniones o ligazones internas, que aseguran la vida de estos sistemas técnicos son cada vez más numerosas a medida que se avanza en el tiempo, a medida que las técnicas se van haciendo más y más complejas. Tales vinculaciones sólo se pueden establecer y resultar eficaces cuando el conjunto de las técnicas ha alcanzado un común nivel.¹⁸*

Gille expresa su idea con una ilustración correspondiente al sistema técnico de la primera mitad del siglo XIX. Para los fines de esta tesis en la figura I.1 se propone el sistema técnico para la obtención de plata y oro aplicado por la Compañía Real del Monte y Pachuca entre 1906 y 1947. Los conjuntos técnicos

¹⁴ *Ibidem*, p. 41

¹⁵ *Ibidem*, p. 46.

¹⁶ *Ibidem*, p. 47.

¹⁷ *Ibidem*, p. 50, se añadieron las negritas.

¹⁸ *Ibidem*, p. 51, se añadieron las negritas.

de la extracción, transporte de mineral, el beneficio, la refinación y la disposición de jales o desperdicios del proceso, se relacionan directamente con el mineral que se procesa para obtener plata y oro metálico. Otros conjuntos técnicos que pueden ser ejercidos parcialmente por la empresa son el aprovisionamiento y almacenamiento de materiales y equipos y los servicios de mantenimiento. La energía que se maneja en el sistema técnico se ubica en la parte central del diagrama y son los hidrocarburos y la energía eléctrica que proceden de suministradores externos pero que se gestionan internamente.

El investigador Santiago Riera i Tuèbols, quien escribió el prólogo de la edición en español de la obra de Gille, explica y amplía tales ideas.

[Gille] *Elaboró así el concepto de “sistema técnico” y por extensión, de sistema económico científico, social, político, etc. Sistemas que al relacionarse mutuamente, configuran un estado histórico concreto: se trata del sistema total o, quizá con más humildad global.*¹⁹

Riera asume la propuesta de los “sistemas técnicos en continua sustitución, una visión que ha sido aplicada en diversas investigaciones y que ha probado su valía”.²⁰ Ante esa propuesta se planteará el considerar que en la minería y metalurgia, se puede ejemplificar este enfoque metodológico, como es el caso de la sustitución de medios de accionamiento a vapor por los eléctricos, aspecto que ocurrió en mucha de la maquinaria que acompaña el período.

f) Metodología

En este trabajo histórico se asume como fundamental el método comparativo de la Compañía de Real del Monte y Pachuca en distintas épocas y con otras empresas

¹⁹ RIERA i TUÈBOLS, Santiago, “Prólogo”, en: GILLE, Bertrand, *op. cit.*, pp. 7-24.

²⁰ Riera refiere el caso particular de los ferrocarriles que habiendo iniciado con la tecnología del vapor y predicho algunos, hace algunas décadas que desaparecerían, ahora han incorporado nuevos elementos tecnológicos y compiten con éxito con medios de transporte más modernos. RIERA i TUÈBOLS, Santiago, *op. cit.* pp. 10-12.

mineras del mismo período. Para tal fin se efectuó la comparación del período de estudio de la empresa con el período inmediatamente anterior de 1849 a 1906, el cual se trabajó en la tesis de maestría y proporciona una base de discusión para la investigación presente.²¹ Asimismo se hacen referencias a las actividades mineras y metalúrgicas de otras empresas mineras mexicanas contemporáneas a la Real del Monte y Pachuca a fin de permitir un cotejo con un referente externo a la empresa en cuanto a la aplicación de la tecnología minera y de beneficio de minerales.

De una manera general, se ha procedido a definir y manejar indicadores cuantitativos tales como capacidad instalada, consumo de energía, y otros. El cotejo de tales parámetros en diferentes momentos permite aproximarse al desarrollo de la magnitud de las operaciones de la empresa.

Por otro lado, se recurrió al uso de tablas y gráficas que acompañan al texto para favorecer una mejor comprensión de los conceptos que se manejan en el trabajo. Asimismo las fotografías son indispensables y constituyen una parte fundamental para el texto ya que reproducen los elementos materiales de los elementos tecnológicos discutidos en esta tesis.

g) Revisión historiográfica

La historia de la minería mexicana ha ocupado a diversos investigadores quienes con sus trabajos han permitido conocer el desarrollo de esa actividad que fue durante varios siglos el principal ingreso del país por exportaciones. A nivel regional, en muchos casos la minería fue el elemento que permitió el desarrollo de ciudades y poblaciones y ha dejado hasta hoy una marca en la identidad de aquellos antiguos Reales de Minas y Minerales. Se hace la observación que en los

²¹ ORTEGA MOREL, Javier, *Minería y ferrocarriles, el caso de Pachuca Real del Monte, 1879-1906*, tesis de maestro en historia, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de

trabajos sobre historia de la minería, aparecen referencias sobre la tecnología, situación íntimamente ligada a esa actividad extractiva; sin embargo en muy pocos, la tecnología ha sido la preocupación principal del investigador.

La revisión historiográfica necesaria para el desarrollo de este trabajo se puede agrupar en dos categorías, primero aquellos trabajos de carácter nacional que refieren la minería en general y que pueden incluir referencias a Pachuca y Real del Monte. Posteriormente se presentan los trabajos específicos de la región.

Entre la historiografía general de la minería en México y siguiendo un orden cronológico se pueden anotar obras que refieren el período del porfiriato: En la Historia Moderna de México que dirigió Daniel Cosío Villegas se tienen colaboraciones en donde se trata sobre minería y plata hechas por Fernando Rosenzweig,²² Guadalupe Nava Oteo²³ y Luis Nicolau D'Olwer.²⁴ El último autor planteó una importante reflexión sobre los aspectos económicos del Porfiriato en un breve pero esclarecedor artículo.²⁵ Con la publicación en 1964 de la obra de Marvin D. Bernstein, se inician los estudios integrales de la historia de la minería mexicana, este investigador abordó la temporalidad entre 1850 y 1950 considerando política, economía y tecnología.²⁶ Entre las aportaciones de este autor está un cierto conservadurismo de las empresas mexicanas que es

Filosofía y Letras, México, 2002, 187 pp.

²² ROSENZWEIG, Fernando, "El Comercio Exterior", "Moneda y Bancos" en: COSÍO VILLEGAS, Daniel, *Historia Moderna de México*, Editorial Hermes, El Porfiriato, vida económica, tomo II, pp. 635-729, 789-885.

²³ NAVA OTEO, Guadalupe, "La minería", en: COSÍO VILLEGAS, Daniel, *Historia Moderna de México*, Editorial Hermes, El Porfiriato, vida económica, tomo II, pp. 635-729, 789-885

²⁴ NICOLAU D'OLWER, Luis, "Las Inversiones Extranjeras", en: COSÍO VILLEGAS, Daniel, *Historia Moderna de México*, Editorial Hermes, El Porfiriato, Vida económica tomo II, México, pp. 973 - 1185.

²⁵ ROSENZWEIG, Fernando, "El desarrollo económico de México de 1877 a 1911", en: CÁRDENAS, Enrique (compilador), *Historia Económica de México*, tomo 3, col. Lecturas núm. 64, Fondo de Cultura Económica, México, México, 1992, pp. 43-94.

²⁶ BERNSTEIN, Marvin D. *The Mexican Mining Industry, 1890-1950. A study of the interactions of politics, economics and technology*, New York State University, 1964, 412 pp. El capítulo 4 de la edición en inglés se encuentra traducido al español: BERNSTEIN, Marvin D.

superado con la llegada de las empresas extranjeras. Una de las intenciones en este trabajo es el señalar que en Pachuca y Real del Monte ya desde antes de la llegada de las empresas extranjeras se tenía un ánimo de modernización tecnológica que fue limitado sobre todo a partir de las condiciones económicas de las propias empresas. También se enfatiza la idea de Marvin D. Bernstein que los procesos tecnológicos establecidos en las primeras décadas del siglo XX persistirán a lo largo de mucho tiempo después. Sobre esa idea que es compartida por autores mexicanos y donde se asume esto como una muestra de estancamiento de las empresas. En el caso de la Compañía de Real del Monte y Pachuca, debe considerarse que si bien los procesos después de una etapa de establecimiento permanecieron muchos años, la escala de trabajo cambió ampliándose notablemente, situación que a nivel industrial implica un manejo diferente y más complejo. También se debe considerar que los elementos tecnológicos en la minería y metalurgia tienen una permanencia mas o menos larga, ejemplo de ello puede verse en la vigencia de cuatro siglos para el método de patio. El relevo de los aspectos tecnológicos que fueron puestos en circulación ocurrirá cuando aparezcan mejores alternativas que los desplacen. Un asomo de tal situación puede ser el uso de maquinas a control remoto en el interior de las minas y el empleo de computadoras para equipos de procesos químicos metalúrgicos, como se hace en la actualidad.

Dos tomos que aportan importante información sobre la historia de la minería mexicana y que hacen señalamientos particulares sobre la región de Pachuca y Real del Monte fueron impulsados en el contexto del estudio de las empresas paraestatales. En el primero presentado por los investigadores Cuauhtemoc Velasco, Eduardo Flores Clair, Alma Parra y Edgar O. Gutiérrez, se cubre el período de 1761 a 1910.²⁷ La temporalidad del siglo XX fue desarrollada

Modernización de la Economía Minera, en: CÁRDENAS, Enrique (compilador), *op. cit.*. pp. 230-266.

²⁷ VELASCO, Cuauhtemoc, FLORES CLAIR, Eduardo, PARRA, Alma, GUTIÉRREZ, Edgar O., "Estado y minería en México (1761-1910)", Secretaría de Energía, Minas e Industria

por Juan Luis Sariago, Luis Reygadas, Miguel Ángel Gómez y Javier Farrera quienes aportan interesantes interpretaciones sobre la historia de la minería mexicana²⁸. El trabajo coordinado por Inés Herrera Canales aporta también testimonio de investigaciones sobre la minería al siglo XX, al que se agrega otro reciente de la misma investigadora en coautoría con Eloy González con un enfoque más de historia económica²⁹. En el trabajo multidisciplinario de Atlántida Coll-Hurtado, María Teresa Sánchez-Salazar y Josefina Morales se abordan diversos temas incluyendo los ambientales que han sido poco atendidos.³⁰ Finalmente con análisis en las condiciones laborales se tiene el trabajo de Nicolás Cárdenas García en el que se cubre la temática de la gran minería mexicana de las primeras décadas del siglo XX aportando un estudio sobre aspectos tecnológicos y con referencias específicas a situaciones sobre la región Pachuca Real del Monte. Resulta muy interesante el análisis del proceso de incorporación de los capitales norteamericanos a la minería mexicana.³¹ Un estudio sobre los capitales extranjeros en la minería ha sido hecho por Alma Parra, ella asume la situación de “México, [como] salida a la expansión tecnológica y al desarrollo empresarial estadounidense”.³² Referidos a empresas mineras del periodo se tiene

Paraestatal, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión de Fomento Minero, Fondo de Cultura Económica, México, 1988, 455 pp.

²⁸ SARIAGO, Juan Luis, REYGADAS, Luis, GÓMEZ, Miguel Ángel, FARRERA, Javier, *El Estado y la Minería Mexicana. Política, trabajo y sociedad durante el siglo XX*, Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión de Fomento Minero, Fondo de Cultura Económica, México, 1988, 571 pp.

²⁹ HERRERA CANALES, Inés, *La minería mexicana. De la colonia al siglo XX*, col. Lecturas de Historia Económica Mexicana, Instituto Mora, El Colegio de Michoacán, Instituto de Investigaciones Históricas- UNAM, México, 1998, pp. 182-204. HERRERA CANALES, Inés, GONZÁLEZ MARÍN, Eloy, *Recursos del subsuelo, siglos XVI al XX*, UNAM, Océano, núm. 10, col. Historia Económica de México coordinada por Enrique Semo, México, 2004, 156 pp.

³⁰ COLL-HURTADO, Atlántida, SÁNCHEZ-SALAZAR, María Teresa, MORALES Josefina, *La minería en México, geografía, historia, economía y medio ambiente*. Instituto de Geografía, UNAM, col. temas selectos de geografía de México l. 5. 2, México, 2002, 126 pp.

³¹ CÁRDENAS GARCÍA, Nicolás, *Empresas y trabajadores en la gran minería mexicana 1900-1929*, Secretaría de Gobernación, Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana, México, 1984, 362 pp.

³² PARRA, Alma, “Perfiles empresariales extranjeros en la minería mexicana”, en: *Vetas*, Revista del Colegio de San Luis, San Luis Potosí, año III, núm. 7, enero-abril de 2001, pp. 75-92.

la tesis de Luz María Uthoff sobre el grupo ASARCO que operó minas y plantas metalúrgicas sobre todo en el norte de México³³

En cuanto a trabajos que atiendan la minería de la región, se puede señalar en el período colonial tardío el estudio de David Navarrete sobre la Vizcaína de Real del Monte.³⁴ El período de la compañía británica fue estudiado por Robert Randall en un trabajo que es un clásico en la historia de la minería de la primera mitad del siglo XIX.³⁵ Víctor Ballesteros trabajó aspectos de tecnología minera del siglo XVIII y sus estudios introductorios y notas enriquecieron dos trabajos muy importantes para el estudio de esa actividad en el siglo XIX que fueron reeditados en forma facsimilar por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: Las memorias de Joseph Burkart sobre las minas de Pachuca y Real del Monte y las de la Comisión Científica de Pachuca.³⁶ Alan Probert trabajó aspectos históricos de la minería de la colonia al siglo XX y es una referencia primaria en sus comentarios sobre el beneficio por cianuración ya que fue superintendente de la hacienda de Loreto de Pachuca.³⁷ El siglo XIX cubriendo los períodos de las

³³ UHTHOFF LÓPEZ, Luz María, *La American Smelting and Refining Company (ASARCO) en México, (1890-1930)*, Tesis de licenciatura en Historia, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 1983, 158 pp.

³⁴ NAVARRETE GÓMEZ, David, "Crisis y supervivencia de una empresa minera a fines de la colonia: La Vizcaína (Real del Monte)", en: HERRERA CANALES, Inés (Coordinadora), *op. cit.*, 1998, pp. 95-118.

³⁵ RANDALL, Robert W., *Real del Monte, una empresa británica en México*, Fondo de Cultura Económica, Madrid, 1977, 340 pp.

³⁶ BALLESTEROS, GARCÍA, Víctor, "La tecnología minera en la región de Pachuca en el siglo XVIII", en: *Primer coloquio de Historia Regional. Memoria*, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, 1986, pp. 175-211. A continuación se dan los datos de las ediciones facsimilares referidas son: BURKART, Joseph, *Memoria sobre la explotación de minas en los distritos de Pachuca y Real del Monte*, traducción de Miguel Velázquez de León, estudio introductorio, notas y apéndices de Víctor M. Ballesteros G. Edición facsimilar de la Universidad Autónoma de Hidalgo, 1989 sobre la primera en español de 1861, 113 + LXXVI pp., sobre con 7 cuadros, 1 plano y 3 perfiles. ALMARAZ, Ramón (Director), *Memoria de los trabajos ejecutados por la Comisión Científica de Pachuca en el año de 1864*, edición, estudio preliminar, notas y apéndices Víctor M. Ballesteros García (coordinador) edición facsimilar de la Universidad Autónoma de Hidalgo, Pachuca, 1993, 358 + XLV pp.

³⁷ PROBERT, Alan, *En pos de la Plata*, Compañía de Real del Monte y Pachuca- Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal, Pachuca, 1987, 391 pp.----, "Reseña histórica de los Distritos Mineros de Pachuca y Real del Monte", en: GEYNE, A. R., FRIES, Carl, SEGESTROM, Kenneth, BLACK, R. F., WILSON, Y. F. *Geología y yacimientos minerales de los distritos de Pachuca y Real del Monte, Hgo.* Comisión de Fomento Minero, Nacional

compañías británica y mexicana está estudiado por Inés Herrera Canales quien señala el enfoque empresarial que involucraba minas, haciendas de beneficio y haciendas de campo.³⁸ Rocío Ruiz de la Barrera presentó en su tesis doctoral un estudio de la compañía mexicana en el que se revisan los aspectos de las relaciones de los accionistas y las estrategias empresariales del período 1849-1906.³⁹

Trabajos específicos sobre investigación histórica de la minería de la región durante el siglo XX se refieren sobre todo a cuestiones sindicales, situación que se justifica por haberse formado en Pachuca el Sindicato Nacional Minero. Con ese enfoque se tienen las obras de Federico Besserer, Victoria Novelo y Juan Luis Sariago.⁴⁰ El último también había realizado antes una investigación en forma individual.⁴¹ Otro trabajo sobre el sindicato es el de Luis Emilio Giménez Cacho.⁴² Finalmente con estudios comparativos de costo de vida en diferentes regiones y momentos esta la investigación de Tonatiuh Águila.⁴³

Financiera, Banco Nacional de México, Banco Nacional de Comercio Exterior, México, 1963, pp. 93-110.

³⁸ HERRERA CANALES, Inés, "Empresa Minera y Región: La Compañía de Minas de Real del Monte y Pachuca (1824-1906)", en: *Siglo XIX*, julio diciembre de 1989, Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Nuevo León. pp. 103-124.

³⁹ RUIZ de la BARRERA, Rocío, *La empresa de minas del Real del Monte (1849-1906)*, Tesis doctoral en Historia, El Colegio de México, México, 1995, 505 pp.

⁴⁰ BESSERER, Federico, NOVELO, Victoria, SARIAGO, Juan Luis, *El sindicalismo minero en México 1900-1952*, Ediciones Era, México, 1983, 94 pp.

⁴¹ SARIAGO RODRÍGUEZ, Juan Luis, "Los mineros de Real del Monte: un proletariado en formación y transición", en: *Revista Mexicana de Sociología*, año XLII, vol., XLII, núm., 4, oct.-dic. 1980, pp. 1379-1404. Un trabajo adicional de este investigador y otros autores en el que se analiza acuciosamente la cuestión sindical y sus antecedentes, se anotó en la referencia 19.

⁴² GIMÉNEZ CACHO, Luis Emilio, "La fundación del Sindicato Minero Metalúrgico", en: AGUILAR, Javier, coordinador, *Los Sindicatos Nacionales en el México Contemporáneo, vol. 2 Minero Metalúrgico*, GV Editores, México, 1987, pp. 7-38, libro: 324 pp.

⁴³ ÁGUILA M., Marcos Tonatiuh, "Pequeñas grandes victorias: Los mineros de la Real del Monte entre la Gran Depresión y el Cardenismo", en: ÁGUILA M., Marcos Tonatiuh, ENRIQUEZ PEREA, Alberto (Coordinadores), *Perspectivas sobre el cardenismo. Ensayos sobre economía, trabajo, política y cultura en los años treinta*. Universidad Autónoma Metropolitana, México, pp. 127-168, libro: 359 pp.

A partir de lo anterior se puede considerar la limitada atención brindada a la minería del siglo XX, campo historiográfico cultivado por sólo algunos destacados investigadores. Con el particular enfoque de la historia de la tecnología minera y metalúrgica puede asumirse que éste es el primer trabajo que aborda esa temática en la región de Pachuca y Real del Monte, durante el periodo del tiempo referido.

h) Fuentes

El principal campo de obtención de información han sido los documentos primarios del Archivo Histórico de Minería de Pachuca que es el repositorio de su género más importante de América Latina. La riqueza de información que custodia así como su organización y servicio están a la altura de la gran riqueza que las minas de la región han proporcionado a lo largo de muchos siglos. En específico la sección de Dirección General del Fondo Norteamericano que ha sido clasificada y su catálogo editado, constituyó el grupo documental más numeroso e importante de los que permitieron presentar este trabajo.⁴⁴ Otras fuentes directas han sido documentos del mismo archivo que pertenecen al período de la empresa mexicana o del Fondo de Compañías Filiales.⁴⁵ Documentos originales de la Compañía de Transmisión Eléctrica de Potencia en el Estado de Hidalgo se consultaron en la Biblioteca Antonio Peñafiel del Centro INAH Hidalgo.

Fuentes importantes de información fueron los trabajos de dependencias gubernamentales los cuales se publican en diversos momentos. El Instituto Geológico realizó minuciosos estudios en Pachuca, Real del Monte y la región de

⁴⁴ ARCHIVO HISTÓRICO Y MUSEO DE MINERÍA, *Catálogo de la Sección Dirección General, Fondo Norteamericano, archivo Histórico de la Compañía de Real del Monte y Pachuca*, Archivo Histórico y Museo de Minería, Fideicomiso para la Cultura México Estados Unidos, Grupo Real del Monte, Pachuca, 2002, 387 pp.

⁴⁵ HERRERA CANALES, Inés, FLORES CLAIR, Eduardo, VELASCO AVILA, Cuauhtémoc, *Guía del Archivo Histórico de la Compañía de Minas de Real del Monte y Pachuca*, Archivo General de la Nación, Serie Guías y Catálogos núm. 62, México, 1981, 173 pp. ARCHIVO HISTÓRICO Y MUSEO DE MINERÍA, *Guía General del Archivo Histórico de la Compañía de*

El Chico a Zimapán.⁴⁶ Una obra descriptiva de las empresas, editada en 1912, fue encargada por la Secretaría de Fomento a los Ingenieros Albert Grothe y Leopoldo Salazar Salinas.⁴⁷ El Boletín Minero de México de la Secretaría de Industria Comercio y Trabajo publicó los reportes de inspecciones realizadas por su personal a la Compañía de Real del Monte y Pachuca.⁴⁸ Con diversas entidades se publicó el estudio geológico del distrito dirigido por el Ing. Arturo Geyne *et. al.*, el cual incluyó un apartado histórico.⁴⁹

Revistas y publicaciones técnicas referidas a la actividad minera, aportaron valiosa información. En esto se señala a *Las Minas de México 1905* y *el Boletín Oficial Minero de México 1908*, *El Boletín Oficial de la Cámara Minera de México*, *The Engineering and Mining Journal*, *The Mines Handbook* y las *Transactions of The American Institute of Mining and Metallurgical Engineers* y *Air Compressed Magazine*. En estos materiales era usual que se diera noticia de lo que se hacía en diversas compañías mineras entre ellas la Real del Monte y Pachuca. La información de los números específicos aparece cuando se ocupó una cierta referencia.

Minas de Real del Monte y Pachuca, Archivo General de la Nación, Archivo Histórico y Museo de Minería, Grupo Real del Monte, México, 1993, 223 pp.

⁴⁶ AGUILERA SERRANO, José Guadalupe, ORDOÑEZ, Ezequiel, SÁNCHEZ, P.C., *El Mineral de Pachuca*, Instituto Geológico, Boletines números 7, 8 y 9, México 1897, 180 pp. ORDOÑEZ, Ezequiel, RANGEL, Manuel, *El Real del Monte*, Instituto Geológico, Boletín 12, México, 1899, 105 pp. FLORES, Teodoro, et al. *Estudio geológico de la zona minera comprendida entre los Minerales de Atotonilco El Chico y Zimapán en el Estado de Hidalgo*, Instituto Geológico, Boletín no. 43, Talleres Gráficos de la Nación, México 1924, 159 pp.

⁴⁷ GROETHE, Albert, SALAZAR SALINAS, Leopoldo et al. "El Estado de Hidalgo", *La Industria Minera de México*, tomo 1, Estados de Hidalgo y México, Imprenta y Fototipia de la Secretaría de Fomento, México 1912, 420 pp.

⁴⁸ GARCÍA, Ing. J. Aurelio, "La Hacienda de beneficio de Guerrero, Omitlán, Hgo. Informe de su inspección", en: *Boletín Minero*, Secretaría de Industria Comercio y Trabajo, noviembre de 1922, p. 657. --- "Reseña Técnica Minera del Estado de Hidalgo", en: *Boletín Minero*, Secretaría de Industria Comercio y Trabajo, noviembre de 1924, p. 189.

⁴⁹ GEYNE, A. R., FRIES, Carl, SEGESTROM, Kenneth, BLACK, R. F., WILSON, Y. F., *Geología y yacimientos minerales de los distritos de Pachuca y Real del Monte, Hgo.* con una Reseña histórica por Alan Probert, Comisión de Fomento Minero, Nacional Financiera, Banco Nacional de México, Banco Nacional de Comercio Exterior, México, 1963, 222 pp. + 20 planos.

A fin de tener referentes sobre aspectos de la historia de la minería se han consultado obras que han trabajado la temática en tales sitios. Sobre Guanajuato se utilizaron materiales de diversos investigadores que permitieron hacer algunas referencias de lo acontecido en tales sitios.⁵⁰ De Michoacán, el investigador José Alfredo Uribe Salas ha hecho estudios que abordan la historia de ese importante estado productor de oro, plata y otros metales.⁵¹ Del noroeste de México el trabajo de Juan Manuel Romero Gil hace un estudio en el que involucra aspectos políticos, económicos, tecnológicos en el período de 1850 a 1910, las interacciones entre esos aspectos permiten conocer el ambiente en torno a la minería de cobre y metales preciosos en el entorno de Sonora, Sinaloa y Baja California.⁵²

Trabajos que revisan aspectos del trabajo minero en los Estados Unidos se consultaron en el texto de Otis E. Young sobre minería en el oeste norteamericano.⁵³ Un libro editado en 1899 por la Asociación de Mineros de California sobre la minería de ese estado, muestra formas de trabajo e informa

⁵⁰ ANTÚNEZ ECHEGARAY, Francisco, *Monografía histórica y minera sobre el distrito de Guanajuato*, Consejo de Recursos no Renovables, publicación 17-E, México, 1964, 588 pp., 9 h. plegs. OROZCO, Rafael, Ing. *La Industria Minera de México, Distrito de Guanajuato*, Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, Depto. de Exploraciones y Estudios Geológicos, Talleres Gráficos de la Nación, México, 1922, 167 + iv + planos y láminas. RANDALL ROBERTS, John A., "Resurgimiento de Guanajuato en la minería después de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) (Relatos)", en: *Memoria del IV Congreso Internacional de Historia de la Minería, Guanajuato, 1998*, CONACULTA INAH, Gobierno del Estado de Guanajuato, Universidad de Guanajuato, disco compacto, México, 2000.

⁵¹ Sobre Tlalpujahua y El Oro, Estado de México, *videm*: URIBE SALAS, José Alfredo, *Empresarios del metal amarillo en México*, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Fundación Cultural Vueltabajo, col. Cuadernos de Historia Empresarial, México, 2003, 63 pp. Un enfoque geográfico más amplio de ese autor: *Historia de la minería en Michoacán. Volumen I*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Sociedad Mexicana de Mineralogía, Museo Tecnológico del Siglo XIX "Minas Dos Estrellas", col. Historia y Procesos, núm. 2, Morelia, 2002, 227 pp.

⁵² ROMERO GIL, Juan Manuel, *La minería en el Noroeste de México: Utopía y realidad 1850-1910*, Universidad de Sonora, Plaza y Valdés, México, 2001, 373 pp.

⁵³ YOUNG, Otis E. *Western Mining*, University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma, 1982, 342 pp.

sobre el desarrollo de diversa maquinaria.⁵⁴ En el artículo de Logan Hovis y Jeremy Mouat se refieren mejoras tecnológicas que en el siglo XIX y primera mitad del XX permitieron una transformación en la minería de ese país, presenta además una importante observación sobre la importancia del personal técnico en la minería:

*Para 1930 el ingeniero de minas y metalurgista -y no mas el minero [practico] habilidoso- ha asumido la plena responsabilidad para el éxito o fracaso de una mina. Esa gente entrenada tiene un solo objetivo: reorganizar la minería para conseguir los más grandes niveles de producción y productividad.*⁵⁵

Numerosos textos técnicos de fines del siglo XIX y del XX permitieron conocer aspectos particulares de ingeniería de minas, metalurgia, electricidad y otros diversos aspectos, Ellos constituyen un elemento de primera importancia para comprender las técnicas y procesos de trabajo utilizados en la época de estudio, y aparecen citados a lo largo de los capítulos. Se hace el señalamiento que en su mayoría son de procedencia estadounidense y sólo una minoría mexicanos.

Las bibliotecas donde se localizaron los libros y revistas referidos pertenecen a instituciones como el mencionado Archivo Histórico de Minería, la Universidad Autónoma de Hidalgo, la Biblioteca Manuel Orozco y Berra del INAH, la Biblioteca Antonio Peñafiel del Centro INAH Hidalgo; dentro de las dependencias de la UNAM se consultaron la Biblioteca Central, la Biblioteca Samuel Ramos de la Facultad de Filosofía y Letras; la Biblioteca Nacional, las de las Facultades de Ingeniería y de Economía, la del Instituto de Geología y la Histórica del Palacio de Minería.

⁵⁴ BENJAMIN, Edward H. (Director), *California Mines and Minerals*, California Miners' Association for the California Meeting of the American Institute of Mining Engineers, Louis Roesh Press, San Francisco, 1899, 450 + xlviii pp.

⁵⁵ HOVIS, Logan, MOUAT, Jeremy, "Miners, Engineers, and the Transformation of Work in the Western Mining Industry", en: *Technology and Culture*, vol. 37 no. 3, July 1996, The University of Chicago Press, p. 432. El artículo esta en: pp. 429-456.

i) Contenidos e introducción de capítulos

La tesis se divide en dos grandes partes, la minería que es revisada en los tres primeros capítulos y el beneficio, que se discute en los capítulos tres al seis. A continuación se anota de manera breve el contenido.

El capítulo uno refiere en la primera parte, al contexto territorial donde se desarrolló la Compañía de Real del Monte y Pachuca, se caracteriza a la región a partir de sus aspectos físicos, geológicos y económicos. En una segunda parte se refieren aspectos generales de la actividad minera, se particulariza sobre la Compañía de Real del Monte y Pachuca en el contexto histórico de 1906 a 1947. Se revisan los métodos de trabajo y se hace una descripción de una mina de la época de estudio.

El segundo capítulo se refiere a la energía eléctrica. La disposición de ese recurso fue uno de los elementos claves para el buen logro de las operaciones mineras y metalúrgicas. Se tienen tres apartados, en el primero se exponen los aspectos referidos al suministro de la energía. El segundo se dedica a la aplicación de electricidad para resolver el problema del desagüe de las minas y el tercero comenta la aplicación de electricidad en el accionamiento de maquinaria diversa utilizada en las operaciones mineras. En el capítulo se hace la comparación de las soluciones previas con las innovaciones tecnológicas que la electricidad permitió aplicar.

En el tercer capítulo, se han elegido aspectos específicos de la actividad minera para señalar las innovaciones tecnológicas de la Compañía de Real del Monte y Pachuca. En primer lugar se estudia el uso de la perforación neumática que fue incorporada después de un proceso largo que arranca desde el último tercio del siglo XIX y se concluye en el período de la administración

norteamericana. Otro aspecto que se aborda, y que es un indicador de la asimilación tecnológica, se refiere a la fabricación de perforadoras por parte de la empresa minera y en otros talleres de la localidad. Por su parte el tema de los explosivos abarca dos secciones, la primera refiere el uso de la dinamita en el ámbito minero y la segunda el intento de establecer el uso de oxígeno líquido como explosivo en sustitución a la dinamita.

El capítulo cuatro, referido a las operaciones de beneficio, en un primer apartado señala la necesidad de estas operaciones para transformar el mineral en metal. En otro apartado se hace una breve referencia a la fundición, proceso que era reservado a los minerales más ricos y que eran simplemente seleccionados y enviados a plantas especializadas en estos procesos. También se presenta un análisis del sistema de amalgamación que se había actualizado poco antes de la adquisición de la empresa por los norteamericanos y que es interesante por ser en la región de Pachuca el último sitio en aplicarse tal proceso.

El proceso de cianuración para beneficiar los minerales se revisa en el quinto capítulo. Un primer apartado trata del desarrollo del método, la obtención del reactivo requerido, la aplicación en México del proceso a los minerales de plata y el establecimiento de la cianuración en Pachuca. En el segundo apartado se indican las mejoras al proceso en cuanto a equipos y procedimientos. El tercer apartado del capítulo, describe la evolución de las haciendas de beneficio de la Compañía de Real del Monte y Pachuca durante el período 1906-1947: la adaptación de la de Loreto, la construcción de la de Guerrero y la centralización del beneficio. Las operaciones de refinación de la plata y el oro se trabajan en un apartado en el que se da información del proceso antiguo de apartado con ácido y del nuevo sistema electrolítico. Se comenta la importancia de esta instalación, de los trabajos hechos por la Compañía a otras empresas de la región y del país. Otro apartado se refiere al proceso de flotación que fue introducido en la región para subsanar la falta de cianuro a consecuencia de la Primera Guerra Mundial; se

comenta el desarrollo del proceso y su aplicación. La disposición de los desperdicios o jales del proceso de cianuración a fin de subsanar una problemática ambiental se analizan en otro apartado. Finalmente se comentan las consideraciones generales sobre el beneficio, presentados por un funcionario al término de la gestión norteamericana.

En el capítulo seis se revisa y comenta la fabricación local de equipos para beneficio de minerales que constituye un legado tecnológico del período de estudio. Un apartado trata lo correspondiente a los talleres de la maestraza de Pachuca y otro refiere las fabricaciones realizadas en los talleres locales externos a la empresa.

Las últimas páginas de la tesis abordan las conclusiones generales y tres anexos sobre la amalgamación en tortas en el siglo XIX, las reacciones involucradas en el proceso y un glosario de términos en orden alfabético. Cierran el trabajo las referencias bibliográficas, hemerográficas e informáticas.

Por estas líneas deseo manifestar mi agradecimiento a quienes contribuyeron a la realización de este trabajo. A la Doctora Patricia Aceves Pastrana quien en mis estudios de posgrado me ha orientado y asesorado en las tareas de la investigación con toda atención y cuidado. A la Doctora Inés Herrera Canales con su experiencia en la historia de la minería, me sugirió criterios de estudio fundamentales en este trabajo. A la Doctora Atlántida Coll-Hurtado quien revisó todos los avances haciéndome atinadas observaciones. Al Doctor Mario Ramírez Rancaño de quien he aprendido mucho del período histórico que cubre esta tesis. Para el Doctor Sergio Ortega Noriega mi reconocimiento por su apoyo y observaciones que enriquecieron este trabajo. El apoyo de la Licenciada Belem Oviedo Gámez, directora del Archivo Histórico y de Minería de Pachuca fue la base sobre la que se buscó y estudió la mayoría de la documentación original de la Compañía de Real del Monte y Pachuca que se utilizó en este trabajo. A Araceli

Monroy, Rosario Villalobos, Héctor Alejandro Ruiz, Juan José López y a Adolfo López, les reconozco sus atenciones y paciencia en la búsqueda de documentos. Al Ingeniero Bernardino Martínez Muñoz y al Químico Miguel Ángel Mendoza Ángeles quienes gestionaron y me apoyaron en importante visita a la hacienda de Loreto. Un especial reconocimiento al Doctor Víctor Manuel Ballesteros García (†), quien me invitó a incorporarme al Área Académica de Historia y Antropología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y quien facilitó el que cursara el doctorado. A los Doctores Alberto Morales Damián y Raymundo Monroy Serrano por su apoyo y amistad. Reitero el agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca que me permitió cursar el posgrado en la Universidad Nacional Autónoma de México y también al Programa de Mejoramiento del Profesorado la beca para la realización de la tesis. Finalmente de manera muy personal reconozco el amor, paciencia y apoyo que mi esposa Verónica y mi hija me han brindado en todo momento.

Sistema técnico para la obtención de plata y oro

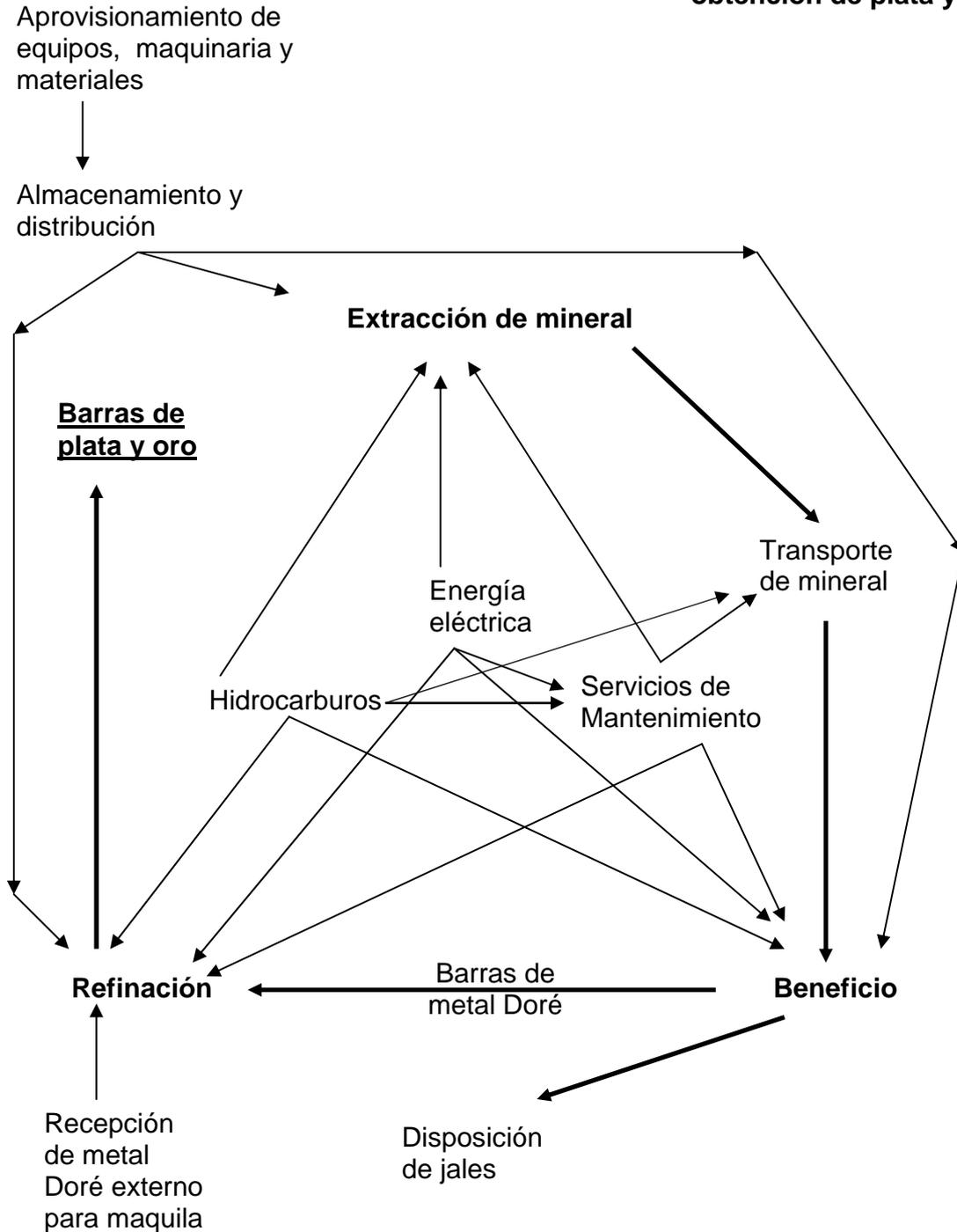


Figura I.1

Diagrama simplificado del sistema técnico de la Compañía de Real del Monte y Pachuca para la obtención de plata y oro, 1906-1947.

Fuente: Elaboración propia a partir de metodología de GILLE, Bertrand, *Introducción a la historia de las técnicas*, Barcelona, 1999.

1 LA COMPAÑÍA DE REAL DEL MONTE Y PACHUCA Y SU ENTORNO

En este capítulo se presenta un panorama general del contexto territorial y las actividades de la Compañía de Real del Monte y Pachuca durante el período 1906-1947. Además se exponen las formas de trabajo minero y se hace la descripción de una mina de la época. A partir de ello se pretende mostrar que en la época de estudio, la empresa se consolidó como la principal compañía minera de la región.

1.1 LA REGIÓN Y SUS YACIMIENTOS

1.1.1 Aspectos físicos

El mapa del distrito minero Real del Monte y Pachuca que se muestra en la figura 1.1, desde un punto geológico pertenece a la Provincia del Eje Neovolcánico. Existen amplias extensiones de formaciones volcánicas, la Sierra de Pachuca se considera que tiene un espesor en depósitos de este tipo de unos 3,000 metros, acumulado por aportes desde el terciario hasta épocas recientes. En la fisiografía general de la región que cubre una extensión territorial de unos 20 km² se distinguen dos subprovincias: la de las Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo y la de los lagos y volcanes de Anáhuac.¹ La ciudad de Pachuca se encuentra en el límite de ambas porciones. La capital del estado de Hidalgo se asienta en la parte nordeste de la cuenca del Valle de México, en las estribaciones de la Sierra denominada precisamente de Pachuca, a una altitud de 2,438 m.s.n.m. y a 88 km de la Ciudad de México.² Su clima es semiseco templado, en los llanos hay pastizales, nopales, magueyes y otras plantas propias de sitios semidesérticos, la fauna es de pequeñas especies como ardillas, conejos y roedores. La población se encuentra entre los cerros de la Magdalena y San Cristóbal y conforme ha

¹ La información geográfica general se consultó en: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, *Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo*, Aguascalientes, 1992, pp. 13, 23, 24, 29, 30, 33, 59, 63, 65, 81.

² Las alturas sobre el nivel del mar que se utilizan en este trabajo proceden de: GARCÍA, Ing. José Aurelio, "Reseña Técnica Minera del Estado de Hidalgo", en: *Boletín Minero*, Dirección General de Minas, México, octubre de 1924, pp. 126, 127.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

crecido se ha extendido por las llanuras del Valle de México. Atraviesa la población el Río de las Avenidas que nace en la Sierra, en los bosques del municipio de El Chico, fluye hacia el sur y desemboca en el lago de Zumpango. Su caudal aunque continuo es escaso, y en la temporada de lluvias puede presentar crecidas significativas.

Real del Monte se encuentra en la parte oriente de la misma Sierra a una altitud de 2,678 m.s.n.m, su clima es templado subhúmedo con abundantes lluvias en verano. El poblado se encuentra entre cerros de tupida foresta de pinos, oyameles y encinos. El arroyo que nace en la cercanía de la población y la atraviesa, continúa hacia Omitlán. Lo agreste del terreno no favorece la agricultura. El poblado de San Guillermo o La Reforma se encuentra al oriente de Pachuca a 2,675 m.s.n.m., en las laderas de la Sierra de Pachuca, su clima y vegetación son semejantes a las de Pachuca, los cerros circundantes sostienen una precaria vegetación de nopales, cardones y plantas pequeñas.

Al norte de Pachuca y por el lado opuesto de la Sierra se localiza el Mineral de Atotonilco El Chico, en una zona boscosa, a 2,360 m.s.n.m., el clima es templado húmedo. Las lluvias forman ríos que se dirigen hacia la llanura de Atotonilco El Grande, alimentando el Río Grande de Tulancingo que a su vez desemboca en la laguna de Metztlán y de ahí por medio del Río Amajac vierte en el Moctezuma, parte de la cuenca del Bajo Pánuco.

Durante el período de estudio las haciendas de beneficio de minerales se ubicaron en Pachuca y en Real del Monte, en ese último caso sobre el camino a Omitlán. Los requisitos para esos establecimientos era el contar con buen abasto de agua y de terrenos llanos al pie de ligeras pendientes. Omitlán se localiza unos 8 km al sur de Real del Monte, en un sitio donde la cañada se abre y se tienen llanos que se aprovechan para la agricultura, tiene una altura de 2,357 m.s.n.m. Más retirada en la misma dirección está Huasca, población situada en una planicie a 2,048.8 m.s.n.m. Ahí se inicia una barranca donde se establecieron desde el

siglo XVIII varias importantes haciendas de beneficio de mineral. La empresa mexicana en los últimos años de su gestión dejó de operar esos sitios de trabajo, aspecto que se comenta en el apartado 4.2.2.

En la figura 1.2 se muestran promedios mensuales de precipitación, temperatura y precipitaciones anuales de los años de 1942 a 1954, referidas a las poblaciones de Pachuca, Real del Monte y El Chico³ Como se puede apreciar, hay notables diferencias climáticas, Pachuca recibe menos lluvia y es menos fría que las otras dos poblaciones. Esto se debe a que las lluvias procedentes del Golfo de México son detenidas por las elevaciones de la Sierra. Las diversas manifestaciones del paisaje van desde los semidesiertos poblados por xerófilas hasta los bosques característicos de las altas montañas.⁴ Son frecuentes las peñas como las de Las Ventanas, Las Monjas, La Peña del Cuervo, El Zumate, Las Peñas Cargadas, etc.; en Huasca la barranca de Regla tiene una interesante formación columnar de prismas basálticos.

1.1.2 Geología y minería

Para localizar los minerales preciosos, el hombre requirió de conocimiento de la corteza terrestre, la geología como estudio científico que entre otros logros sirvió de apoyo en la localización de yacimientos minerales.⁵ En el siglo XVIII se definieron dos corrientes de pensamiento sobre el origen de las rocas, la primera fue la del Neptunismo en la que el mecanismo de creación fue la sedimentación de depósitos dejados por océanos antiguos. La contraparte era el Vulcanismo que

³ GEYNE, A. R., FRIES, Carl, SEGERSTROM, Kenneth, BLACK, R. F., WILSON, I. F., antecedentes históricos por PROBERT, Alan, *Estudio geológico del distrito Pachuca Real del Monte*, Publicación 5 E Comisión de Fomento Minero, Nacional Financiera, Banco Nacional de México, Banco Nacional de Comercio Exterior, México, 1963, 222 pp. + 20 planos. La figura mencionada aparece en la p. 13.

⁴ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, *Anuario Estadístico del Estado de Hidalgo*, 1994, Aguascalientes, Ags. pp. 5-6. Gobierno del Estado de Hidalgo, *Los Municipios de Hidalgo*, 1984, Pachuca, Hgo, pp. 123-140.

⁵ Geología, *Ciencia que trata de la forma exterior e interior del globo terrestre, de la naturaleza de las materias que lo componen y de su formación, así como de su situación actual y de las causas que le han determinado.* en: GARCÍA-PELAYO y GROSS, Ramón, *Diccionario Usual Larousse*, Larousse, México, 1985, p. 283.

además de lo anterior incorpora rocas producto de la erupción de volcanes. Con el establecimiento en la ciudad de México del Real Seminario de Minas en 1792, Don Andrés Manuel del Río en su cátedra de Mineralogía, introdujo en el país la primera escuela de pensamiento.⁶ El vulcanismo llegó después, a partir de diversos científicos que aportaron sus estudios en la escena mexicana, Joseph Burkart quien visitó la región en la década de 1850 incorporaba estas ideas en la descripción de las vetas de la región.⁷

El pensamiento geológico evolucionó de manera notable en el siglo XIX incorporado el debate del catastrofismo de Cuvier contra el gradualismo de Hutton, pero sobre todo fueron los trabajos de Charles Lyell los que establecieron la moderna geología:

[en] su obra *Principios de Geología* (sus ediciones y sucesivas revisiones van de 1830 a 1872), este autor establece la teoría del uniformismo la cual establece que todos los procesos naturales que cambian la Tierra en el presente lo han hecho de forma idéntica en el pasado. La teoría de la uniformidad se contraponen a la del catastrofismo, muy popular entre los científicos de la época de Lyell. Esta teoría postulaba que sólo las grandes catástrofes podrían cambiar la formación básica de la Tierra, y que ésta tenía solo algunos miles de años de antigüedad. Este investigador también plantearía las bases de la estratigrafía, que permite datar la temporalidad de los diversos estratos o formaciones que constituyen la corteza terrestre.⁸

En México había aumentado el interés sobre los estudios del territorio, en el ámbito de estudio, en 1856 se creó la Comisión del Valle de México presidida por el Ing. Francisco Díaz Covarrubias. La situación del país en ese momento hacía difícil los trabajos científicos pero la Comisión logró aspectos interesantes en

⁶ La primera obra de geología hecha en México fue presentada por del Río para contar con texto para su cátedra. Con motivo del II Centenario del establecimiento del Real Seminario de Minas de la Nueva España se realizó una edición facsimilar: del RÍO, Andrés Manuel, *Elementos de Orictognosia*, edición y estudio preeliminar de Raúl Rubinovich Kogan, UNAM, México, 1992, 200 pp.

⁷ BURKART, Joseph, *Memoria sobre la explotación de minas en los distritos de Pachuca y Real del Monte*, trad. de Miguel Velázquez de León, estudio introductorio, notas y apéndices de Víctor M. Ballesteros G. Edición facsimilar de la Universidad Autónoma de Hidalgo, 1989 sobre la primera en español de 1861, 113 + LXXVI pp., sobre con 7 cuadros, 1 plano y 3 perfiles.

⁸ "Lyell, Charles", en: Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

cartografía. A partir la referida experiencia y con la importancia de la minería, se planteó el estudio de sitios mineros, formándose en enero de 1864, durante la regencia previa a la llegada de Maximiliano al país, la Comisión Científica de Pachuca bajo la dirección del Ing. Ramón Almaráz quien había trabajado en la Comisión del Valle de México.⁹ En la Memoria de Trabajos, publicada en 1865 se hace el recuento de las características geológicas de la región y en los prolegómenos se indica lo siguiente:

[se] recogió además una colección de rocas y variedades minerales, según expuse antes, la que, por orden del Ministro de Fomento puse a disposición del Ingeniero de Minas, D. Antonio del Castillo, para unos trabajos geológicos que le tiene encomendados el mismo ministerio.¹⁰

El citado Ingeniero del Castillo fungía como director de la Escuela de Minas de la Ciudad de México y fue el impulsor de la creación en marzo de 1886 de la Comisión Geológica que el 17 de diciembre de 1888 se convierte en Instituto Geológico de México.¹¹ Esa institución que en la actualidad es una dependencia de la UNAM, se ha encargado de impulsar los estudios de esta ciencia a lo largo del país.

1.1.3 Las vetas

La localización de una veta de minerales ricos o sus indicios, constituye el sueño de los interesados en los beneficios de la minería, desde los buscones y gambusinos, hasta los equipos de geólogos de las compañías modernas. Sus hallazgos determinaban auges o bonanzas y su pérdida era motivo de grandes

⁹ La circunstancia de la Comisión Científica de Pachuca y sus antecedentes, así como la discusión de que fue un esfuerzo mexicano que venía de tiempo atrás e independiente de lo que fue la *Comission Scientifique du Mexique*, organizada por el interés de Napoleón III, puede verse en: ALMARAZ, Ramón (Director), *Memoria de los trabajos ejecutados por la Comisión Científica de Pachuca en el año de 1864*, edición, estudio preliminar, notas y apéndices Víctor M. Ballesteros García (coordinador) edición facsimilar de la Universidad Autónoma de Hidalgo, Pachuca, 1993, pp. XXIII a XVIII, 13 a 24.

¹⁰ ALMARAZ, Ramón (Director), *op. cit.*, p. 31.

¹¹ de CSERNA, Zoltan, "La evolución de la geología en México (~1500-1929)" en: *Revista del Instituto de Geología*, vol. 9, núm. 1, 1990 p. 12. AZUELA, Luz Fernanda, "La geología en la formación de los ingenieros mexicanos del siglo XIX", en: *Formación de ingenieros en el México del siglo XIX*, RAMOS LARA, María de la Paz, RODRÍGUEZ BENÍTEZ, Rigoberto (Coordinadores), UNAM, Universidad Autónoma de Sinaloa, México, 2007, pp. 91-107.

penurias. El agotamiento o las dificultades crecientes de aprovechar una veta limitaban la actividad minera y obligaban a la búsqueda de otros sitios favorables. Los filones o vetas están delimitadas por paredes de rocas y se localizan en ciertos rumbos dominantes por longitudes de algunas decenas de metros hasta varios kilómetros. El ancho de la misma se le denomina potencia o abrigo y va de unos pocos centímetros a algunos metros. La inclinación del yacimiento respecto al nivel del suelo se le llama inclinación o buzamiento.¹² La figura 1.3 muestra la nomenclatura de las vetas y un esquema de fallas. En el ambiente minero se llaman clavos a cuerpos minerales de alta ley y reducidas dimensiones, zonas de concentración de minerales ricos.¹³

Compilaciones de las vetas de la región de estudio se mencionan en los escritos de Alejandro von Humboldt y de un modo más amplio con Joseph Burkhardt.¹⁴ Es con la Comisión Científica de Pachuca presidida por el Ingeniero Ramón Almaráz cuando se hace un recuento más amplio de las vetas, minas en operación y aquellas abandonadas. En términos generales para Pachuca menciona cuatro vetas principales, para Real del Monte siete y una para Mineral de El Chico.¹⁵

A raíz de una inundación subterránea que en diciembre de 1895 paralizó la minería del norte de Pachuca, el Gobierno Federal preocupado por la crisis económica y social que derivó de lo anterior, nombró a un inspector de minas para obtener información directa de la situación y encargó al Instituto Geológico realizar minuciosos estudios de Pachuca y Real del Monte quienes publicaron sus

¹² de GALIANA Mingot, Tomás, "Filones", en: *Gran diccionario de las ciencias en color*, Larousse, Paris, 1987, tomo 3, pp. 452, 452.

¹³ "Clavos", en: "Términos mineros mexicanos", en: *Revista Geominet*, núm. 117, mayo/junio de 1982

¹⁴ HUMBOLT, Alejandro de, *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*, Estudio preliminar, revisión del texto, cotejos, mapas y anexos de Juan A. Ortega y Medina, Editorial Porrúa, colección Sepan Cuantos, núm. 39, México, 696 pp. + 6 planos. BURKART, Joseph, *Memoria sobre la explotación de minas en los distritos de Pachuca y Real del Monte*, traducción de Miguel Velázquez de León, estudio introductorio, notas y apéndices de Víctor M. Ballesteros G. Edición facsimilar de la Universidad Autónoma de Hidalgo, 1989 sobre la primera en español de 1861, 113 + LXXVI pp., sobre con 7 cuadros, 1 plano y 3 perfiles.

¹⁵ ALMARAZ, Ramón (Director), *op. cit.*, pp. 89, 113, 138, 139.

resultados en los boletines de la institución en los años siguientes y serían los más completos con los que contó la empresa para sus operaciones iniciales¹⁶. Dentro de los notables autores de tales estudios estaba el Ing. José Guadalupe Aguilera Serrano, considerado el fundador de la geología mexicana, así como el Ing. Ezequiel Ordóñez quien fue consultor de la empresa norteamericana y alcanzó gran prestigio como descubridor e impulsor de la producción comercial del petróleo en México.¹⁷ Siguiendo la misma línea de investigación, después de la Revolución Mexicana, el Instituto Geológico efectuó el estudio de la región desde El Chico hasta Zimapán.¹⁸

En la obra que el Instituto Geológico publicó con los estudios relativos a Pachuca, los autores indicaron el problema de falta de estudios geológicos a fines del siglo XIX:

Ninguno de los variados problemas que se presentan en este distrito minero es de tanto interés como la distribución de la riqueza de las vetas, de que ahora nos proponemos dar una idea general, si bien el asunto es bastante difícil y reclama la mayor circunspección. Los datos necesarios para fundar algunas conclusiones son demasiado escasos, pues desgraciadamente no se conoce absolutamente nada respecto a la distribución de la riqueza en

¹⁶ AGUILERA SERRANO, José Guadalupe, ORDOÑEZ, Ezequiel, SÁNCHEZ, P.C., *El Mineral de Pachuca*, Instituto Geológico, Boletines números 7, 8 y 9, México 1897, 180 pp. ORDOÑEZ, Ezequiel, RANGEL, Manuel, *El Real del Monte*, Instituto Geológico, Boletín 12, México, 1899, 105 pp.

¹⁷ Ezequiel Ordóñez publicó años después una detallada explicación de la inundación referida: ORDOÑEZ, Ezequiel, "Las aguas subterráneas en las minas de Pachuca y Real del Monte. La inundación de 1895", en: *Memoria de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, núm 34, 1916, pp. 65-73. Ezequiel Ordóñez nació en 1867 en Lerma, Edo. de México, habiendo quedado huérfano, su familia se trasladó a San Miguel Regla y posteriormente a Pachuca donde cursó sus primeros estudios. En la Cd. de México estudió en las Escuelas Nacionales Preparatoria y de Ingenieros. Profesor en esa última se distinguió por su interés en geología, fue subdirector del Instituto Geológico y también ejerció la consultoría especializada para varias empresas, entre ellas la Real del Monte. Sus aportaciones en la localización de pozos petroleros le valieron renombre internacional. Perteneció a diversas asociaciones científicas nacionales e internacionales, la trayectoria de este investigador le permitió ser miembro fundador de El Colegio Nacional. Falleció en el año de 1950. En: <http://www.colegionacional.org.mx/Ordenez.htm>

¹⁸ En los agradecimientos de la obra referida, se hace especial mención del apoyo que la Compañía de Real del Monte y Pachuca y su subsidiaria la Compañía Exploradora de Hidalgo las que proporcionaron toda clase de elementos para llevar a cabo sus estudios. FLORES, Teodoro, et al. *Estudio geológico de la zona minera comprendida entre los Minerales de Atotonilco El Chico y Zimapán en el Estado de Hidalgo*, Instituto Geológico, Boletín no. 43, Talleres Gráficos de la Nación, México 1924, 159 pp.

las antiguas explotaciones de este mineral, cuya antigüedad remota como hemos visto hasta los primeros días de la conquista. Y lo que es todavía más de lamentarse, es el descuido con que han visto las actuales compañías, la demarcación fiel sobre sus planos, de las bonanzas que han hecho de Pachuca un centro minero de primer orden en América, y que no se haya puesto el cuidado bastante de asignar a cada bonanza los límites de su riqueza. Muy pocos son los planos de minas que traen indicados aproximadamente los contornos de los clavos ricos, y esto solamente obtenido por levantamientos incompletos de los grandes laboríos. Las antiguas y enormes explotaciones nos están ahora vedadas por su completo estado de destrucción, no hallándose en los planos más que el sistema de cañones y galerías que se utilizan para el servicio de las explotaciones actuales. Sin embargo, hemos hecho grandes esfuerzos para completar nuestros datos sobre la distribución y damos los cortes y proyecciones verticales de las principales vetas del distrito de Pachuca.¹⁹

Con algunos ajustes, en 1912 apareció un trabajo en el que Albert Grothe relaciona las características de las vetas de la región:

En Pachuca existen varios sistemas de fracturas las cuales en sus llenamientos constituyen vetas minerales. Las más importantes son las de dirección oriente a poniente, de las que se desprenden varios ramales. Estas vetas se caracterizan por la persistencia y regularidad de sus llenamientos minerales. Se puede considerar que hay cinco núcleos principales a cuyos lados se agrupan vetas de menor importancia. 1) La Vizcaína que tiene un trayecto desde Pachuca hasta Real del Monte y es la principal veta de todo el distrito. 2) El Cristo, 3) San Juan Analco, 4) Santa Gertrudis que está en el ahora Mineral de la Reforma y 5) Los Clavos. En las minas antiguas [de la colonia a primera mitad del siglo XIX] se observaron dos zonas características, en la superficie se tienen óxidos, entre ellos abunda el óxido de hierro que proporciona un color rojo característico en vetas y sobre todo en las rocas encajonantes localizadas en las cercanías. También se presentan óxidos y carbonatos de manganeso, cloruros y bromuros de plata y plata nativa. En las partes profundas hay sulfuros de plomo, hierro y plata íntimamente asociados, los compuestos de manganeso son ahí del mineral llamado rodonita. La división se aproxima al nivel hidrostático de la región. En minas más modernas [fines del siglo XIX] la diferenciación no se observó de ese modo. Otros dos sistemas de fracturas comprenden vetas que corren en dirección noroeste a sureste como La Corteza y las de nordeste a suroeste, ejemplo Maravillas. En Real del Monte, se pueden tener las mismas consideraciones

¹⁹ Hay una compilación reciente de los trabajos del Ing. Ordóñez: "Las vetas [del Mineral de Pachuca]", en: ORDOÑEZ, Ezequiel, *Obras II*, recopilación y edición de Raúl Rubínovich y María Lozano con la colaboración de Héctor Mendoza V., El Colegio Nacional, México 1995, 573 pp.

generales anteriores, sin embargo aquí las acciones geológicas han sido más intensas y no hay afloramientos. La principal veta es la Vizcaína, con varias subordinadas como Morán, Vargas o Patrocinio. En dirección norte a sur, están las de Santa Inés y Santa Brígida, ambas paralelas entre sí pero con inclinaciones diferentes y con varias vetas subordinadas. En el Mineral de El Chico en la misma dirección oriente a poniente, se tiene la veta de Arévalo con algunas vetas secundarias en dirección paralela o con otras orientaciones. En esta población se presentan respaldos con riolitas y tobas, basaltos y rocas calizas. En los rellenos de las vetas se tienen sulfuros de plata, y minerales de otros metales. De un modo general en los tres lugares se ha observado que las intersecciones de las vetas son sitios de gran riqueza.²⁰

A lo largo de la operación de la empresa se realizaron minuciosos estudios geológicos, primero como proyectos de exploración a cargo de asesores como el mencionado Ing. Ezequiel Ordóñez quien realizó por encargo de la compañía importantes estudios tanto en Pachuca y Real del Monte como en otras partes del país.²¹ Sobre sus trabajos en Real del Monte se tiene la siguiente información procedente de actas de la Junta Directiva de diversas fechas.

El señor geólogo Ordoñez ha estado bastante tiempo en esta mina [Dolores] dictando acertadas disposiciones.

Con mucha actividad y atención se están llevando a cabo [exploraciones] dirigidas por el geólogo consultor habiendo llegado a importar estos trabajos cerca de \$ 10,000 mensuales.

Según lo indicado en el informe de la explotación de Dificultad por el Sr. Ordoñez, se hizo el denuncia de 23 pertenencias y una fracción que han sido nombradas Boston.²²

Se hace la observación de que el Ing. Ordoñez gozó de confianza por parte de la empresa norteamericana. En 1909 se le encargó la rectificación de los linderos de las propiedades de la empresa y también estuvo relacionado con la intención de vender las salinas de Tepopoxtla ubicadas en Texcoco que eran

²⁰ GROTHE, Albert, SALAZAR SALINAS, Leopoldo, *op. cit.* pp. 37-41.

²¹ AHCRdMyP, (Archivo Histórico de la Compañía de Real del Monte y Pachuca), Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, Comunicado en el que se refieren estudios realizados en Real de Catorce, S.L.P. por el Ing. Ordóñez acompañado de Mr. Holden. vol. 41 exp. 10, s/f.

²² AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Actas de la Junta Directiva, junio 9 y 24, agosto 28 de 1909, ff. 199, 212 y 224.

propiedad de la empresa.²³ En 1912 su nombre aparece como ingeniero responsable en la ciudad de México de la oficina de la United States Smelting Refining and Exploration Co. que era una empresa del grupo propietario de la Real del Monte y que se encargaba de hacer exploraciones geológicas y explotar yacimientos en diversos sitios de la República, sobre todo fuera del estado de Hidalgo.²⁴

A partir de 1924, la empresa organizó su propio departamento geológico. Es importante referir que el momento tecnológico proporcionó un importante elemento para el estudio geológico: las perforadoras para barrenas con puntas de diamante que permitían obtener núcleos muestra de los subsuelos en longitudes de decenas de metros ahorrando las costosas obras de túneles.²⁵ La figura 3.16 muestra una perforadora exploradora. Esto era parte de la necesidad de la empresa por explorar sitios factibles y desarrollar nuevos ámbitos de trabajo. Sin embargo, tal información permaneció en los archivos de la empresa y solo se conocería años después. Es por ello que A. R. Geyne *et al.*, indican lo siguiente:

*A pesar de la riqueza de datos sobre la geología del distrito y la naturaleza y distribución de las vetas y los minerales de veta, solamente se han publicado ciertas partes de dicha información, principalmente entre 1897 y 1956, debido en gran parte a la reticencia impuesta por las varias compañías que competían en el distrito.*²⁶

El momento en que se tuvo acceso al resultado de los estudios fue a partir de 1959 con motivo del 20 Congreso Geológico Internacional celebrado en la Ciudad de México. Los estudios después de una revisión muy rigurosa en la que también participó la UNAM y el *United States Geological Survey* aparecieron en la Publicación 5E del Consejo de Recursos Minerales que aunque puesta en

²³ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Actas de la Junta Directiva, marzo 30 y abril 9 de 1910, ff. 281, 284, febrero 3, septiembre 11 de 1912, ff. 376, 377 y 403. Los documentos no especifican si se vendieron las propiedades en esa época.

²⁴ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Informe de la United States Smelting Refining and Mining Co. (USSRMCo) correspondiente a 1912.

²⁵ PROBERT, Alan, "Reseña histórica de los Distritos Mineros de Pachuca y Real del Monte", en: GEYNE, A. R., *et al.*, *op. cit.*, p. 105.

²⁶ GEYNE, A. R. *et al.*, *op. cit.* p. 3.

circulación en 1963, recaba informaciones del período de estudio y se le considera el estudio más amplio sobre los aspectos geológicos de la región de estudio.²⁷

Un concepto geológico que aparece en el estudio referido es el de las formaciones, las cuales se identifican por similitudes que se localizaron en las rocas características de diversos sitios del distrito minero. Están separadas entre sí por medio de depósitos erosionales u otras discordancias. Los espesores son variables así como sus profundidades.

En relación a las formaciones, los geólogos de la empresa iniciaron su estudio y sistematización a partir de 1925 incorporando terminologías que en algunos casos se conservaron y en otros fueron modificados.²⁸ Pese a su carácter confidencial, algunos términos trascendieron al ambiente de los investigadores de la geología y fueron aplicados para estudios en otros sitios. Con las revisiones se pueden referir de un modo resumido las siguientes formaciones:

[...] *para la era Terciaria y en el período del Oligoceno (-33 a -26 millones de años) a las formaciones Santiago, Corteza y Pachuca. La última llega hasta iniciado el Mioceno (-26 a -12 millones de años) teniéndose también ahí las formaciones Real del Monte, Santa Gertrudis y Vizcaína. En el Plioceno (-9 a-3 millones de años) se ubican las formaciones Tezuantla, Zumate, San Cristóbal, Atotonilco El Grande, Tarango y la Riolita Navajas. En la era Cuaternaria en los períodos del Pleistoceno y reciente (-3 millones de años), se ubican los suelos aluviales, la traquita Guajolote, corrientes, brechas, toba de basaltos, toba Cubitos así como taludes y derrumbes.*²⁹

Debe tomarse en cuenta que estas formaciones estuvieron sometidas a plegamientos y las fallas originaron corrimientos tanto horizontales como verticales, algunas fallas fueron propicias para recibir los fluidos mineralizantes

²⁷ El Ing. Arturo R. Geyne, principal autor de la obra, nació en el Mineral de El Oro, donde su padre de origen estadounidense, era empleado de una compañía minera. Después la familia se mudaría a Pachuca. Su formación profesional la realizó en los Estados Unidos. El joven Geyne se incorporó a la Compañía Real del Monte como geólogo, llegando a ser jefe de ese departamento y durante el período paraestatal fue director de la misma.

²⁸ GEYNE, A.R. *et al.*, *op. cit.*, p. 29.

²⁹ *Ibidem*, pp. 29-31.

que a su enfriamiento formaron las vetas donde se localizan valores ricos en plata, oro y algunos otros minerales.³⁰ Por lo anterior expuesto, y por la información localizada hasta ahora en archivo, el trabajo de los mencionados autores constituyó un elemento fundamental para conocer los yacimientos minerales que operó la empresa. En esta obra se propuso una sistematización de las vetas en dos grupos, atendiendo a los rumbos dominantes de cada veta y dos áreas de acuerdo a su cercanía con Pachuca o Real del Monte. El primer grupo es el oriental que contiene la mayoría de las vetas del distrito, consiste en 16 vetas principales en Pachuca, 10 en Real del Monte y en numerosas vetas más pequeñas. El sistema norte, que presenta los cuerpos más grandes y ricos, solo está presente en Real del Monte y está compuesto por seis vetas principales y otras muchas menores.³¹ En la figura 1.5 se relacionan las principales vetas consideradas por estos autores con los minerales que las acompañan y que se lista a continuación.

Los [minerales] más importantes como fuentes de plata y oro: argentita y acantita, que son la principal fuente de plata en la región (ambos con la misma fórmula Ag_2S , pero con diferente arreglo cristalino); polibasita $(AgCu)_{16}Sb_2S_{11}$, estefanita Ag_5SbS , plata nativa Ag , oro nativo Au , sternbegita $AgFe_2S_3$ [...]

Minerales que proporcionan otros minerales y que actualmente [ca. 1960] pueden, en ocasiones, aprovecharse comercialmente: esfalerita ZnS , galena PbS , calcopirita $CuFeS_2$, calcocita Cu_2S , covellita CuS , bornita Cu_5FeS_4 [...]

Minerales que no se aprovechan: pirita FeS_2 , cuarzo SiO_2 , albita $NaAlSi_3O_8$, rodonita $(MnCaFe)SiO_3$, bustantita $CaMn(SiO_3)_2$, adularia $K(AlSi_3O_8)$, clorita $(MgFeAl)_6(OH)_8(SiAl)_4O_{10}$, prehnita $Ca_2Al(OH)2Si_3O_{10}$, caolinita $Al_4(OH)_8Si_4O_{10}$, epidota $Ca_2(AlFeMn)_3(OH)Si_3O_{12}$, espatopardo $(MgZnMnFe)CO_3$ o como $Ca(MgFeMn)(CO_3)_2$. Hay otros minerales que se han localizado pero su frecuencia no es significativa.³²

³⁰ En el mecanismo de los fluidos mineralizantes referido, los autores señalan se trató de soluciones en agua a temperaturas de 100° a 200° Centígrados. *Ibíd.*, pp. 134, 138.

³¹ *Ibíd.*, pp. 111, 139-141

³² *Ibíd.*, pp. 110-124.

A modo indicativo de la cantidad de las labores de exploración e identificación de cuerpos minerales que se procesó desde el inicio del siglo XX hasta 1963, año de la publicación de la obra de los autores referidos, se registran en ésta 115 vetas de las cuales la mayoría fueron trabajadas por la Compañía de Real del Monte y Pachuca. Alan Probert hace notar que en el siglo XX los principales cuerpos descubiertos fueron por exploraciones subterráneas ya que los cuerpos minerales no presentaban afloramientos definidos. Tales hallazgos fueron los de la parte meridional del área de Real del Monte, entre lo que se puede señalar Purísima, y el grupo de vetas en la parte suroccidental del distrito, entre esas El Álamo y Paricutín; el último hallazgo principal descubierto por los norteamericanos en 1942 y que produjo tres cuartos de millón de toneladas de mineral en los siguientes 15 años.³³

1.1.4 Entorno agrícola y comunicaciones

La parte norte del distrito se relaciona con las regiones de Huasca y Atotonilco, que conforme baja la serranía ofrece un clima más cálido, con corrientes de agua más abundantes y terrenos propicios para la agricultura. La parte sur se ubica en el borde del Valle de México, las poblaciones de Tezontepec y Tizayuca se encuentran en esa región conocida como los llanos de San Javier. Al poniente se accede por Actopan y Tula a la región del Valle del Mezquital y al oriente, pasando una pequeña serranía, se llega a las importantes tierras agrícolas del Valle de Tulancingo, hacia el sureste están los llanos de Apan, región relativamente seca, productora de maguey y cebada.

Es necesario considerar que la actividad minera requiere del abastecimiento de grandes cantidades de materiales, en primer lugar los alimentos para personas y animales y también de grandes cantidades de leña y madera. Desde la época de

³³ La veta mas importante del Paricutín se le denominó Nueva Australia. PROBERT, Alan, *op. cit.*, p. 106.

Pedro Romero de Terreros, propietario de las minas en la segunda mitad del siglo XVIII se configuró un complejo agrícola minero que implicó no solo las posesiones de minas y haciendas de beneficio, sino también de extensas haciendas de campo con bosques, tierras de cultivo y para el sostenimiento de ganado. Esto sería un elemento de gran importancia para el abatimiento de los costos de producción al disponer y asegurar un abasto propio de ciertos materiales agropecuarios. Este esquema, aunque disminuido con el tiempo pasó a los posteriores dueños británicos y mexicanos.³⁴ Para el período norteamericano, y hasta antes de las afectaciones agrarias de la década de 1930, la empresa disponía de una significativa extensión territorial propia representada principalmente por la hacienda de Cuyamaloya entre Pachuca y Tulancingo, y que servía para proporcionar leña, forrajes y otros artículos agrícolas. En general, como áreas de suministros agrícolas se pueden identificar las llanuras de Atotonilco el Grande, Tulancingo y San Javier. Para el suministro de productos forestales se tienen las partes altas de El Chico, Real del Monte y la serranía que se extiende hacia Tulancingo.

En el último cuarto del siglo XIX los ferrocarriles se habían consolidado en la región la cual era servida por varias líneas que tenían estaciones en Pachuca: la del Hidalgo y del Nordeste, la del Central y la del Mexicano que comunicaban a la costa del Golfo de México y a la frontera con los Estados Unidos.³⁵ La empresa utilizó todas esas conexiones para recibir materiales, disponiendo en Pachuca de una gran área de almacenes en con vías férreas y las instalaciones necesarias para el recibo de madera, aceros, combustibles y todo tipo de materiales. La cual se comenta en el apartado 2.3.4.

³⁴ NAVARRETE, David, "En torno a las crisis y bonanzas mineras: La Vizcaína (Real del Monte) en perspectiva regional, 1780-1810", ponencia presentada en la V Reunión de Historiadores de la Minería Latinoamericana, San Luis Potosí, julio de 1997, copia. HERRERA CANALES, Inés, "Empresa minera y región en México: la Compañía de Minas de Real del Monte y Pachuca", en: *Siglo XIX, Revista de Historia*, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, núm. 8, julio diciembre de 1989, pp. 103-123.

³⁵ Con relación a los aspectos ferroviarios referidos se puede consultar: ORTEGA MOREL, Javier, *Minería y ferrocarriles, el caso de Pachuca Real del Monte, 1879-1906*, tesis de maestro en historia, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, México, 2002, pp. 85-164.

Los caminos carreteros del país, recibieron una mejor atención a partir del período presidencial de Plutarco Elías Calles (1924-1928), un primer tramo de la carretera de México a Laredo que pasaba por Pachuca, se completó en septiembre de 1926.³⁶ Otro camino importante era el México Tuxpan que se enlazaba con Pachuca a través de Tulancingo, en un corto trayecto de 48 km. Para la comunicación a las minas a corta distancia de los caminos principales, la empresa mantenía un grupo de trabajadores que se encargaba de construir y reparar pequeños tramos a fin de facilitar el tránsito de vehículos.

1.1.5 Las ciudades y la empresa

Si bien la fundación de los núcleos urbanos del distrito es del siglo XVI, no se tuvo una urbanización y arquitectura que llegara a la categoría de otros centros mineros como Guanajuato o Zacatecas. Eso en parte por la menor productividad de las minas en la colonia, exceptuando quizá el período del Conde de Regla que pese al enorme auge, no dejó testimonios significativos en ese orden. Sería hasta el porfiriato cuando los auges de diversas empresas se manifiestan en edificaciones civiles y remozamiento de plazas en Pachuca y El Chico en la década de 1880. Los festejos del centenario de 1910 hicieron lo propio para Real del Monte y en la capital se tendría la obra de ornato urbano más importante hasta la fecha con la construcción de la torre del Reloj Monumental que es el emblema de la ciudad y que fue costeadado por varias empresas mineras, exceptuando la Real del Monte.

En la figura 1.6 se presentan los datos de habitantes para las localidades más importantes del distrito minero. Se observa una tendencia de crecimiento, en Pachuca y Real del Monte la cual se acentúa a partir del censo de 1940. En Real del Monte la tendencia de la población que había disminuido de 1900 a 1910 mostró recuperación de 1910 a 1940 para reducirse al siguiente censo. El Mineral

³⁶ MANZANO, Teodomiro, *Anales del Estado de Hidalgo*, Gobierno del Estado de Hidalgo, 1927, septiembre 3 de 1926.

de El Chico presentó una caída de población de 1900 a 1910, permaneció con cierta estabilidad durante el período de 1920 a 1930 que es cuando trabaja ahí la Compañía Real del Monte y la posterior disminución de población coincide con el cierre de operaciones. En el Mineral de La Reforma, la empresa dejó de operar en 1922, el crecimiento que acusa en 1930 y 1940 es debido al auge de la mina de Dos Carlos perteneciente a otra empresa y que después fue cooperativa, la cual para 1950 había disminuido sustancialmente sus operaciones.³⁷ Como se puede apreciar durante la época de estudio, la minería fue un factor determinante en el crecimiento o decadencia de las localidades de estudio.

En los primeros años, siguiendo una costumbre que venía desde la administración británica, la empresa ocupó como viviendas para sus empleados las muchas fincas urbanas de su propiedad, en su mayoría anexas o en el interior de minas y otras dependencias. Sin embargo para la década de 1920 emprendió una política de construcción en Pachuca para alojar a sus funcionarios, el principal sitio fue la denominada Colonia Madero y que se muestra en la figura 1.7. De los amplios terrenos adquiridos y colindantes con las vías del ferrocarril, construyó los almacenes, talleres y algunas casas dentro del perímetro de estas instalaciones. Junto a todo eso destinó una amplia extensión para casas de empleados, aspecto que no se concretó del todo. De las edificaciones mencionadas, la mayoría persiste hasta hoy, con estilos californianos y rodeados de amplios jardines. La empresa mantuvo un departamento de construcción que además de atender minas y haciendas de beneficio, también se ocupó de construir las casas que se

³⁷ Dirección General de Estadística o Departamento de la Estadística Nacional, *Censo General de la República Mexicana, Estado de Hidalgo, 28 de octubre de 1900*, Secretaría de Fomento, Colonización e Industria, México, 1902.

--- *División Territorial de los Estados Unidos Mexicanos*, Secretaría de Fomento, Colonización e Industria, México, 1913.

--- *Censo General de Habitantes. Estado de Hidalgo. 30 de noviembre de 1921*, México, 1927.

--- *Quinto censo de Población, Estado de Hidalgo. 15 de mayo de 1930*, Dirección General de Estadística, México, sin fecha de publicación.

--- *6º Censo de Población 1940. Hidalgo*, Secretaría de Economía Nacional Economía Nacional, México, 1943.

--- *Séptimo Censo General de Población 1950*, Secretaría de Economía Nacional Economía Nacional, México, 1952.

refieren.³⁸ Otra prestación para quienes ocupaban casas de la Compañía de Real del Monte y Pachuca, eran los servicios de electricidad, teléfono, agua y mantenimiento en general que se asumían como parte de los trabajos realizados por la empresa en minas y haciendas. Para los trabajadores comunes durante el período 1906 a 1947, la empresa no realizó proyectos inmobiliarios, podría considerarse que el hecho de establecerse en sitios ya urbanizados de tiempo atrás la eximió de este asunto. Hasta el año de 1981 se atendió esa demanda con la entrega por el Presidente de la República de la Unidad Habitacional 11 de Julio para los trabajadores mineros de Pachuca.³⁹ Posteriormente se entregó en Real del Monte otro proyecto inmobiliario.

1.2 La Compañía de Real del Monte y Pachuca

1.2.1 Antecedentes y establecimiento de los norteamericanos

Los negocios mineros formados durante el virreinato por Pedro Romero de Terreros, primer conde de Regla y sus sucesores constituyeron la base para formar en el siglo XIX lo que sería la Compañía de Real del Monte y Pachuca. A partir de 1850 apareció la competencia, sobre todo en Pachuca de otras compañías. En 1906 a la llegada de los norteamericanos, en la región también operaban otras empresas, las más importantes eran las de Santa Gertrudis, San Rafael, Maravillas, y Santa Ana. La Real del Monte, que era la que disponía de más propiedades, había quedado rezagada ante aquellas que habían tenido importantes auges, alcanzando primeros lugares en producción.⁴⁰

Las condiciones de la Real del Monte al cambio de siglo, si bien no eran malas y se tenía una ligera utilidad, a futuro existía un cierto grado de

³⁸ La mayor parte de las casas de los empleados les fueron vendidas a sus ocupantes poco antes de ser privatizada la empresa en 1990.

³⁹ La mencionada unidad habitacional se inauguró en Pachuca el 11 de julio de 1981, datos de la placa conmemorativa del evento.

⁴⁰ En relación a las compañías mineras contemporáneas a la Real del Monte pueden verse en: ORTEGA MOREL, Javier, *op. cit.*, 2002, pp. 42-54. GROTHE, Alberto, SALAZAR Salinas *op. cit.* pp. 42-130.

incertidumbre. Las mejoras tecnológicas necesarias para estar en la vanguardia de producción en su mayoría se habían incorporado gradualmente, sin embargo no en la generalidad de las minas de la empresa, ni en la cantidad requerida. Además en el beneficio, el método de cianuración desplazaba rápidamente a la amalgamación y ese cambio requería de cantidades de capital muy cuantiosas. Durante ese período las compañías mineras mexicanas dedicadas a la extracción de plata, habían entrado en un proceso de disminución de ingresos por la devaluación del precio internacional de la plata desde el último cuarto del siglo XIX, situación perjudicial a la economía nacional. En la reforma monetaria de 1905 se contempló la devaluación del peso en un cincuenta por ciento frente al dólar.⁴¹

Las condiciones económicas del país referidas antes generaron un proceso de adquisición de tales empresas por parte de consorcios extranjeros, principalmente norteamericanos.⁴² La Real del Monte, que había permanecido como una empresa con extensas propiedades, resultaba costosa de adquirir. Durante el año de 1905 hubo ligeros dividendos, sin embargo en noviembre de ese año, se iniciaron negociaciones para su venta. El grupo estadounidense United States Smelting and Refining Company (USSRMCO) adquirió casi la totalidad de las acciones de la empresa, en una operación de \$ 255,400 pesos, misma que fue dada a conocer en la Junta de la Mesa Directiva del 12 de febrero de 1906.⁴³

En el momento de la adquisición de la empresa por los accionistas norteamericanos, funcionaban siete minas principales en Real del Monte y cinco

⁴¹ LUDLOW, Leonor, "El progreso porfirista", en: *Gran Historia de México Ilustrada*, INAH, Planeta DeAgostini, tomo IV, pp. 159.

⁴² Se pueden señalar tres etapas de adquisición a partir de las décadas de 1880, 1890 y 1900, en la última se ubica el caso de la Compañía de Real del Monte y Pachuca. CÁRDENAS GARCÍA, Nicolás, *op. cit.* pp. 76-78.

⁴³ Sobre las condiciones en general de la empresa y detalles de la operación de venta puede consultarse: BERNSTEIN, Marvin D. *op. cit.* pp. 63-65, RUIZ de la BARRERA, Rocío, *La empresa de minas del Real del Monte (1849-1906)*, Tesis Doctoral en Historia, El Colegio de México, México, 1995, pp. 334-337. "Compañía de Real del Monte y Pachuca", en: *El Herald*, Pachuca, febrero 11, 18, 25 de febrero de 1906.

en Pachuca.⁴⁴ A continuación se enlistan las tareas de modernización, con los avances registrados un año después de la venta, así como otros elementos descriptivos de la empresa que fueron dados a conocer en el informe de 1906 y en una publicación de temas mineros:

- *Instalación de horcas de acero: de lo cual se habían instalado tres y una estaba lista para instalarse, en otra mina se había instalado otra de madera de 50 pies [15.24 metros]*
- *Malacates eléctricos: se habían instalado trece malacates, uno de 250 Hp, cuatro de 110 Hp y el resto de 60 Hp., todos ellos con dispositivos de frenos mecánicos automáticos con accionamiento neumático y embragues.*
- *Los sistemas de bombeo accionados por vapor serán reemplazados por bombas centrífugas accionadas por motores eléctricos.*
- *Los compresores y perforadoras permitirán reducir los costos de explotación y darle mayor rapidez al trabajo en las minas.*
- *Tiro de extracción de San Ignacio se instaló una banda transportadora de 20 pulgadas [50.8 cm] y se ha completado el cable aéreo de 6,550 pies [1,996 m] para llegar a la hacienda de Guerrero.*
- *Línea férrea ente Cabrera y Escobar con Guerrero: Se han completado los terraplenes, la mayoría del trayecto ya tiene vía, en total serán 4,880 pies [1.487 km].*
- *Cables aéreos: se han hecho estudios para tender uno entre Dolores y Terreros, también se esta elaborando el proyecto para otro cable aéreo de 2.8 millas [4.505 km].*
- *Beneficio: se ha completado una planta de molienda de 200 toneladas junto con una planta de cianuración.*
- *Los talleres están adecuadamente equipados con máquinas herramientas modernas y tres hornos de cubilote con capacidad de trabajar piezas hasta de 3 toneladas.*
- *El total de personal ocupado es de 4,120. Para los trabajadores se tiene un hospital en Real del Monte equipado con los avances de la medicina y atendido por un equipo médico.*
- *Los ranchos y haciendas son Sánchez y Botijas con 1,90 acres [0.7695 hectáreas], Mixquiapam con 1,295 acres [524.5 has], Santa Rosalía con 728 acres [295 has] y Velasco con 244 acres [99 has]. A 9 millas de Real del Monte se tiene el rancho de Cuyamaloya con 20,000 acres [8,100 has], de esta propiedad se suministra la madera necesaria para las minas, encino y pino son los principales cultivos.⁴⁵*

⁴⁴ AHCRdMyP, Informe de actividades del año 1905, vol. 137, exp. 53, f. 25.

⁴⁵ AHCRdMyP, Actas e Informes, vol. 1, exp. 6, Informe del año de 1906. SOUTHWORDE, John R., HOLMS, Percy G. *El Directorio Oficial Minero de México*, volumen X, Editado por los autores, México 1908, pp. 116-117.

Lo anterior señala de manera breve el rumbo que los nuevos propietarios daban a la empresa. En ese primer momento se trabajó con mayor intensidad en las minas existentes, incorporando los elementos tecnológicos necesarios para obtener mayores tonelajes que los acostumbrados hasta entonces. Se asume que la empresa terminó su fase de establecimiento en el año de 1912 cuando se regularizó el abasto de energía eléctrica desde la planta de Necaxa y una vez establecida la cianuración por decantación, se pasó al sistema continuo con uso del tanque Pachuca.

Las relaciones con el gobierno durante los primeros años fueron amistosas. Los nuevos dueños, buscando congraciarse, hicieron un donativo para el festejo del onomástico del gobernador en 1907 y un banquete ofrecido en 1910 a las autoridades y personas notables del estado. Para los festejos del Centenario de 1910 la empresa aportó \$ 3,000.⁴⁶

1.2.2 Minería en años difíciles.

Puede considerarse que cuando la Revolución Mexicana inició, el ambiente en la región era de relativa tranquilidad. Es hasta la salida de Porfirio Díaz y la consecuente huida del gobernador porfirista cuando se percibe el cambio en la situación. Un grupo de trabajadores del Mineral de la Reforma al enterarse de la situación emprendieron la marcha hacia Pachuca, a su llegada liberaron a los presos y se adueñaron de la ciudad.⁴⁷ El director de la empresa Carlos W. Van Law narró los sucesos ocurridos:

A las cinco y media se anunció la llegada de la fuerza, yo fui en automóvil a un punto indicado algunos kilómetros, encontrando no tropas sino considerables grupos de "mal encarados" que gritaban "Viva Madero". A mi regreso encontré las calles vacías de policías y los rurales en número de 50 se habían hecho fuertes en sus barracas. Cinco minutos después de la llegada de la turba, la plaza se llenó, dañaron el Casino y rompieron cada

⁴⁶ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, junio 15 de 1907, julio 30 y noviembre 12 de 1910.

⁴⁷ MENES LLAGUNO, Juan Manuel, *Historia Mínima del estado de Hidalgo*, Miguel Ángel Porrúa, México, 2006, pp. 199 a 201.

ventana en la cercanía, dieron vuelta a Las Cajas [edificio de oficinas de la compañía] destruyendo todo a su paso. Por media hora intentaron inútilmente de romper la puerta, la jefatura de policía también fue asaltada.

En la Hacienda de Loreto los muros bajos fueron saltados, llegando al patio [...] los establos fueron entera y completamente asaltados no dejando caballos, arneses ni nada [...]

En el Banco de Hidalgo un grupo entró y redujeron a astillas todo vestigio de muebles, escritorios y equipo. La bóveda fue atacada con martillos y las combinaciones golpeadas con furia. Finalmente con dinamita intentaron varias veces, hasta las 9 PM no habían podido obtener un solo centavo [...]

Gran cantidad de disparos hacía la turba y las balas perdidas pasaban silbando sobre el edificio de Las Cajas durante la noche. Edificios ardiendo fueron vistos por varios rumbos.

Cuando amaneció, la turba continuaba en posesión de la ciudad [...] a las siete y media desde nuestro tejado vimos una gran conmoción y el tumulto corriendo en todas direcciones para esconderse, Unos pocos segundos después apareció una compacta columna de jinetes de los cuales unos diez lucían una especie de uniforme caqui y estaban armados hasta los dientes. Los otros eran hombres de la peor apariencia y llevaban armas de todos tipos [...]

Literalmente a cinco minutos de su entrada las calles estaban absolutamente limpias. El líder [Gral. Gabriel] Hernández se posicionó frente a la barraca de los rurales quienes izaron bandera blanca y se rindieron. En dos horas había instalado un gobernador maderista provisional, un jefe político y empezó a organizar otras dependencias. Mientras tanto podía verse que ninguna otra ciudad pudo haber sido mejor pacificada o puesta en orden más perfecto que el logrado por ese puñado de hombres.

Con un refuerzo de 150 hombres del mismo tipo, se procedió a recuperar artículos robados y regresar presos a la cárcel. [...] varias veces se recibió aviso de México que fuerzas federales habían sido despachadas a Pachuca, lo que ocasionó varias salidas a galope de la tropa maderista pero todo eran rumores sin fundamento.

La personalidad de la banda era llamativa y llamaba al asombro. Su líder Hernández, un muchacho de unos 60 kg, de 23 años de tipo indígena puro en sus facciones. Él es de suave hablar, de pocas palabras, extremadamente cortés e inteligente. Se le ve absolutamente desprovisto de egoísmo. [...]

La Señora van Law ofreció a la tropa sándwich y café caliente y mantuvimos casa abierta para todos los oficiales, cortesía que ellos apreciaron en mucho. Días después en un acto meramente social tomaron el lunch [en Las Cajas] Hernández y tres personas principales, mi esposa y yo. [...]

La bóveda principal del banco de Hidalgo fue abierta esta mañana por lo que tendremos efectivo para nuestra nómina del sábado [...]

El viejo gobernador esta escondido.

*No se aprecia una hostilidad especial contra nosotros, durante el asalto de la turba escuché a un hombre gritar "mueran los gringos", lo cual no fue respondido [...]*⁴⁸

Al mes siguiente, en una nota se tienen unas observaciones interesantes:

*La situación en México luce negra. No se percibe real adhesión ente los líderes de las varias fuerzas maderistas a cualquier programa definitivo de licenciamiento y hay una fuerte corriente incriminatoria contra Madero por los beneficios que él ha hecho a su familia y a sus inmediatos. Las autoridades civiles prácticamente sin voz y el país parece caer en manos de una cantidad de semi-militares que no están sujetos a ningún orden superior.*⁴⁹

A pesar de lo anterior, la empresa disfrutó durante esos años de unas condiciones favorables en comparación con las que prevalecieron en los centros mineros del norte de la República. Debe considerarse que en 1911 la empresa iniciaba el pleno aprovechamiento de sus propiedades y había incorporado una gran cantidad de trabajadores. Un indicativo de esa situación eran los sueldos de los mineros que obtenían de \$ 1.25 a \$1.50 por día, y que contrastan con \$ 1 o menos que ofrece la paga a rurales y policías.⁵⁰

En coincidencia con los cambios políticos del país, la Compañía de Real del Monte y Pachuca inició trabajos de exploración geológica para buscar nuevos cuerpos minerales. A partir de 1912 se incrementaron las reservas de manera notable. Ocurre también el gran logro de estas tareas al localizar, en 1914 la veta de Purísima en Real del Monte.⁵¹ La situación económica del país era grave, una de las manifestaciones fue la escasez de moneda, en febrero de 1915 las empresas mineras de la región incluida la Real del Monte y Pachuca tuvieron que emitir vales para el pago de sus trabajadores, en noviembre la Comisión

⁴⁸ Ibídem, mayo 18 de 1911, f. 166.

⁴⁹ Ibídem, junio 3 de 1911, f. 179.

⁵⁰ Ibídem. Julio 15 de 1911, f. 209.

⁵¹ La exploración de los cuerpos minerales de la mina de Purísima fue realizada en 1915, después de realizar los trabajos de preparación y desarrollo del sitio, en 1918 se consiguió la plena explotación. AHCRdMyP, Serie Informes de la USSRMCO, años 1912, 1913, 1915, 1916, 1917 y 1918. Se hace la observación de que no se consiguió el informe de 1914.

Reguladora e Inspectoría de Instituciones de Crédito declaró nula la concesión al Banco de Hidalgo por no tener la suficiente garantía para sus billetes.⁵²

En 1914 ocurre la invasión a Veracruz que obligó a los norteamericanos a retirarse de la región de abril a octubre. Al frente de la compañía quedó el Ing. Genaro García. Por causa de la expedición punitiva también se tomaron medidas semejantes de junio a noviembre de 1916.⁵³ Los principales problemas para las operaciones mineras fueron a partir de 1914 debidos al embargo estadounidense a las ventas de explosivos a México y al desabasto de cianuro proveniente de Europa causa de la Primera Guerra Mundial.⁵⁴ Otro problema fue la irregularidad del transporte ferroviario por lo que la Real del Monte y Pachuca organizó sus propios trenes para traer materiales desde Estados Unidos. Para eso, la empresa firmó un convenio con los Ferrocarriles Nacionales de México para utilizar sus vías en el movimiento de trenes propios, otro tanto se acordó con el Ferrocarril Mexicano que operaba la principal ruta México Veracruz.⁵⁵

Es ante tal situación que la empresa construyó el hospital de Pachuca en 1916. Como un reconocimiento a los trabajos desarrollados en las dependencias de la Compañía de Real del Monte y Pachuca durante esos momentos convulsos. La directiva del consorcio USSRMCo emitió el siguiente comentario:

*Se reconoce la devoción al trabajo y la energía mostrada bajo las más adversas condiciones por la gerencia y funcionarios de las propiedades mexicanas. Nativos y extranjeros por igual, y reconoce el esfuerzo de las autoridades mexicanas para brindar toda la ayuda a su alcance.*⁵⁶

⁵² MANZANO, Teodomiro, Anales del Estado de Hidalgo, febrero 1 y 2, marzo 1, 6 y 13, abril 15 y 29, junio 1 y 14, julio 10.

⁵³ *The Engineering and Mining Journal*, enero 9 y mayo 2, 1914, pp. 123, 928, junio 24 de 1916, p. 1123.

⁵⁴ *Ibidem*, mayo 2 de 1914, p. 915, septiembre 19 de 1914, p. 541.

⁵⁵ En una correspondencia a Ferrocarriles Nacionales de México se menciona que la empresa disponía de 4 locomotoras, 3 cabuses y un número suficiente de carros. AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Serie Archivo de la Dirección, Sección correspondencia de D.S. Calland, hoja suelta s/f, vol. 10, exp. 21. El acuerdo de uso de vías con el Ferrocarril Mexicano fue en septiembre de 1921. Libro de Actas de la Junta Directiva, 21 de septiembre de 1921, p. 296/7.

⁵⁶ AHCRdMyP, Informe de la USSRMCo. del año de 1915.

En el año de 1918 la empresa estableció expendios en Pachuca y Real del Monte para distribuir a la población en general artículos de primera necesidad. En noviembre de ese año la preocupación más grave fue la epidemia de influenza, en una semana se ocasionaron 600 decesos en Pachuca y 200 en Real del Monte. El Departamento Médico de la empresa apoyó contra ese terrible flagelo como también lo había hecho ante otros brotes epidémicos.⁵⁷

Una medida del gobierno federal fue el convocar del 16 de noviembre al 18 de diciembre de 1918 a un Primer Congreso de Industriales, ahí se debatieron una serie de puntos de inquietud para ese sector. La convocatoria para participar en las mesas corrió a cargo de la Secretaría de Industria, distinguidos integrantes de esa oficina u otras dependencias federales coordinaron las discusiones y presentaron propuestas para discusión.⁵⁸

En la sección de minería participó como representante de la Cía. de Real del Monte y Pachuca y de otras empresas de la región, el Ing. Genaro García alto funcionario, quien se había quedado al frente de la compañía cuando la invasión de Veracruz. Entre los muchos temas que se trataron estuvo el polémico Art. 27 sobre la propiedad del subsuelo, que ocasionaba gran preocupación a los empresarios, la cual aunque no quedó del todo satisfecha, puesto que se planteó su posterior revisión, hubo un tácito acuerdo con las compañías mineras sobre el respeto de los derechos adquiridos antes de 1917⁵⁹. La reglamentación referida al Art. 123 fue muy debatida y la sección de minería presentó contrapropuestas en oposición a la jornada nocturna de 7 horas, el pago al día de descanso y en defensa a los pagos diferenciados de acuerdo a experiencia. En otras sesiones se

⁵⁷ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Serie Archivo de la Dirección, Sección Reportes, noviembre 22 de 1918, vol. 133 exp. 15, f. 104, En Real del Monte se instaló el expendio de alimentos en las instalaciones de la maestranza cuyos talleres se habían trasladado a Pachuca, desde entonces ese espacio se utilizó para actividades sociales y deportivas. Actualmente y con el enfoque señalado es administrado por el IMSS.

⁵⁸ Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, *Reseña y Memorias del Primer Congreso Nacional de Industriales*, Dirección de Talleres Gráficos, México, 1918.

⁵⁹ Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, pp.187-193, 343, 344.

comentó la seguridad en el trabajo, aspecto que fue ampliamente discutido⁶⁰, debe considerarse que es a partir de esta época cuando se asume de una manera obligatoria que la responsabilidad de la seguridad de los trabajadores corresponde a la empresa. Diversos aspectos de interés para el sector minero también fueron tratados, entre ellos los impuestos y llama la atención la oposición al establecimiento de una fábrica de cianuro en México. Este reactivo, se tenía que importar y se pide su liberación de impuestos en vez de otorgar permiso al establecimiento de una fábrica en el país.⁶¹ Uno de los argumentos que se esgrimían era el caso de la Compañía Mexicana de Explosivos, que dijeron los delegados, ejercía el monopolio de esos materiales en México.

Un lineamiento emanado del Congreso sería el de formar las Cámaras de los sectores industriales. En el caso de la minería existían antecedentes desde 1906⁶². El 21 de febrero de 1919 se creó la Cámara Minera de Pachuca, quedando como presidente el Ing. Genaro García.⁶³

Al término de la Primera Guerra Mundial ocurrió un severo desplome en el precio de la plata por lo que las empresas pasaron por un momento difícil. Solicitaron ayuda de la presidencia de la república y del gobierno del estado pidiendo reducción de impuestos y ajuste de salarios. El documento publicado en forma de telegrama y remitido por la Cámara Minera de Pachuca permite conocer el personal ocupado por las principales compañías mineras en el año de 1920.

[Empresa]	[Personal]
* <i>Compañía de Real del Monte y Pachuca y compañías administradas o controladas por ella.</i>	9,500
* <i>Compañía de Santa Gertrudis, Beneficiadora de Pachuca, Compañía de Inversiones Mineras, Mexican Corporation</i>	4,000
* <i>La Blanca y Anexas</i>	2,000

⁶⁰ *Ibíd.*, pp. 219-225.

⁶¹ *Ibíd.*, p. 246.

⁶² "Formación Cámara Minera", en: *El Herald*, Cd. de México, abril 22 de 1906. La nota comenta la reunión que con ese motivo se llevará a efecto en la casa del Senador Pablo Martínez del Río.

⁶³ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Serie Archivo de la Dirección, Sección Administración, vol. 63, exp. 40, f. 3.

* <i>Negociación Minera de San Rafael y Anexas</i>	1,500
* <i>Negociación de Maravillas y San Francisco</i>	1,200
* <i>Compañía de la Hacienda de Purísima Grande y Mina del Fresnillo</i>	1,000
[Total:	19,200] ⁶⁴

La difícil situación referida antes no pudo ser conjurada por ayuda gubernamental y desembocó en despido de trabajadores en los años siguientes. Los conflictos generados se comentan en el apartado 1.2.4.

1.2.3 Expansión y crisis

En 1918 quedó habilitado y en operación el tiro Hermoso en el bosque del Hiloche de Real del Monte para aprovechar la veta de Purísima, que se convirtió en el más importante hallazgo de la compañía norteamericana. A partir del año siguiente con la adquisición de los derechos de la pachuqueña Compañía de Santa Ana, se tiene un proceso de expansión regional muy importante. Un año después establece un contrato con la Compañía Metalúrgica de Atotonilco El Chico para trabajar la mina y veta de Arévalo a través de las instalaciones de Tiro Alto. En Real del Monte se adquieren derechos en las Compañías de San José y de Santa Margarita, ambas propiedades de los sucesores de José de Landero y Cos.⁶⁵ Ante el agotamiento de yacimientos ricos, algunas empresas cerraron operaciones y la Real del Monte entró en acuerdos para trabajar sus fondos, tal es el caso de la Negociación de Maravillas en 1921.⁶⁶ Aparte de eso, adquiere derechos para explotación de fondos mineros propiedad de particulares o de pequeñas

⁶⁴ AHCRdMyP, Administración Oficina de Pachuca, vol. 63, exp. 52, ff. 1,2.

⁶⁵ José de Landero y Cos (1831-1912) pertenecía a una familia veracruzana en la que había habido un gobernador de Veracruz y otros políticos importantes. Se desempeñó como funcionario de aduanas en la costa occidente del país. Fue director de la Compañía entre 1874 y 1900 siendo sucedido por su hijo el Ing. Carlos F. de Landero. En: GARIBAY KINTANA, Ángel María (Director), *Diccionario Porrúa de Historia Biografía y Geografía de México*, 4ª. Edición, México, p. 1155. Los Landero eran propietarios de varias concesiones y participaron de manera particular en actividades mineras a través de empresas grandes como la Santa Gertrudis o pequeñas como las mencionadas San José y Santa Margarita.

⁶⁶ Sobre un sitio que fue propiedad de la Negociación de Maravillas puede consultarse: BELTRÁN VARGAS, Yolanda Isabel, *Patrimonio industrial minero: El caso de la hacienda de beneficio San Buenaventura, en Pachuca, Hidalgo*. Escuela Nacional de Antropología e Historia, Tesis de Licenciada en Arqueología, México, 2004, 180 pp. + plano.

compañías que no tenían recursos para emprender obras de la magnitud necesaria para conseguir operaciones satisfactorias bajo un punto de vista económico. En la hacienda de Loreto se construye en 1922 la planta de refinación electrolítica para separar la plata y el oro constituyendo un ahorro en el proceso y además proporcionando servicio a otras empresas.

En 1924 como parte de la inspección realizada en el distrito, el Ing. José Aurelio García nos proporcionó una imagen de las minas de la empresa. En cuanto a la organización anota que trabaja fondos mineros propios y de otras empresas bajo la base de una participación de los productos, deducidos los gastos de explotación y del beneficio de minerales, todo ello estipulado en los contratos respectivos. A continuación se presentan algunos aspectos relevantes tomados del informe publicado por entregas en el Boletín Minero.

La explotación se hace por grupos de fundos mineros, teniendo cada grupo su superintendente y administración separada y para todas las minas de la compañía se tienen en las oficinas generales establecidas en Pachuca, los departamentos de dibujo, ensaye, beneficio, geológico, de seguridad, de compras, de ingenieros y los departamentos mecánico establecido en la maestranza y médico en el hospital de Pachuca [...] en Real del Monte cuenta con hospital.

Grupos localizados en Pachuca

San Juan Pachuca. Tiene gran importancia para la empresa y por el tiro del mismo nombre se extrae la mayor parte del mineral de Pachuca.

Rosario. Su actividad ha disminuido aunque no se prevé un cierre próximo.

El Porvenir. Se trabaja en pequeños lotes que se conducen a lomo de mula a la hacienda de Loreto. Se piensa conectar con San Juan Pachuca.

Dolores El Encino. Se estima su próximo agotamiento.

Camelia y Paraíso. La parte occidental de este grupo se ha agotado pero la oriental tiene aún importantes perspectivas.

Santa Ana. Esta en trabajos de desarrollo, tiene criaderos de dimensiones importantes con leyes relativamente altas y además le quedan por explorar grandes extensiones de terreno.

San Anselmo. Grupo con trabajos intermitentes, ahora se están limpiando antiguas labores para explotar bordos y costillas dejados por explotaciones anteriores, se pepenan retagues antiguos y terreros de las minas.

Grupos localizados en Real del Monte

Purísima Concepción. Es uno de los grupos más importantes de la empresa.

Dificultad. Se trabajan retagues antiguos.

Dolores. Se esta desarrollando la veta de Santa Margarita que se localiza al sur de la Vizcaína, en donde se creía que ya no había vetas.

San Juan Vizcaína. Comprende minas muy antiguas que se están desarrollando.

Providencia. Esta en fase de exploración.

Cabrera. Existe aquí mucho agua, se ha pensado varas veces en cerrarlo pero recientes descubrimientos le dan importancia.

Moran o Escobar. Actualmente no se trabaja.

Resquicio. Actualmente no se trabaja.

La Rica. Trabajarán los fondos de la Compañía de San José, esta en obras de preparación y desarrollo.

Grupos localizados en El Chico

Arévalo. Tiene desarrollados mas de 540,000 toneladas de mineral con ley mínima de 500 gr. de plata por tonelada, puede asegurarse que aún queda mucho por descubrir.

Aparte se tienen fondos aislados o grupos que no se trabajan o tienen una o dos obras.⁶⁷

El autor también refiere el grupo de Barron, localizado en Mineral de la Reforma que había dejado de operar en 1922 y que había sido de gran importancia desde fines del siglo XIX.⁶⁸

La información cuantitativa que procede del informe referido se presenta en las figuras 1.8, 1.9 y 1.10 en las que se ilustra la producción, leyes de mineral y el personal asignado a cada grupo de minas. Como se señaló al inicio de este apartado había diversidad de situaciones, un primer aspecto había sido el

⁶⁷ GARCÍA, José Aurelio, *op. cit.*, tomo XVIII, octubre 1924, pp. 142-145, diciembre 1924 233-242, tomo XIX, enero 1925, pp. 7-11.

⁶⁸ El autor comenta que la mina de Barron se dejó de operar por el alto costo de mantener abiertos y en condiciones de seguridad los tiros y túneles ya que el terreno era muy inestable. En el último año tenía leyes de 300 gr. de plata con 1.5 gr. de oro obteniéndose un promedio de 222 toneladas al día dando empleo a 400 trabajadores. Se señala que aún quedó una importante cantidad de mineral sin extraerse. *Ibidem. op. cit.* octubre 1924 pp. 155.

aprovechar minerales dejados por la compañía mexicana y que los métodos de extracción y sobre todo de beneficio no permitían aprovechar de manera económica. Una observación referida al grupo de minas de Dificultad permite conocer la importancia de tal situación:

*... la compañía ha venido explotando estas minas casi exclusivamente por sus retajes antiguos, en un período de 10 años sin agotar esos retajes.*⁶⁹

Sin embargo, a partir de 1925 aparecen signos alarmantes al no haber podido localizar las exploraciones geológicas nuevos yacimientos. En el informe del Director a los accionistas de 1925 se indica:

*Pese a la mucha exploración no se ha encontrado un cuerpo nuevo de mineral de relativa importancia.*⁷⁰

Al año siguiente el comentario fue:

*Es con sentimiento que les comunico que con los nuevos cuerpos localizados solo hemos logrado un ligero éxito.*⁷¹

Ante lo anterior, el director M.H. Kuryla planteó en marzo de 1929 un plan de economías que se conocerán como el Proyecto de Centralización. Eso tenía por objeto el cerrar la hacienda de Guerrero en Real del Monte, ampliar la de Loreto en Pachuca desmantelar los sistemas de cable aéreo y establecer un acarreo subterráneo para extraer todo el mineral por el tiro de San Juan Pachuca, próximo a la hacienda de Loreto.⁷² Este proyecto iniciado en 1929 permitió a la empresa ahorros significativos y enfrentar en mejores condiciones las severas condiciones económicas internacionales. En contraparte significó un severo despido de trabajadores:

[Estimamos] suspender 140 trabajadores de Loreto a principios de enero, en marzo 220 hombres de minas y del cable aéreo y 325 de Guerrero y

⁶⁹ *Ibidem*, op. cit. diciembre 1924, p. 236.

⁷⁰ AHCRdMyP, Serie Archivo de la Dirección, Correspondencia M.H. Kuryla, vol. 5 exp. 4, ff. 1, 2.

⁷¹ *Ibidem*. vol. 5, exp. 6, ff. 7, 8.

⁷² AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, sesión de marzo 25 de 1929, f. 24.

*Velasco, de estos últimos 100 se ocuparán por dos o tres meses para dismantelar.*⁷³

La anterior situación se agravó por el término de operaciones en El Chico en julio de 1930.⁷⁴

En cuanto a las operaciones mineras, los últimos descubrimientos importantes de la empresa norteamericana se localizaron al sur de Pachuca y significaron construir dos minas nuevas la de El Álamo (1933) y la de Paricutín (1942).⁷⁵

1.2.4 Sindicalismo y Segunda Guerra Mundial

Desde el siglo XIX se tienen antecedentes de organizaciones de los trabajadores. El 5 de mayo de 1893 se firmó el Reglamento de la Sociedad de Perforistas “Auxilios Mutuos” de Mineral del Monte y Pachuca, la cual atendía sobre todo los accidentes, enfermedades y fallecimientos de sus agremiados.⁷⁶ A partir de la organización de los trabajadores de Real del Monte, éstos construyeron un hospital. Después de que la compañía pasó a los norteamericanos, se acordó el que la empresa adquiriera el hospital y lo equipara con los adelantos médicos de la época para darles atención a los trabajadores.⁷⁷

Con los conflictos derivados de la Revolución Mexicana, hubo huelga de los mineros en mayo de 1917⁷⁸. Es sin embargo en 1923 cuando se tiene un grave conflicto con los trabajadores de los talleres, los cuales con apoyo de

⁷³ AHCRdMyP, Administración, correspondencia a oficina en Boston, diciembre 20 de 1929, vol. 57, exp. 6, ff. 106 y 106.

⁷⁴ AHCRdMyP, Fondo Compañías Filiales, Libro de Actas de la Junta Directiva de la Compañía Metalúrgica de Atotonilco el Chico, julio de 1930.

⁷⁵ PROBERT, *op. cit.* 1963, p. 106.

⁷⁶ SAGREDO, Juan Luis *et. al.*, 1988, pp. 377 a 383. En la referencia se tiene la transcripción del reglamento.

⁷⁷ En un oficio al respecto se anota: “el 1 de diciembre de 1906 la Compañía tomara posesión del hospital de los barreteros y las cosas que le correspondan”, AHCRdMyP, correspondencia general, noviembre 27 de 1906, vol. 48, exp. 37, ff. 1, 2.

⁷⁸ MANZANO, Teodomiro, *op. cit.*, mayo 15 de 1917.

organizaciones nacionales estallaron el 6 de enero una huelga que es respondida por la compañía con un paro patronal. La intermediación del gobernador del estado Amado Azuara, de enviados de la CROM y de la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, y sobre todo la presencia del secretario de gobernación Plutarco Elías Calles, permitieron que se reanuden los trabajos el día 17 de enero.⁷⁹ Mientras tanto se discutió en las siguientes semanas con las partes el Reglamento General de los Talleres en el que se reconoció entre otras cosas el derecho a vacaciones anuales.⁸⁰

Una consecuencia del movimiento laboral antes referido fue que la Cámara Minera de Pachuca tomó la iniciativa de formar una agrupación patronal a nivel nacional. A continuación se cita un fragmento de la invitación que se turnó a todas las empresas mineras del país.

Muy Señor nuestro:

Los obreros todos en el país se han unido ya, formando agrupaciones fuertes que además en mayor o menor medida están apoyadas por los partidos políticos militantes cuyas tendencias en general son de radicalismo. [...] Con objeto de contrarrestar este movimiento general, esta Cámara ha tomado la iniciativa de establecer en la Cd. de México una oficina donde estén representadas debidamente todos los intereses mineros y metalúrgicos de la Nación, constituyendo una agrupación fuerte y si es posible, más fuerte que los contrarios; y para ello hacemos a Usted una muy formal invitación para que los negocios que Usted representan sean un miembro de la nueva agrupación que llamaremos Cámara Nacional de Minería [...]

Cámara Minera de Pachuca

*Firma de Genaro P. García
Presidente⁸¹*

⁷⁹ *Ibíd.*, enero 6, 8, 10, 11, 12, 17. de 1923.

⁸⁰ Una investigación sobre este movimiento se tiene en CÁRDENAS, GARCÍA, Nicolás, *op. cit.* pp. 275 a 277.

⁸¹ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Serie Archivo de la Dirección, Sección Administración, vol. 63, exp. 40, ff. 47, 48, agosto 16 de 1923

Se hace la observación que el Ing. García era funcionario de la Compañía de Real del Monte y Pachuca y la organización patronal sería la base de la actual Cámara Minera de México que se formalizó en 1937.⁸²

Refiere el investigador Nicolás Cárdenas García que después del conflicto con los trabajadores de los talleres, la Compañía Real del Monte y Pachuca y la Secretaría de Trabajo se abocaron a revisar y acordar modificaciones al reglamento general de la empresa para ponerlo en vigencia en 1923. El carácter de ese documento era sobre todo de procedimientos y estaba escrito desde la perspectiva de control de la empresa. Los trabajadores agrupados ahora en la Confederación Minera Hidalguense, adscrita a la Confederación Regional de Obreros Mexicana (CROM) plantearon en 1925 modificaciones al reglamento a fin de atender los intereses de los trabajadores tanto de la Compañía de Real del Monte y Pachuca como los de la Santa Gertrudis. Después de las negociaciones se llegó a la firma del Reglamento General de Trabajos que cubría a todos los trabajadores.⁸³

Una política del momento fue la formación de sindicatos nacionales, así se organizó en 1933 el sindicato ferrocarrilero. En 1934 se organizó el Sindicato Nacional de Trabajadores Mineros y Metalúrgicos y Similares contando con el apoyo del gobierno y la participación de los mineros de Pachuca y Real del Monte, y dejando fuera a la CROM. El 1 de agosto de 1934 se firmó el contrato colectivo que tuvo observancia entre todos los trabajadores y empresas mineras de la región. Al interior de las empresas se eliminan las agrupaciones por oficios que ocasionaban adscripciones a diversos sindicatos.⁸⁴ Una lista de raya general del

⁸² En el portal de la Cámara Minera de México se remite a la formación de una primera agrupación en 1906 donde figura Merrill D. Spaulding, primer director de la Compañía Real del Monte y Pachuca del período norteamericano. Refiere una reorganización en 1923 que corresponde con la convocatoria antes referida y en 1936 se liquida la Cámara para al año siguiente adoptar el nombre que aún ocupa. <http://www.camimex.org.mx/lacamara/origen.html>.

⁸³ CÁRDENAS GARCÍA, Nicolás, *op. cit.* pp. 280 a 294. El 2 de Febrero la Junta Directiva autorizó al director M.H. Kuryla la firma del Reglamento de trabajo, AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, febrero 2 de 1926.

⁸⁴ SAGREDO, Juan Luis, *et. al.*, *op. cit.* pp. 214-230, GIMÉNEZ CACHO, Luis Emilio, *op. cit.*, pp. 7-38, 324 pp., ÁGUILA M., Marcos Tonatiuh, *op. cit.* pp. 127-168.

año de 1933 apuntaba un total de 5,732 trabajadores, de los cuales 4,091 tenían trabajos subterráneos y 1,204 laboraban en la superficie. En documentos del año siguiente, se indica que la relación de empleados con puestos de confianza y funcionarios era de 199, de los cuales 94 eran mexicanos, 91 extranjeros y había 14 plazas vacantes.⁸⁵ Véase la figura 1.11.

En el caso de los funcionarios la mayoría fueron norteamericanos. Los extranjeros tenían posibilidad de pasar cada año sus vacaciones en los Estados Unidos. Para la formación de sus hijos contaron con la Escuela Americana de Pachuca que con el apoyo de la empresa operaba en la antigua hacienda de La Unión. Después de la educación básica eran enviados a los Estados Unidos para que continuaran allá su formación. Eso contrastó con lo ocurrido con los ingleses del siglo XIX quienes en gran número se arraigaron a México y formaron aquí a sus familias. En esto puede considerarse que influyó la mejora en medios de comunicación, el ferrocarril permitía desplazarse con facilidad para quien tenía posibilidades de pagar el servicio.

Un aspecto a considerar era que el idioma en la correspondencia de la empresa y reuniones de alto nivel era el inglés, aunque los norteamericanos también hablaban español. En general la empresa observó la política de emplear técnicos que tuvieran experiencia previa en actividades análogas. La formación de su personal no fue un aspecto atendido por la compañía como prioritario y se limitó principalmente a permitir visitas de estudiantes de diversos niveles y prácticas profesionales a egresados de instituciones superiores. Lo último servía también para el reclutamiento de personal.⁸⁶ En un artículo sobre la USSRMCo, se refiere que el consorcio mantuvo relaciones con las Universidades de Colorado y

⁸⁵ AHCRdMyP, Relaciones Laborales, Lista de raya, semana que finaliza en agosto 2 de 1933, Funcionarios y empleados de confianza, junio 29 de 1934, vol. 124, exp.17, ff. 169-176

⁸⁶ Los practicantes recibían alojamiento y alimentos en la casa para visitantes que la empresa sostenía y una gratificación económica al término de su estancia. Información obtenida mediante la entrevista realizada en febrero de 1987 al Ing. José Sánchez Garnica, egresado de la Universidad de Guanajuato, quien fue practicante en 1945 y ya graduado fue contratado por la empresa.

de Utah para recibir practicantes de esas instituciones.⁸⁷ En el nivel educativo elemental, la empresa sostuvo escuelas para trabajadores en Pachuca y Real del Monte,⁸⁸ para el Instituto Científico y Literario institución antecedente de la actual Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, la empresa aportó premios a los mejores alumnos de cada generación egresada del bachillerato.⁸⁹

Con el despido de muchos trabajadores en los primeros años de la década de 1930, se agravó un problema que existía de mucho tiempo atrás: el del robo de mineral. Localmente conocidos como metaleros, estos individuos volteaban las canastillas del cable aéreo donde se transportaba el mineral o con más frecuencia, se introducían por tiros o socavones abandonados para sustraer rocas de mineral rico. Después vendían lo extraído a procesadores clandestinos. En una carta de 1935 se hace referencia a una conversación de funcionarios de la empresa con el gobernador del estado, Ernesto Viveros posterior a un incidente en el que los guardas de la empresa abrieron fuego sobre metaleros, afortunadamente sin desgracias personales. Lo ahí expresado nos indica la difícil situación de empresa, desempleados y gobiernos.

[...] el gobernador dijo que el presidente [Lázaro Cárdenas] creía que nuestros guardas deberían ser clasificados como “guardias blancas” y que él se oponía a tales organizaciones policiales privadas. Que el presidente tenía una firme idea de que a los metaleros y a todos los desempleados de este distrito se les debían entregar terreros y minas de las compañías para que ellos las trabajaran como cooperativas [...]

El gobernador repetidamente dijo que él conocía las condiciones que aquí existían y que muchos de los metaleros no eran mineros y que no tenían derechos para consideraciones por parte de la compañía. Él también

⁸⁷ MIXTER, George, *op. cit.* p. 529. No se pudo corroborar esta información ya que aún no están disponibles para consulta los expedientes personales de los empleados.

⁸⁸ La escuela primaria para niños y nocturna para trabajadores de Real del Monte, se instaló en lo que habían sido los talleres de la maestranza. El resto de las instalaciones se dedicaron para actividades deportivas y sociales. LARSON, C.B., “The Famous Old Mining District of Pachuca, Mexico”, en: *Ax-I-Dent-Ax. Employees Magazine*, United States Refining and Mining Company, august 1929, p. 12.

⁸⁹ En noviembre de 1927 el director M.H. Kuryla se disculpó de no asistir a la clausura de cursos y pidió que en su nombre se entregaran \$ 100 oro nacional al alumno más aventajado y ofreció continuar el premio para el año siguiente. AHCRdMyP, Correspondencia Kuryla, noviembre 25 de 1927, vol. 26, exp. 19, f. 85. El reconocimiento se continuó impartiendo, durante el período de la compañía paraestatal se llamaba “Premio Compañía de Real del Monte y Pachuca”.

dijo los principales ganadores de este asunto eran los compradores de metal robado, que nuestros guardas eran miembros del sindicato y no guardias blancas [...] sugirió que la compañía hiciera una propuesta definitiva con miras a lo que pudiera hacerse con los desempleados.⁹⁰

La empresa propuso que las pequeñas minas inactivas quedaran a cargo de contratistas conocidos localmente como “terroristas” con el acuerdo que sus productos fueran entregados a la empresa que también les proporcionaría asesoría, materiales y herramientas. Tales condiciones fueron aceptadas por el sindicato. Eso encajó con la política de ahorros que la empresa había ejercido desde 1929 y considerando las demandas de las nuevas relaciones con los trabajadores, se enfocó a las minas más productivas. Con objeto de darse una idea de la cantidad de minas o terreros, se tiene información de que en 1945 en Pachuca se trabajaban 13 y en 1948 en Real del Monte había 11.⁹¹ No se localizó la cantidad de personal ocupado por los contratistas.

Ante el agotamiento de sus reservas de minerales ricos y disminución de utilidades, se liquidaron empresas importantes como la Dos Carlos (antes llamada Santa Gertrudis) en 1937 y San Rafael en 1939. Con apoyo del gobierno federal se convirtieron en cooperativas entregadas a los trabajadores.⁹² Se señala la coexistencia en esos años de tres formas de trabajo en las minas, en primer lugar se tiene a la gran empresa representada por la Compañía de Real del Monte y Pachuca que queda como única operadora privada. Otra forma de trabajo fueron los pequeños contratistas que de manera “independiente” pero aceptada y apoyada por el Sindicato entregaban sus productos a la empresa privada. Finalmente las cooperativas mineras que inician con gran expansión sus trabajos pero que agotarán sus reservas de manera acelerada y los fondos de Dos Carlos

⁹⁰ AHCRdMyP, Relaciones Laborales, Correspondencia, Ely a Moore/Kuryla, septiembre 25 de 1935, vol. 125 exp. 34, ff 19-22.

⁹¹ AHCRdMyP, caja Departamento Eléctrico, exp. Características de los motores en los terreros, febrero 1 de 1945, agosto 17 de 1948, s/f.

⁹² SAGREDO, Juan Luis, *et. al., op. cit.* pp. 213 BERNSTEIN, *op. cit.* pp. 205, 206.

y San Rafael fueron entregados a la Compañía de Real del Monte y Pachuca ya en la administración paraestatal en 1955 y 1956 respectivamente.⁹³

En relación a los dividendos que la Compañía de Real del Monte y Pachuca repartió entre sus accionistas, en la figura 1.12 se anexa un gráfico de dividendos en dólares por acción en el que se cubre la temporalidad de 1908-1938. Sus montos anuales cambian de acuerdo a las condiciones internas y externas de la empresa.⁹⁴ Se puede apreciar un progresivo aumento en las utilidades exceptuando el año de 1911, el cual puede ser explicado por las adecuaciones que se hicieron a las haciendas de beneficio en ese año y que se comentan en el apartado 5.2.1. La Revolución Mexicana ocasionó un brusco descenso en 1914 y 1915. Para los años de 1917 a 1919 no se tienen reportes de dividendos. En 1920 y 1921 se superan los montos alcanzados antes del conflicto. Para 1922, 1926 y 1932 no se registran dividendos. Se puede considerar que las condiciones fueron más favorables a partir de 1933 y se alcanza el máximo de entrega de dividendos en 1935. Los montos de 1936 y 1937 acusan descensos importantes y en 1938 solo se localiza una entrega.

El último reparto de dividendos registrado en México corresponde al 9 de marzo de 1938. Después de esa fecha y en coincidencia con el momento de la expropiación petrolera no hay referencia de los dividendos en los documentos consultados en el Archivo Histórico de la Compañía de Real del Monte y Pachuca. Se hace la observación de que a partir de ese año las juntas de la Mesa Directiva y por consiguiente los repartos de dividendos se decidieron en Boston, en las

⁹³ ORTEGA MOREL, Javier, "Negociación Minera de San Rafael y Anexas, Pachuca, Hgo. México", en: *Apuntes Hidalguenses*, núm. 6, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Marzo de 1993, pp. 27-50.

⁹⁴ Los repartos de dividendos ocurrían en fechas diversas a lo largo del año y no se apreció alguna regularidad en número o monto. El sistema de numeración tenía continuidad con el utilizado por la administración mexicana y fue usado hasta 1917. El monto de la utilidad aparece en pesos hasta 1915 en que se anota en dólares. AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, libros de actas de la Junta Directiva: 1906 a 1915, vol. 1 exp. 3, 1915 a 1925, vol. 3, exp. 14, 1925 a 1928, vol. 3, exp. 16. Copias mecanoscritas de las actas de la Junta Directiva: 1924 a 1927, vol. 3, exp. 15, 1928 a 1933, vol. 3, exp. 17, 1933 a 1939, vol. 3, exp. 18. También se revisaron las copias de 1940 a 1945 vol. 4, exp. 19, sin encontrar referencias a utilidades.

oficinas de la United States Smelting Refining and Mining Co. Al consultar las actas de 1947 en el fin de la administración norteamericana, se encontró una referencia de expedición de dividendos con una numeración diferente a la que se usó en México.⁹⁵

Los directivos de la Compañía de Real del Monte y Pachuca se mantuvieron informados de los acontecimientos políticos nacionales. El asunto de la huelga de los trabajadores petroleros de 1937 fue seguido con gran atención. En los expedientes se tienen recortes de periódicos tanto de México como de Estados Unidos donde se comentan los sucesos. En un reporte a las oficinas de Boston, el director menciona lo siguiente:

[La] huelga de las compañías petroleras excepto Mexican Gulf y Petromex, [ocasiona] escasez y alto precio de la gasolina aunque estamos bien provistos de suministros de aceite.

Se escucha de huelgas solidarias pero el Presidente Cárdenas en declaraciones de mayo 30 de 1937, hace un llamado para que los otros sindicatos se abstengan, indica que no incidirán en el conflicto y sí afectarán otros sectores.

En un discurso de Lombardo Toledano se mencionó: Esto es el primer golpe al imperialismo, [...] debemos mostrar coraje y no irnos a la extrema izquierda que plantea una huelga general [...] no debemos alinearnos con Trotzky que representa la contrarrevolución [...] una huelga general es contra el gobierno y no estamos contra el gobierno.⁹⁶

La pugna obrera patronal antes referida, desembocó en la expropiación petrolera. Pero el gobierno mexicano pudo evitar que hubiera huelgas en otros sectores y la actividad minera de las compañías extranjeras continuó su curso con aparente normalidad.

La efervescente situación laboral fue contenida por indicaciones del propio Presidente Cárdenas quien declaró sobre las negociaciones del contrato colectivo

⁹⁵ Se refiere el dividendo con la numeración 281 de la nueva cuenta y consiste en una utilidad de 140 dólares por acción. AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, copia mecanoscrita de las actas de la Junta Directiva, enero 6 de 1947.

⁹⁶ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Serie Archivo de la Dirección, Sección Relaciones Laborales, carta de M. H. Kuryla a Mr. Moore, mayo 31 de 1937, vol. 125, exp. 34, ff. 28-29.

número seis del Sindicato Minero, que debía atenderse a mejorar la producción, la cual es una responsabilidad compartida también por los trabajadores.⁹⁷

Aparte de lo anterior, aspectos externos presionaban a la empresa ya que desde diciembre de 1937, los Estados Unidos habían reducido la compra de plata mexicana y en abril de 1940 suspenden las compras del metal por el Departamento del Tesoro de los Estados Unidos, a eso se añade un descenso en el precio de la plata de 43.2 centavos de dólar la onza en 1938 a 34.773 en 1940 y 1941.⁹⁸ Ante tal situación económica el gobierno federal había solicitado en 1939 un anticipo de impuestos a las compañías mineras:

En una reunión de la Junta directiva en Boston [...]: El Sr. Hight informó que el gobierno ha solicitado de las más importantes compañías mineras en México por conducto de la Asociación Mexicana de Minería, de la que dichas compañías son miembros, que hagan un pago adelantado de impuestos por un monto total de 1'400,000 USD, que sería reembolsado dentro de cierto tiempo aplicado al pago una parte del impuesto del 12 % de exportación, y del impuesto de producción de metales [...]

Después de considerado y discutido el asunto, por el voto unánime se tomó el siguiente acuerdo:

Se autoriza la participación de esta compañía en el anticipo de impuestos [...] el monto de participación de esta compañía será 270,000 USD

No habiendo mas asunto que tratar, se levanto la sesión y para constancia se levanta esta acta por triplicado, en ingles y español, enviándose dos copias a Pachuca para los fines legales pertinentes.⁹⁹

En comentario adicional a la referencia, se indica que para hacer frente a tal desembolso, será necesario solicitar un préstamo bancario. Se localizó para esa época otros anticipos de impuestos solicitados ahora por el gobierno del estado:

⁹⁷ "Una cláusula recomendable", *Excelsior*, diciembre 21 de 1938, nota adjunta en documentos del AHCRdMyP, vol. 131, exp. 4, f. 136.

⁹⁸ de la PEÑA, Sergio, AGUIRRE, Teresa, *De la Revolución a la Industrialización*, col. Historia Económica de México núm. 4 coordinada por Enrique Semo, UNAM, Océano, México, 2006, p. 343. Los precios de la plata se consultaron en: ANTÚNEZ ECHEGARAY, Francisco, *op. cit.*, p. 504.

⁹⁹ AHCRdMyP, Correspondencia dirección, vol. 5 exp. 23, ff. 1-3.

[En 1940] *el gobierno del estado solicitó un anticipo por impuestos de \$ 110,000 pesos que se considerarán como \$ 22,000 dólares al tipo de cambio 5 a 1.*¹⁰⁰

[En 1941] *el gobierno del estado solicitó un anticipo por impuestos de \$ 125,000 pesos que se considerarán como \$ 25,733.4 dólares al tipo de cambio 4.86 a 1.*¹⁰¹

La Segunda Guerra Mundial planteó una reestructuración de la política de los Estados Unidos y en ese esquema como parte de una serie de medidas de acercamiento a México, se reanudó la compra de plata mexicana a partir de julio de 1941.¹⁰² Durante el conflicto bélico el precio de la plata tendió a subir y se estabilizó en 44.75 centavos de dólar la onza durante los años de 1943 y 1944.¹⁰³ En el aspecto laboral las condiciones de trabajo quedaron contenidas dentro de los años bélicos, una huelga general del sindicato minero estalló en junio de 1944 pero las condiciones de guerra ocasionaron que el movimiento durara pocos días. Para ayudar a las empresas productoras de plata el gobierno les otorgó apoyos fiscales.¹⁰⁴ Otra consecuencia de la guerra fue una severa escasez de refacciones que debieron suplirse con elementos restaurados o fabricados localmente.

1.2.5 Retiro de los norteamericanos

Al fin del conflicto bélico la disminución de reservas, la caída del precio de la plata y los planteamientos del sindicato minero y los impuestos que aplicó el gobierno, hicieron difícil a los norteamericanos el mantener sus niveles de utilidad. En 1945 ocurrió un aumento del precio de la onza de plata a 70.75 centavos de dólar, con eso el gobierno suspendió subsidios a las empresas productoras de plata, además los trabajadores solicitaron un aumento proporcional y estallaron una huelga que

¹⁰⁰ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, agosto 23 de 1940, f. 11.

¹⁰¹ *Ibidem*, octubre 22 de 1941, f. 34.

¹⁰² RIVERO, Martha, "La política económica durante la guerra", en: LOYOLA, Rafael (coordinador), *Entre la guerra y la estabilidad política. El México de los 40.*, CONACULTA, Grijalbo, col., Los Noventa, núm. 9. México, 1986, p. 23.

¹⁰³ ANTÚNEZ ECHEGARAY, Francisco, *op. cit.*, p. 504.

¹⁰⁴ SARRIEGO, Juan Luis, *et. al.*, 1988, pp. 158, 234-235.

duró cuarenta días, del 31 de diciembre de 1945 al 8 de febrero de 1946.¹⁰⁵ En agosto de 1946 el precio de la onza de plata llegó a 90.125 centavos de dólar y el gobierno propuso un manejo más prudente del excedente pero la situación en general no mejoró. A fines de ese año los directivos solicitaron apoyo al equipo del Lic. Miguel Alemán para disminuir impuestos¹⁰⁶. En un memorial dirigido al presidente de la República en enero de 1947 se amplía la problemática de la empresa:

- *Es necesario desarrollar las minas en la misma o mayor proporción que antes, eso requiere inversiones.*
- *En los últimos cuatro años en las tareas de exploración no ha habido ningún bloque costeable, antes de eso se han hecho muchas obras costosas y de bastas extensiones.*
- *Las obras en los sitios de trabajo han quedado muy lejanas –varios kilómetros- lo que reduce el tiempo productivo de los trabajadores.*
- *Pese al aumento en el precio de la plata hay más costos por las distancias, refacciones, etc.*
- *En 1940 se entregó en vez de aumento al salario tabulado seiscientos cincuenta mil pesos para fines sociales que el sindicato repartió a discreción.*
- *Se considera no adecuada la petición del jefe de impuestos especiales por pedir sacar minerales de leyes altas, se pone como ejemplo a las cooperativas que han depredado sus yacimientos.*

*Finalmente se pide ayuda inmediata para evitar el inminente fin de las operaciones y se solicita un subsidio equivalente a los impuestos sobre la plata y el oro.*¹⁰⁷

Con una nueva política en donde se acaba el impulso a las cooperativas, el gobierno decidió comprar las propiedades y hacer de la Compañía Real del Monte y Pachuca una empresa paraestatal. En octubre de 1947 a través de Nacional Financiera el gobierno adquirió acciones por valor de tres y medio millones de

¹⁰⁵ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, reunión del 26 de abril de 1946, f. 4.

¹⁰⁶ En correspondencia enviada al asesor técnico del Comité Nacional Alemanista, a fines de 1946 la empresa expuso sus problemas a partir del año de 1944: agotamiento progresivo de los yacimientos minerales de leyes relativamente altas, múltiples impuestos en alza y elevados costos de operación principalmente por aumentos salariales. AHCRdMyP, Serie Correspondencia de la Dirección, vol. 65 exp. 78, noviembre 27 de 1946, ff. 146, 147.

¹⁰⁷ *Ibidem*, ff. 154-158.

dólares obteniendo así el control de la compañía.¹⁰⁸ Los empleados norteamericanos permanecieron en sus cargos, el primer director del período paraestatal (1947-1990) fue el Ing. Enrique Ortiz quien recibió nombramiento en abril de 1948.¹⁰⁹ Los mandos medios fueron relevados por personal e ingenieros mexicanos en un proceso paulatino que duró algunos lustros.

1.3 Las minas de la empresa en el período de estudio

1.3.1 Minería y minas

La minería como actividad extractiva contempla diferentes etapas que van del descubrimiento de yacimientos a la explotación y de ésta al agotamiento o abandono. Cuando la Compañía de Real del Monte y Pachuca fue adquirida en 1906 por los norteamericanos, el distrito minero había sido trabajado desde tres siglos atrás. Se disponía de minas en diferentes condiciones, algunas de ellas eran productivas, otras habían agotado sus reservas y también las había abandonadas desde mucho antes. También debe considerarse que la empresa desde un principio buscó nuevos sitios para extraer minerales y expandió sus actividades al adquirir gran cantidad de propiedades mineras en la región.

Un aspecto muy importante fue la aplicación a gran escala de los desarrollos científicos y tecnológicos de la época de la Segunda Revolución Industrial. De una manera general se puede decir que se plantearon nuevas formas de trabajo requiriendo habilidades muy especializadas y configurando áreas específicas para el desarrollo de las mismas. Un ejemplo de eso fue el caso del departamento geológico, aspecto que se comentó en el apartado anterior y cuyos trabajos son de gran importancia en las fases iniciales de la vida de una mina. Durante los años de trabajo de los norteamericanos (1906-1947), se definen

¹⁰⁸ “Venta de la Real del Monte”, “La Nacional Financiera ha comprado acciones” en: *El Sol de Hidalgo*, Pachuca, septiembre 13 y octubre 4 de 1947. La formación de las paraestatales mineras puede verse en: SARRIEGO, Juan Luis, *et. al.* p. 190 y 191.

¹⁰⁹ “Administración de mexicanos a la Real del Monte”, en *El Sol de Hidalgo*, abril 24 de 1948.

las etapas del trabajo de las minas. A continuación se enuncian y describen una propuesta de etapas de la actividad minera subterránea:

- 1) **Prospección**, que es la búsqueda de minerales metálicos o no metálicos.
- 2) **Exploración**, la cual consiste en la determinación lo más precisa posible del tamaño y valor del depósito mineral, utilizando técnicas similares pero más refinadas que en la prospección. No hay una línea de demarcación definida entre ambas etapas.
- 3) **Desarrollo**, es el trabajo de preparar un depósito mineral para que la explotación se realice. En los cuerpos minerales se deben de disponer de accesos verticales o inclinados denominados tiros, los horizontes son los socavones. El cuerpo debe ser recorrido en sentido longitudinal y paralelo por diversos horizontes, túneles o niveles para alcanzar la veta por medio de trabajos secundarios o cruceros. A lo largo de la vida de la mina, será necesario realizar los trabajos de desarrollo que vayan siendo necesarios.
- 4) **Explotación**, se asocia con la recuperación de mineral a gran escala. Esta actividad se puede iniciar cuando aún se esta en la etapa de desarrollo. El énfasis en la etapa de explotación es la producción. Los sitios de trabajo son denominados rebajes.¹¹⁰

El mismo autor refiere que la minería puede ser reducida a operaciones unitarias en las que el ciclo de producción implica:

Barrenar, explotar, carga del mineral, acarreo y manto o extracción del mineral.

En las operaciones auxiliares se incluye:

Proveer y mantener soporte a cielos, ventilación y acondicionamiento de aire, suministro de potencia, bombeo, mantenimiento, alumbrado, comunicación y distribución de suministros.¹¹¹

Lo anterior nos permite darnos una idea de la diversidad de las actividades que se requieren para el mantenimiento de la actividad minera moderna. Puede considerarse que eso contribuyó a un proceso de especialización y división del trabajo. El período de estudio se puede asumir coincidente con el arribo de esa “modernidad”.

¹¹⁰ HARTMANN, Howard L, *Introductory Mining Engineering*, John Wiley & Sons, New York, 1987, pp. 6-13.

¹¹¹ *Ibídem*, p. 16.

Durante el período de estudio, la actividad minera de la empresa se equipó con los elementos tecnológicos más adelantados de la época. Las minas como lugar principal de trabajo, se describen a fin de comprender requerimientos y facilidades para estas tareas.

La mina se asume como el conjunto formado por las excavaciones y las instalaciones subterráneas y de superficie que contribuyen a la explotación de un criadero mineral.¹¹² En una región como la que aquí se estudia, con una dilatada continuidad en la explotación desde los años de la colonia; se han tenido muchas minas y de acuerdo a las capacidades tecnológicas de cada época, éstas se han configurado de una cierta manera característica para satisfacer los requerimientos del trabajo minero. Así como los procesos tecnológicos de la Primera Revolución Industrial introdujeron el uso de las máquinas de vapor, con la Segunda Revolución Industrial, se dispuso de un paquete de elementos que se aplicaron en la configuración de las minas. De los que se pueden señalar: el uso creciente de acero en estructuras, el concreto como elemento estructural y en cimentaciones, pisos y obras diversas, la electricidad y sus aplicaciones en alumbrado y en los motores utilizados para el accionamiento de todo tipo de maquinaria.

Las funciones que se desarrollan en una mina son diversas; entre ellas se pueden señalar: comunicar con los cuerpos minerales a explotar, servir para el ingreso de personal, efectuar la extracción de mineral, disponer de medios para el bombeo de las aguas subterráneas, propiciar la ventilación de los laboríos. Derivadas de las anteriores, se tienen otras actividades como el disponer de áreas para almacenamiento de materiales, talleres para reparación de equipo, oficinas para el control de los trabajos y de otras dependencias que de manera específica pudieran necesitarse.

¹¹² "Mina", en: de GALIANA Mingot, Tomás, *op. cit.*, tomo 4, p. 719.

En el siglo XX se acentuó una tendencia existente desde tiempos remotos, la cual consistía en especializar algunas minas en tareas específicas como el ingreso y salida de personal, la extracción de minerales y otras más. Esto se definía en función de aspectos como la localización específica de la mina en el esquema de las operaciones de trabajo de la empresa, la que generalmente no disponía de una, sino de varias minas en el área. También se atendía el momento de la mina en cuestión, si era en un período de exploración, de trabajo y disfrute o de agotamiento y decadencia.

1.3.2 Métodos de trabajo subterráneos

La extracción implica las operaciones necesarias para lograr el arranque de los minerales. De una manera breve se puede decir que para el inicio del siglo XX se habían definido algunos métodos en función de las características del terreno. En el distrito durante el pasado se trabajaron con éxito las vetas que ofrecían condiciones más favorables. Las condiciones ideales eran cuando el mineral se encontraba dentro de respaldos de roca con gran dureza, de esa manera al ir retirando el material los respaldos se sostenían a sí mismos con un mínimo de refuerzos sin que ocurriera el riesgo de derrumbes o cegado de las labores. En la figura 1.13 se muestra una labor superficial antigua en Pachuca donde se extrajeron los minerales y quedó la fortificación en piedra del socavón de acceso y los respaldos laterales de roca. La intención de los trabajos de desarrollo era la de preparar el yacimiento para la explotación, de esa manera se hacían túneles paralelos sobre la veta y se unían por medio de comunicaciones verticales. Un aspecto fundamental es el considerar que resulta más fácil hacer la extracción retirando el material de las partes más alta hacia lo bajo y retirarlo de ahí por medio de la extracción del malacate. De esa manera se disminuye el esfuerzo de levantar el material con fuerza muscular de los trabajadores y se deja esa tarea al malacate. El inspector Ing. Aurelio García indica en su informe de 1924 los principales métodos de trabajo utilizados en ese momento:

En los retajes antiguos se trabajan por medio de contra cañones y después cruceros hasta los comidos retacados antiguos, en el tope se establece una plataforma de madera para hacer fácil el llenamiento, después de vaciado el retaje, si hay bordos o costillas de material costeable se explotan estos por rebajes ascendentes, rellenando con material estéril los nuevos comidos.

En las partes macizas en que la veta cuando la amplitud de esta pasa de seis metros, se trabaja por rebaje por secciones (**sectional stopes**). En la región de la veta se hacen los niveles superiores e inferiores y los pozos de desarrollo. Se inician rebajes ascendentes en todo el ancho de la veta de 5 metros a uno y otro lado de los pozos de desarrollo. Después de llevados esos rebajes hasta unos 6 metros, se retaca el comido con tepetate procedente de las exploraciones que se hace llegar por los pozos de desarrollo mas lo estéril del mismo rebaje. Se deja un claro para después continuar la explotación. El retaje se sostiene por grandes piedras formando muros ligeramente inclinados atrancados de tramo en tramo por puntales que se apoyan en la veta.

En seguida se rebajan las secciones contiguas, la carga no mayor de 20 centímetros se saca por un anillado que se va dejando dentro del compartimiento. El anillado tiene dos secciones, uno como cargadero y el otro sirve de camino.¹¹³

Para la mina de Purísima el Ing. García indica que se está utilizando el método más moderno denominado **shrinkage stopes (rebajes de sobrecarga)**.

A partir de la definición de niveles y pozos se comienza en el nivel inferior un rebaje de 2 metros de alto y todo el ancho de la veta. Terminado el rebaje se ponen marcos, sobre estos dos rieles paralelos reparados 50 centímetros ... después se pone el tupido de la cabeza de los marcos y entre los rieles transversales a ellos pequeñas tablas de dos pulgadas de grueso, quitando una o varias se podrá chorrear el mineral que va a quedar sobre ellas. Arreglado así el nivel se hace el segundo rebaje dejando en los comidos todo el tumbe menos el necesario para dejar accesibles los rebajes que es un tercio. Este excedente se saca por los anillos que van subiendo por los rebajes hasta llegar al camino superior. Los dos tercios del tumbe se sacan en la segunda etapa del sistema: se quitan las tablas que están sobre los rieles y se descargan los contenidos de los comidos sobre los carros de mina. Los comidos se quedan sin retaje o se llenan paulatinamente con tepetate de obras de exploración superiores.¹¹⁴

¹¹³ GARCÍA, José Aurelio, *op. cit.* octubre 1924, p. 149.

¹¹⁴ *Ibidem*, *op. cit.* diciembre 1924, pp. 234, 235.

Una observación que señala el autor en el informe de 1924 es que con objeto de ahorrar madera en los anillados, se están sustituyendo éstos por dovelas o anillos hechos de concreto, aspecto que ocurre en las minas de Arévalo en El Chico y La Rica en Real del Monte que disponían de facilidades para hacer en las minas los referidos anillos.¹¹⁵ La figura 1.14 ilustra los métodos de trabajo para vetas pequeñas y más grandes que utilizaba la Negociación Minera de San Rafael y Anexas de acuerdo a una publicación de 1912.

Se anotan a continuación los métodos de trabajo en la década de 1940, los cuales no tienen diferencias sustanciales con los antes reseñados, excepto en la necesidad de hacer más economía en el consumo de madera.

Sobrecarga

Para explotar el bloque primero se dan frentes de preparación cuyo piso es de a 3 o 4 metros a partir de la cabeza de la frente principal para que se formen bloques de sustentación, este procedimiento evita gastos de madera pero tiene el inconveniente de no poder aprovechar los bloques de soporte sino hasta haber completado el tumbado del bloque. Las frentes de preparación comunican todos los cielos entre si y una vez que hay cierto cuele en las mismas se procede a dar cortes de cabeza, y haciendo la extracción del mineral por los cielos para permitir un espacio libre a los perforistas, pero también un piso firme, procurando hacer la extracción de tal manera que el piso sea lo menos inclinado posible y procurando que no queden huecos ya que estos provocarían un asentamiento posterior y como no se puede preveer, sería la causa de algunos accidentes. Por este sistema se logra un avance considerable haciendo la distribución adecuada de los perforistas, pero no es posible tener un tonelaje alto de rendimiento porque gran parte del mineral tumbado queda como soporte y no se puede disponer de él en caso necesario sino hasta completar el corte de todo el bloque. Los cortes se van dando en forma de bancos, colocando barrenos horizontalmente o ligeramente inclinados.

Corte y relleno

Si los respaldos no son lo suficientemente consistentes, entonces se lleva el sistema de corte y relleno. El sistema de soporte puede ser de la misma forma que para el rebaje de sobrecarga, pero en ocasiones si resulta costeable aprovechar desde luego los bloques que servirían para soporte, se usa un encamado de madera y se empieza el corte, en forma semejante al sistema anterior, pero no hay continuidad en los cortes ya que es

¹¹⁵ *Ibidem*, diciembre, p. 242, enero 1925, p. 7.

necesario después de cada corte retirar el mineral y enseguida tender una capa de tepetate. El tepetate puede ser obtenido cavando tepetateras al alto que consisten en cámaras de boca lo mas reducido posible y ampliadas interiormente, pero procurando no debilitar el respaldo del alto, si la boca fuera amplia, al caer el mineral se podría mezclar con el tepetate y bajar de ley; una vez tendida la capa de tepetate, se coloca una tarima de madera y se dan los cortes de cabeza; enseguida se retira el mineral obtenido por cielos dispuestos en forma semejante al caso anterior. Se levanta la tarima y se tiende otra capa de tepetate, se coloca de nuevo la tarima y se da otro corte y así sucesivamente. Comparando los dos sistemas es un poco mas costoso el tumbado por este sistema por la madera que es necesario emplear para llevar los caminos a la altura del rebaje pero por otra parte tiene sobre el método de sobrecarga la ventaja de ir aprovechando el mineral a medida que se va cortando y si se presentan caballos de tepetate pueden ser dejados, en el sistema de sobrecarga, deben ser tumbados y por consiguiente diluyen el mineral, si no fueran tumbados, podrían encampanar el mineral.

En ambos casos el muestreo sirve para definir el ancho de los cortes pero como mínimo se llevan con un ancho de 1.5 m.¹¹⁶

El escrito antes referido se indicaron las ventajas e inconvenientes de ambos métodos, aspectos importantes eran la consistencia de los respaldos, el rendimiento de la veta y el menor o mayor uso de madera en el trabajo subterráneo. En la figura 1.15 se muestran figuras que refieren a los métodos señalados antes.¹¹⁷

1.3.3 Una mina de la época: La Rica

Con objeto de ilustrar los elementos que constituían una mina para el período de estudio, se describen las dependencias de la mina de La Rica de Real del Monte. Esta se eligió por ser una instalación nueva en la que se aprecian los aportes tecnológicos que establecieron en el período de estudio.

¹¹⁶ ESCAMILLA BRITO, Camerino, borrador mecanoscrito de tesis de Ingeniero de Minas, pp. 5, 6, en: AHCRdMyP, Operación General de Minas, vol. 79 exp. 172, s/f.

¹¹⁷ Las figuras, se tomaron del texto siguiente: LEWIS, Robert Strong, *Elements of Mining*, John Wiley & Sons, New York, 1964, 768 pp. Los sistemas de trabajo son también referidos en un texto editado por la UNAM: LÓPEZ ABURTO, Víctor Manuel, *Manual para la selección de métodos de explotación de minas*, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1994, 295 pp.

Esta mina se localizaba en ese entonces afuera de la población, junto al bosque del Hiloche, a la orilla del camino a Pachuca, a 2850 m.s.n.m., 172 metros más alto que la población. Esos lugares habían sido trabajados de manera muy rudimentaria y ocasional por la compañía mexicana. Específicamente se localiza sobre la llamada veta de La Rica, paralela a la famosa Vizcaína. La figura 1.16 muestra la localización de los fundos del área de Real del Monte. Así mismo cerca de ahí se localizaba en forma perpendicular la veta de Dios te Guíe. También se pensó en tener acceso a los fundos de la Compañía Minera San José, localizados al sur de La Rica ya que se había hecho convenio con la familia Landero para su explotación.¹¹⁸ Todo lo anterior, así como los trabajos de exploración, planteaban una atractiva expectativa. En un principio la mina quedó subordinada a la de Purísima que se encontraba cerca y que constituía la bonanza más importante para la empresa. La figura 1.17 es una vista de los trabajadores durante la profundización del tiro de La Rica.

En Real del Monte, desde el período de la compañía mexicana la extracción de mineral se había centrado en el tiro de San Ignacio, sin embargo dadas las favorables características del nuevo sitio, se consideró que en La Rica se debería de disponer de otro punto de extracción de mineral. En 1922 se completó la perforación del tiro hasta el nivel 400, donde se tenían los acarrees por medio de locomotoras eléctricas de lo que se extraía de sitios que quedaban cerca como Señor San José, Dios te Guíe y otros. En ese punto se establecieron los vaciaderos de enormes tolvas de donde se descargaría en mineral a los sistemas de extracción o *skips* automáticos que conducirían a superficie. Al principio se pensó conducir el mineral hasta San Ignacio ya que de ahí partía una línea de cable aéreo que transportaba mineral hasta la hacienda de Guerrero. Se podría

¹¹⁸ Los Landero disponían de oficinas en Pachuca con un ingeniero responsable y mantenían en Real del Monte un inspector jefe y personal que cuantificaba los tonelajes que extraerían de sus diversas propiedades para acordar los pagos que debían hacerse por tales explotaciones. AHCRdMyP, Serie Minas, informes de minas, vol. junio 1928 a enero de 1929, correspondencia del Superintendente de Minas H.I. Altschuler en que se recibe la asignación de Benjamín Ortega Larrañaga [abuelo de quien esto escribe] como inspector en los trabajos de Santa Margarita [y también será de San José, ambas las principales propiedades de los Landero], julio 19 y 20 de 1928.

utilizar un sistema de cable que originalmente estaba en la mina de Barron y que había quedado sin uso al suspenderse en el mismo 1922 los trabajos en ese lugar.¹¹⁹ Después se consideró más conveniente conducir el mineral hasta Pachuca a la hacienda de Loreto. La figura 1.18 esquematiza los cambios en el acarreo de minerales. En los primeros meses de 1923 se puso en funcionamiento el sistema de cable aéreo a Pachuca. Es a raíz de ello que la mina fue adquiriendo creciente importancia, ya que al ser tiro de extracción principal, se emprendieron obras subterráneas para comunicación con otras minas.

En marzo de 1929 con el proyecto de centralización del beneficio que se comentó en el apartado 1.2.3, se propuso el realizar toda la extracción de Real del Monte por La Rica y establecer comunicación entre esa mina y la de San Juan Pachuca para extraer de ahí todo el mineral del distrito y procesarlo en la vecina hacienda de Loreto.¹²⁰

Los estudios se llevaron a efecto con gran celeridad en el año de 1929, definiéndose grupos de trabajo encargados de analizar cada etapa, los trazos de túneles, las modificaciones en los tiros de las minas, la maquinaria necesaria, la selección de locomotoras eléctricas y muchos detalles más. Eso implicó construir anexas al tiro de La Rica, tolvas adicionales a las existentes para permitir separar el mineral de las diversas minas, aspecto necesario para llevar el control de extracciones de diversos sitios así como para procesarlas de acuerdo a sus composiciones características. Entre las obras necesarias estaba la comunicación con el tiro de Purísima, para eso se eligió el nivel 400 que se había convertido en el nivel de acarreos para todo Real del Monte. En el nivel 550 de la Rica, directamente del tiro partió la comunicación hacia San Juan Pachuca. En esa mina se aprovecharon algunas obras existentes del nivel 270 o Fortuna. Los trabajos se realizaron desde los dos puntos, después de cuidadosos estudios de rumbos. El enlace se consiguió a partir de 1930 y constituyó un logro tecnológico muy

¹¹⁹ AHCRdMyP, Serie Junta de Accionistas, Informe del Director, 1922, vol. 5, exp. 3, pp. 1, 2, Serie Ingenieros, exp. 63, s/f, octubre de 1922.

¹²⁰ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, tomo 1928-1933, f. 28-33, marzo 25 de 1929.

celebrado, considerando la distancia de 6 kilómetros, solo hubo una variación de 13 centímetros.¹²¹ En esa época el tiro de La Rica alcanzó la profundidad de 711 metros, siendo el más profundo del distrito en condiciones operativas.¹²²

En la figura 1.19 se muestra un croquis con las dependencias que dispondría esta mina y una vista satelital actual. El (1) corresponde al área de oficinas para el superintendente, los ingenieros y geólogos asignados a este sitio. La oficina de raya (2), se encargaba de llevar el control de los días trabajados por el personal, elaborar las nóminas de pago semanales y realizar los pagos los días sábado de cada semana. Junto a la puerta se tenía una caseta para los guardas (3) quienes tenían permiso de portar armas. Muy cerca de la puerta se disponía del área de primeros auxilios (3), es curioso que la denominación del encargado, fuera la de curandero. Una ambulancia con chofer se tenía a disposición para el traslado de lesionados a alguno de los dos hospitales de la empresa. Los sistemas de respiración a prueba de gases de los equipos de rescate o escafandristas, se guardaban en esta área.

Con el (5) se señala el almacén de la mina, ahí se guardaba todo tipo de materiales, con excepción de los explosivos que se manejaban en los polvorines, habiendo algunos en sitios escogidos por su lejanía de sitios poblados y otros subterráneos, localizados en diversos niveles de la mina. Los talleres eléctricos y mecánicos se ilustran con los números (6) y (7). En este lugar se realizaban reparaciones de máquinas que podían realizarse en la mina, trabajos más complicados eran enviados a los talleres de la Maestranza en Pachuca. Debe tenerse en cuenta que el personal de estas dependencias realizaba gran parte de sus actividades en el interior, al instalar equipos, darles mantenimiento o retirándolos para llevarlos en nuevas localizaciones. Talleres más pequeños eran los de pailería (8) donde se habilitaban pequeñas estructuras de acero las cuales primero eran remachadas y al desarrollarse la soldadura eléctrica se unían con

¹²¹ AHCRdMyP, Serie Informes de Ingenieros, Proyecto de Centralización, pp. 1-19.

¹²² AHCRdMyP, Serie Correspondencia de N.H. Kuryla, vol. 27 exp. 34, f. 34.

este medio. También los tuberos encargados de instalar tuberías de agua o aire disponían de un lugar para sus materiales y herramientas (9). La carpintería aparece con el (10), en ese sitio se habilitaban maderas para todos los usos en la mina, sobre todo para los refuerzos o ademes en tiros y túneles.

Una dependencia específica de esta mina era el taller de afilado de barrenas (11), la empresa mantenía otro taller de afilado en San Juan Pachuca y entre ambos abastecía a todas las minas con una capacidad de 12,000 barrenas diarias. La forja se realizaba en hornos eléctricos y el tratamiento térmico; se hacía en baño de plomo calentado eléctricamente. En esa dependencia se disponía de máquinas afiladoras especiales para las barrenas de perforadoras neumáticas que con el uso perdían su filo.¹²³ En 1942 se realizó un estudio a fin de cambiar las barrenas convencionales que requerían afilado periódico por puntas de barrenas desechables forjadas en caliente. En estudios para evaluar la propuesta, se consideró el costo del nuevo tipo de puntas contra el afilado y el manejo del material del tipo usado hasta entonces. Se encontró que por el momento no era conveniente el cambio del sistema.¹²⁴ Al final del apartado 3.2.1, se comentan los cambios en máquinas y barrenas que se realizaron en el período paraestatal y que implicaron una modificación en los trabajos que se realizaban en los talleres de afilado.

El tiro de la mina y su acceso está señalado con el número (13), la sala de malacates (14) dispone de 2 equipos, uno para el personal y otro exclusivo para materiales. Un sitio de control donde los trabajadores debían pasar antes de bajar a los laboríos es el cuarto de lámparas (15) que se entregan a los trabajadores antes de ingresar a cambio de la placa de identificación de cada trabajador que se depositaba en un anaquel especial que permitía el controlar el personal que había ingresado y salido del tiro de la mina. Las lámparas de carburo fueron usadas desde la década de 1910 en sustitución de velas y petróleo. Las lámparas

¹²³ LARSON, C.B. "The Famous Old Mining District of Pachuca, México, with special reference to The Cia. de Real del Monte y Pachuca", en: *AX-I-DENT-AX*, Salt Lake City, August 1929, p. 8.

¹²⁴ AHCRdMyP, Serie perforadoras, sept. 21 de 1942, vol. 66 exp. 5.

eléctricas y a batería se introdujeron después de 1940. Los trabajadores disponían de un área denominada secaderos (16) en la cual se cambiaban la ropa de trabajo después de salir del turno, junto tenían regaderas para bañarse, la ropa se colgaba con cadenas y carretillas a fin de dejar libres las bancas en los secaderos, afuera se tenían los servicios sanitarios de superficie. Una narración de un exminero pachuqueño señala lo siguiente cuando acompaña a un trabajador llegado de Guanajuato:

[...] *me dijo que en su tierra no había ganchos en el baño para colgar la ropa, ni se cambiaban, con la misma que trabajaban se iban a su casa.*

Ese día le preste mi gancho, ya le había conseguido una remuda así que nos cambiamos y fuimos al almacén por la herramienta y el carburo. La jaula subió llena, aún seguían saliendo los del turno de día, todos mojados y llenos de lodo irreconocibles, sólo los ojos y los dientes les brillaban; algunos aún con la lámpara prendida corrían al almacén a entregar la herramienta y luego a darse un reconfortante baño. De veras que son sabrosas las bañadas en la mina: qué agua tan caliente y sale con tanta fuerza que arde la espalda¹²⁵

Sobre lo anterior se reflexiona que este tipo de áreas eran una novedad, el barretero de siglos anteriores careció de equipo de seguridad. A partir del establecimiento del Sindicato Nacional Minero en 1934, se incorporaron cascos, botas y otros elementos que constituían la indumentaria propia del trabajo. Después de los años de los conflictos cristeros, los trabajadores instalaron una capilla en los patios (17) además de aquellos altares religiosos que se localizaban usualmente en los despachos de cada nivel de la mina.

Elementos de servicios a la mina eran la subestación eléctrica (18) que recibía el alto voltaje y derivaba energía a las diferentes aplicaciones para lo cual disponía de transformadores para abastecer de energía a las aplicaciones de las diferentes dependencias de superficie y subterráneas de la mina. La sala de compresores (19) permitía abastecer de aire a los diversos laboríos donde se aplicaban las perforadoras neumáticas.

¹²⁵ SANTAMARÍA LÓPEZ, Ramón, "Miguel el Chiflonero", en: *Relatos Mineros*, Editado por Anselmo Estrada Albuquerque, Pachuca, 1994, p. 22.

En las diferentes minas era común disponer de algunas casas habitación, en este caso sólo se disponía de una (20). El ocupante de ésta era algún empleado, los superintendentes, usualmente disponían de casas más cómodas en el centro de la población.

Algunas de las dependencias que se han mencionado, en otras minas no eran requeridas o había otras específicas como un taller en la mina de Dificultad para tejido de cables de acero y suministrar la cinta plana que se utilizaba en los malacates grandes de la empresa. El referido taller se envió a La Rica durante la administración paraestatal.

El cierre de una mina.

El 10 de enero de 2005, La mina de La Rica dejó de prestar servicio de explotación minera, se cerraron así cuatro siglos y medio de trabajo minero en esta población. Las declaraciones de la empresa privada indicaron que en poco liquidarían al personal de ésta y de la mina de San Juan Pachuca, únicos puntos de minería activos hasta esa fecha. Indicaron que se dedicaran a procesar los jales o desperdicios que se tienen depositados en algunos puntos del distrito.¹²⁶

¹²⁶ RICO, José Luis, "Cierran todas las Minas", en: *El Sol de Hidalgo*, Pachuca, 10 de enero de 2005.

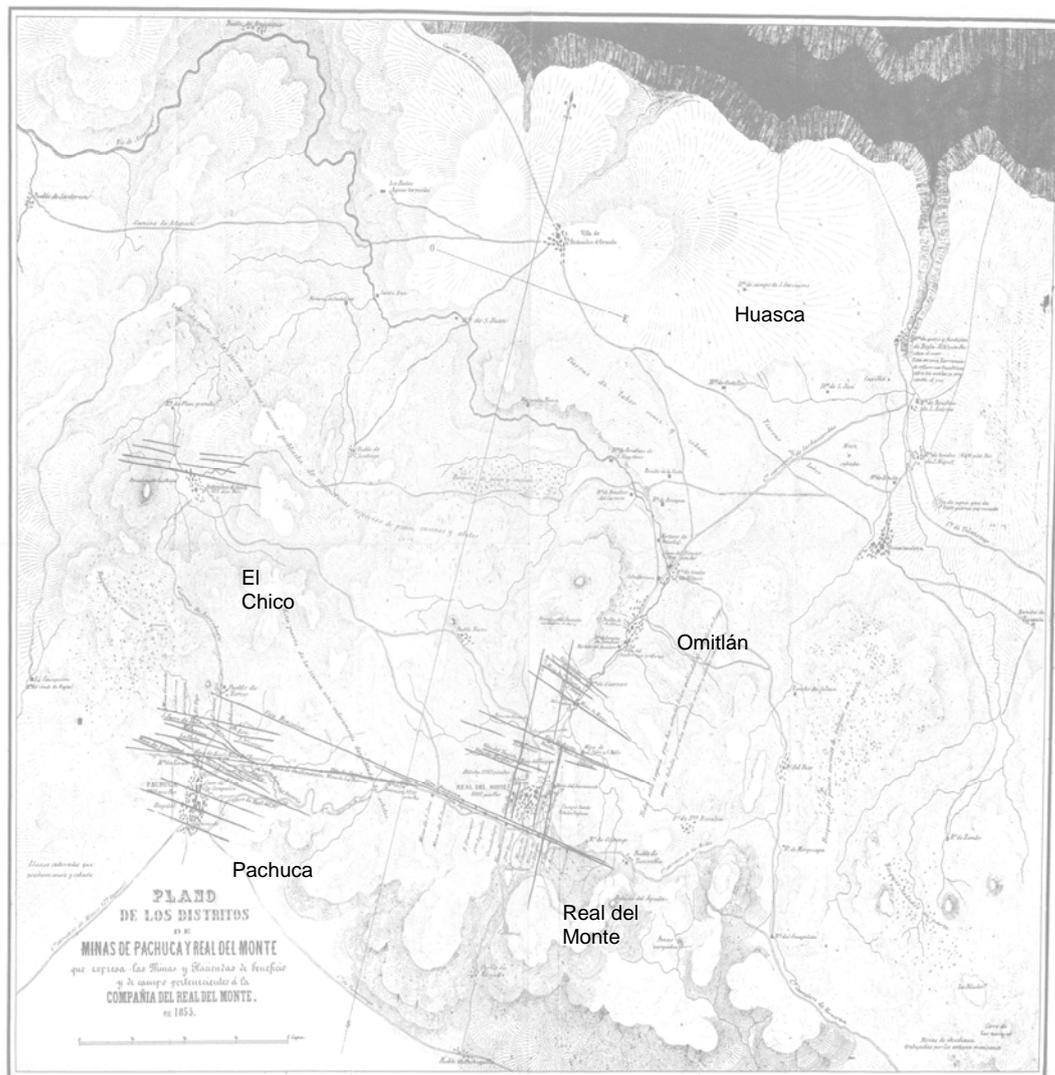


Figura 1.1 Mapa del distrito minero Pachuca Real del Monte.
 Fuente: ALMARÁZ, Ramón, (Director), *Memoria de los trabajos ejecutados por la Comisión Científica de Pachuca en el año de 1864.*

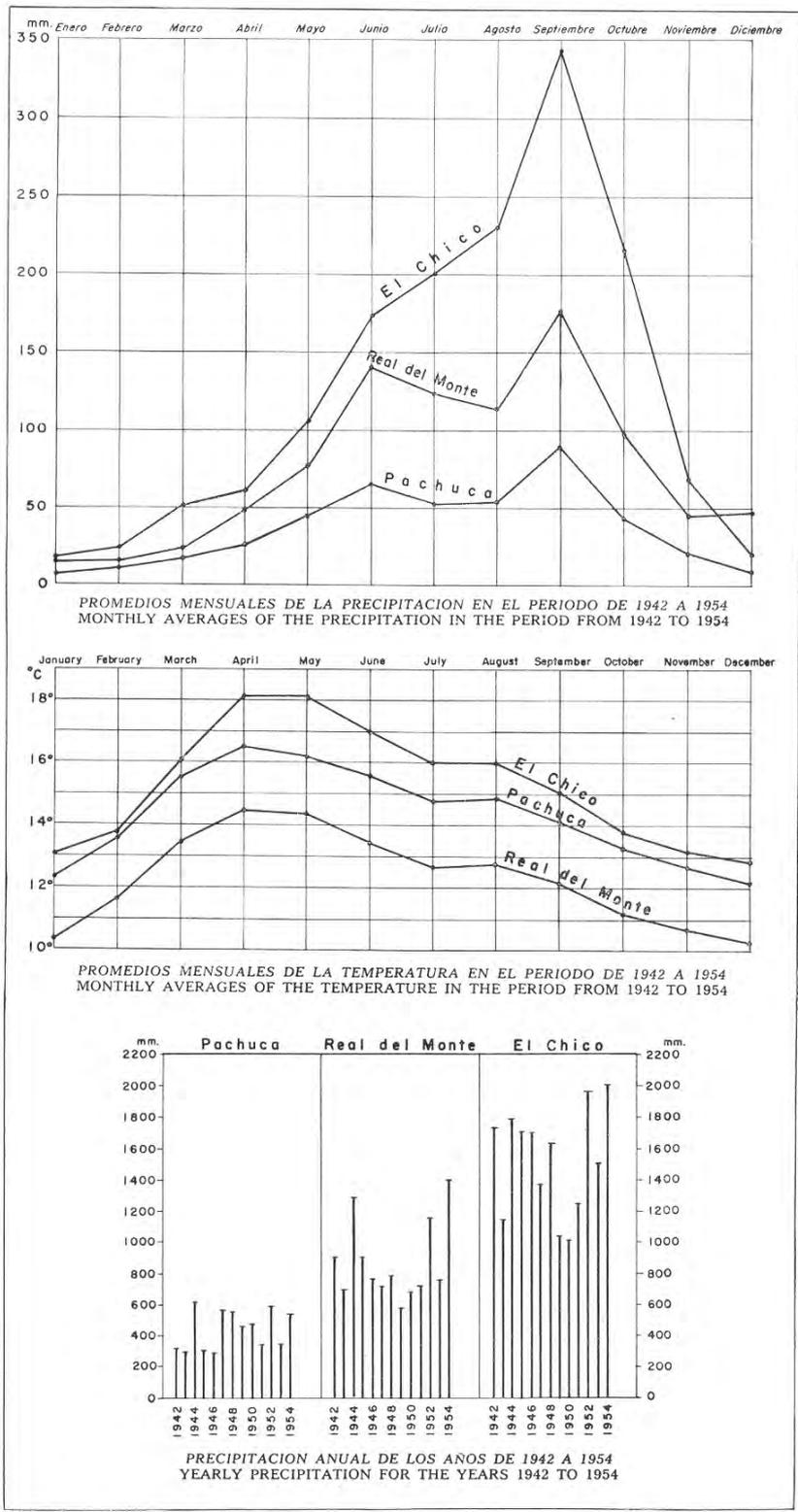
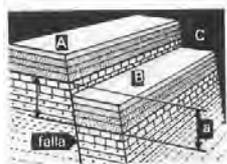


Figura 1.2
 Promedios de precipitaciones y temperaturas mensuales en el período de 1942 a 1954 de Pachuca, Real del Monte y El Chico.
 Fuente: GEYNE *et. al.*, *op. cit.* 1963. 79



A. Labio levantado. B. Labio hundido. C. Plano de falla; a. Salto



Falla conforme. Falla contraria



La erosión ataca el relieve creado por la falla el plano, entrecortado por los torrentes, forma facetas.

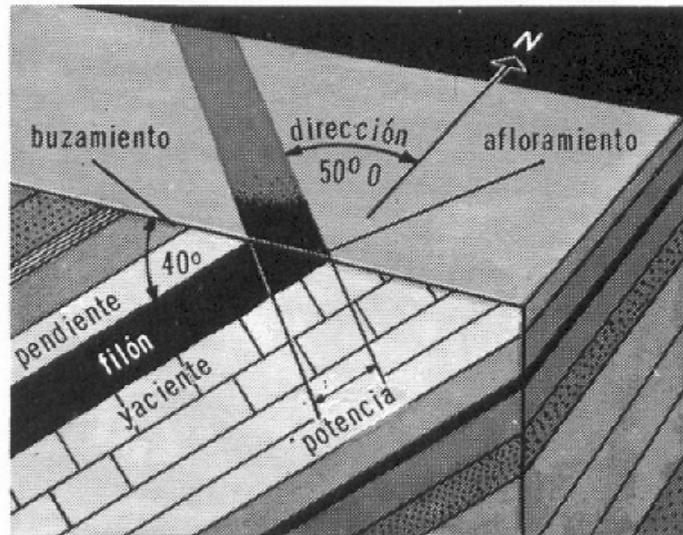


El escarpe de falla ha desaparecido, la falla solo aparece en un corte geológico.



Escarpe de falla inverso. El relieve evoluciona diversamente, según la resistencia de las rocas.

a)



nomenclatura de los filones

Figura 1.3

a) Esquema de fallas

b) Nomenclatura de filones o vetas

Fuente: de GALIANA Mingot, Tomás, Gran diccionario de las ciencias en color, Larousse, Paris, 1987.

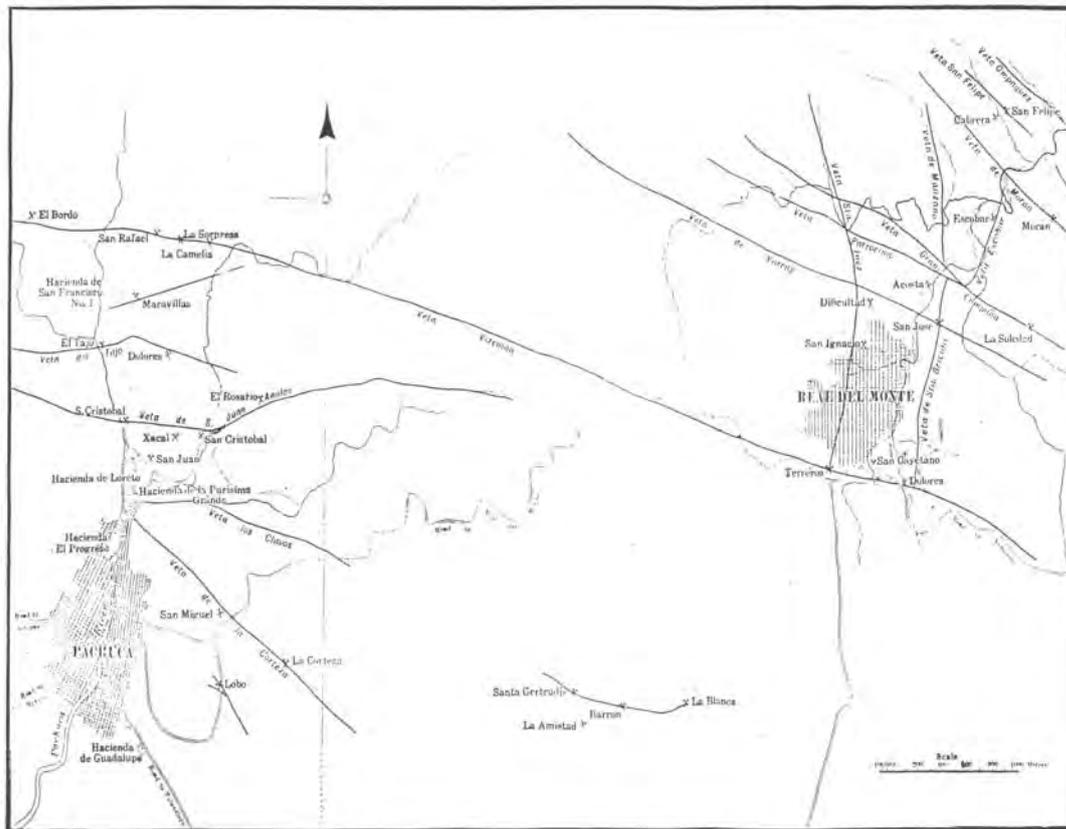
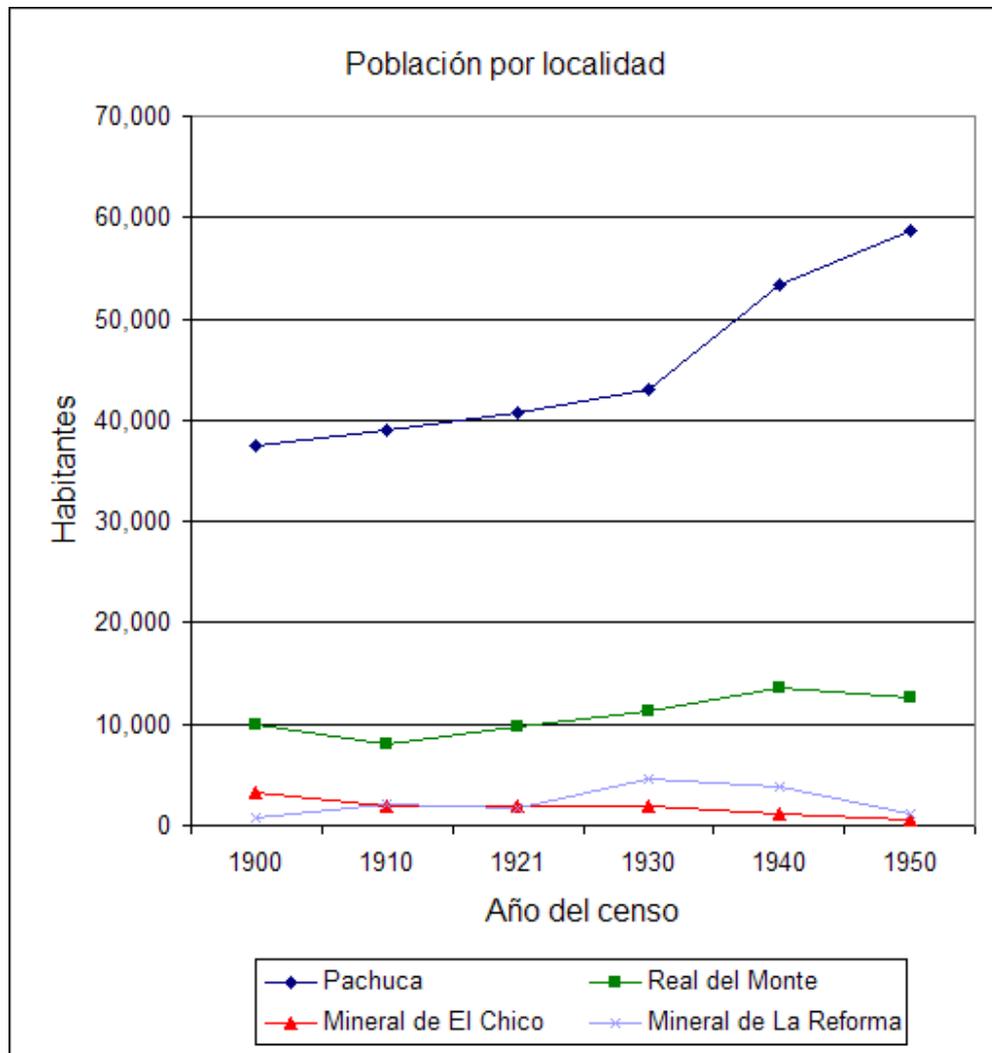


Figura 1.4 Principales vetas del distrito Pachuca Real del Monte.
 Fuente: RICE, Claude T. "Pachuca and Real del Monte Silver District" en: *The Engineering and Mining Journal*, sept. 12, 1908.



Localidad	Habitantes registrados					
	1900	1910	1921	1930	1940	1950
Pachuca	37,478	39,009	40,802	43,023	53,354	58,650
Real del Monte	10,008	7,942	9,758	11,320	13,536	12,550
Mineral de El Chico	3,204	1,916	1,960	1,976	1,225	520
Mineral de La Reforma	707	2,089	1,708	4,601	3,905	1,132

Figura 1.6

Población de 1900 a 1950 por localidades del distrito minero Pachuca Real del Monte.

Fuentes: Censos de los años 1900, 1910, 1921, 1930, 1940 y 1950.



a)

b)

Figura 1.7

a) Fotografía de la década de 1920 en que se aprecia el muro perimetral y el portón de la Colonia Madero y una casa de dos pisos.

Fuente: Mercado de Antigüedades de El Parián, Pachuca.

b) Fotografía actual de casa próxima a los talleres de Maestranza en Pachuca en la que se aprecia el estilo de construcción de casas que la empresa norteamericana construyó para sus altos empleados.

Fuente: Fotografía del autor, enero 2009.

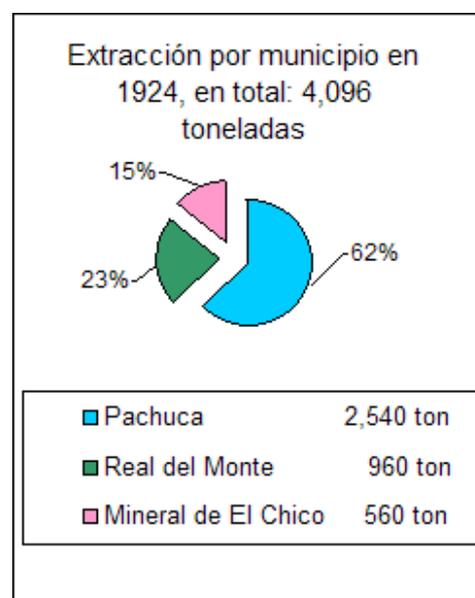
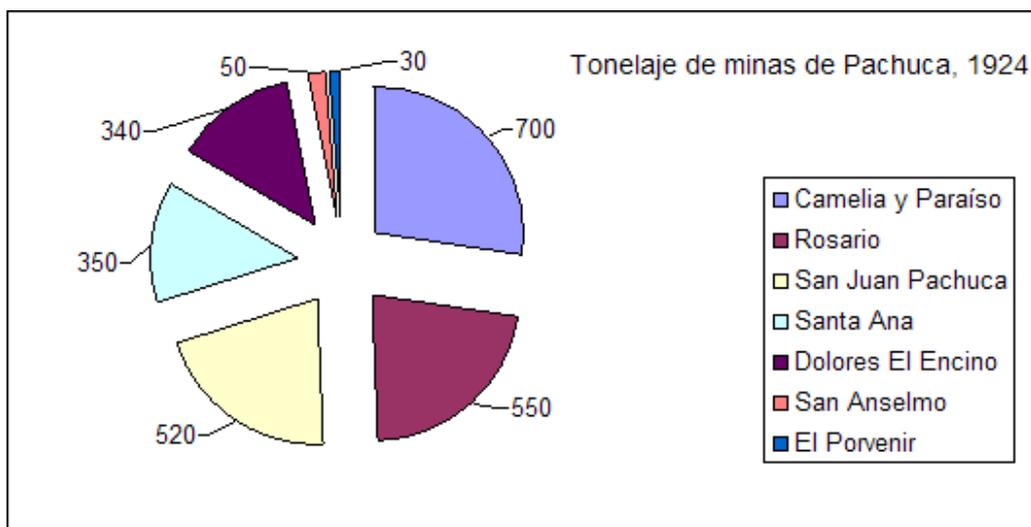
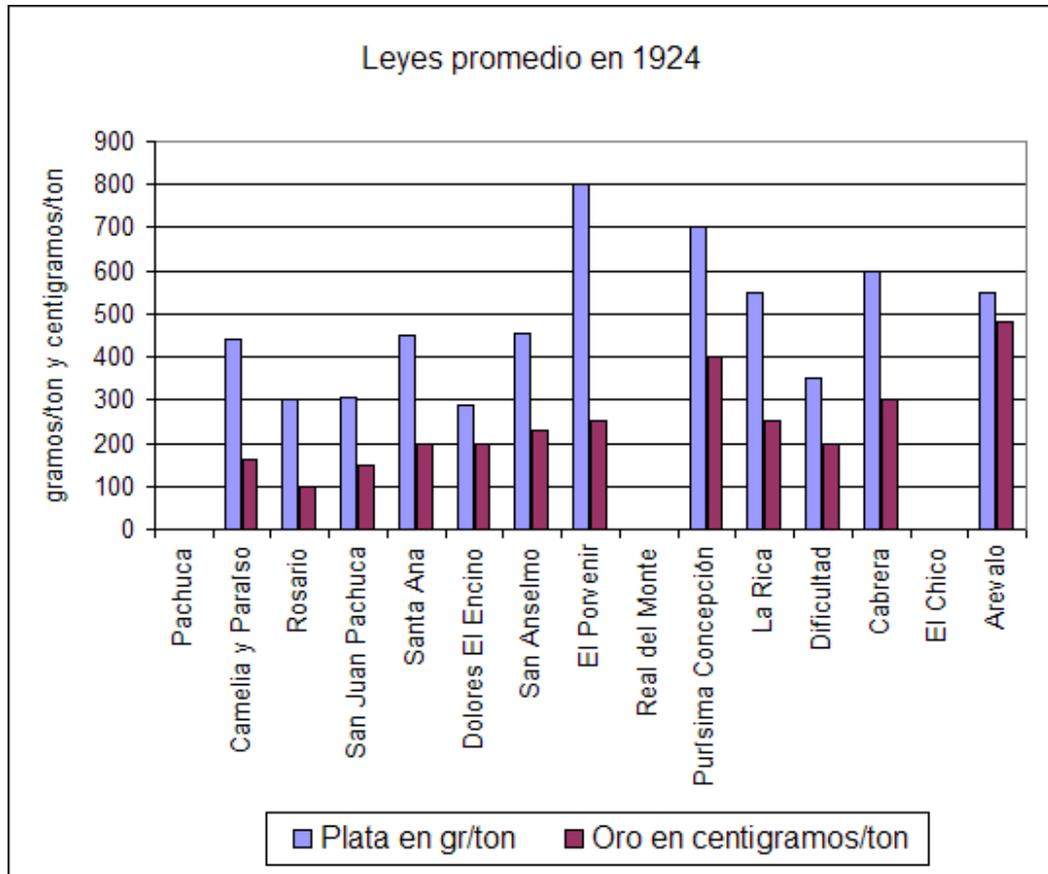


Figura 1.8
Tonelaje diario producido por las unidades de la empresa en el año de 1924.

Fuente: Reseña técnica minera del estado de Hidalgo, Boletín Minero, México, 1924, 1925

V



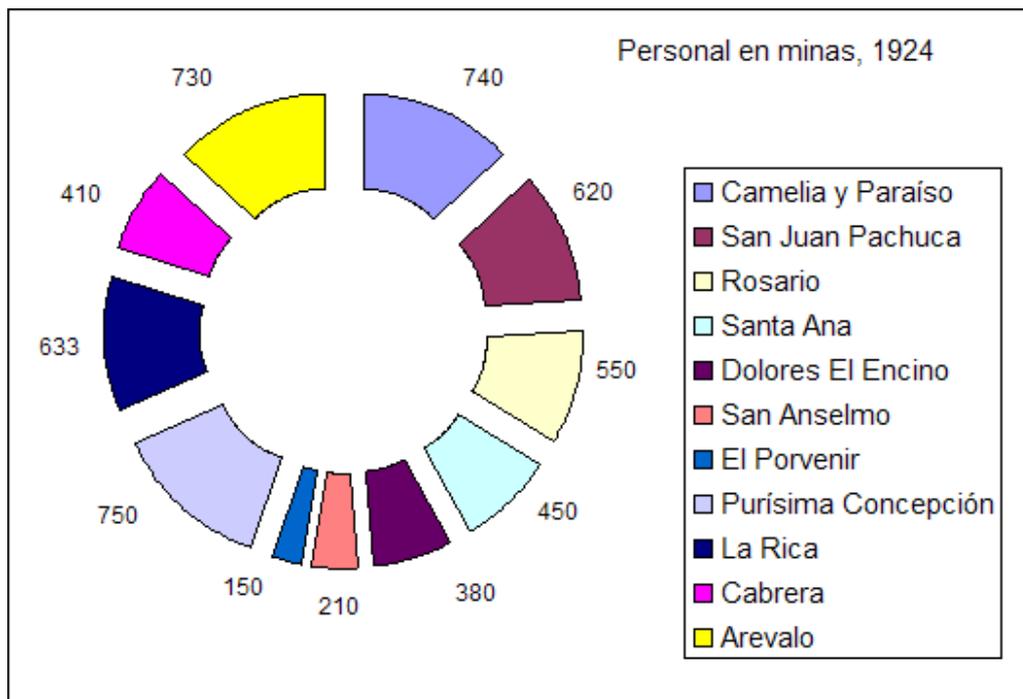
	Ley promedio	
	Plata gr/ton	Oro cgr/ton
<i>Pachuca</i>		
Camelia y Paraíso	440	160
Rosario	300	100
San Juan Pachuca	304	150

Santa Ana	450	200
Dolores El Encino	290	200
San Anselmo	454	230
El Porvenir	800	250
<i>Real del Monte</i>		
Purísima Concepción	700	400
La Rica	548	250
Dificultad	350	200
Cabrera	600	300
<i>El Chico</i>		
Arevalo	550	483

Figura 1.9

Leyes promedio durante el año de 1924.

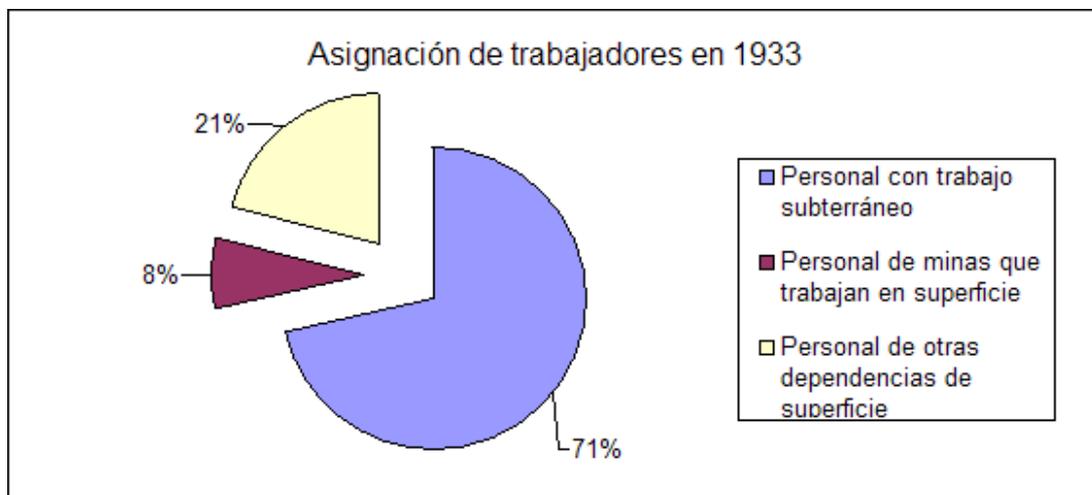
Fuente: Reseña técnica minera del estado de Hidalgo, Boletín Minero, México, 1924, 1925



	Personal		
	interior	exterior	total
Pachuca			
Camelia y Paraíso	700	40	740
San Juan Pachuca	550	70	620

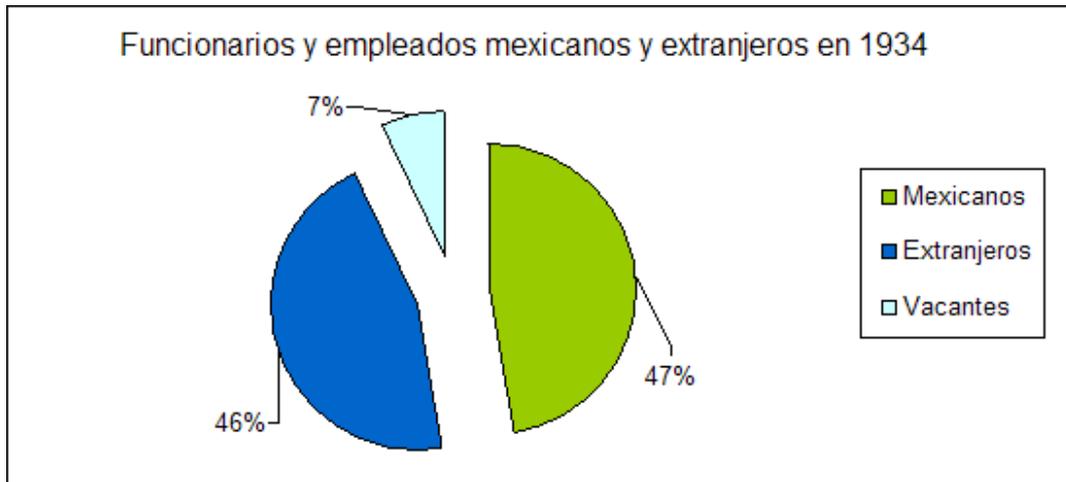
Rosario	450	100	550
Santa Ana	400	50	450
Dolores El Encino	359	21	380
San Anselmo	180	30	210
El Porvenir	130	20	150
Real del Monte			
Purísima Concepción			750
La Rica	556	77	633
Dificultad			s/n
Cabrera			410
Dolores			s/n
San Juan Vizcaína			s/n
Providencia			s/n
Morán o Escobar			s/n
Resquicio			s/n
Mineral de El Chico			
Arevalo	700	30	730

Figura 1.10
 Personal asignado a las minas de la Compañía de RdMyP
 Nota: Algunas minas no registran datos pero se sabe que tenían personal temporal o estaban en fase de desarrollo.
 Fuente: Reseña técnica minera del estado de Hidalgo, Boletín Minero, México, 1924, 1925.



a)

Asignación	Cantidad
Personal con trabajo subterráneo	4,091
Personal de minas que trabajan en superficie	437
Personal de otras dependencias de superficie	1,204
Total	5,732



b)

Empleados	Cantidad
Mexicanos	94
Extranjeros	91
Vacantes	14
Total	199

Figura 1.11

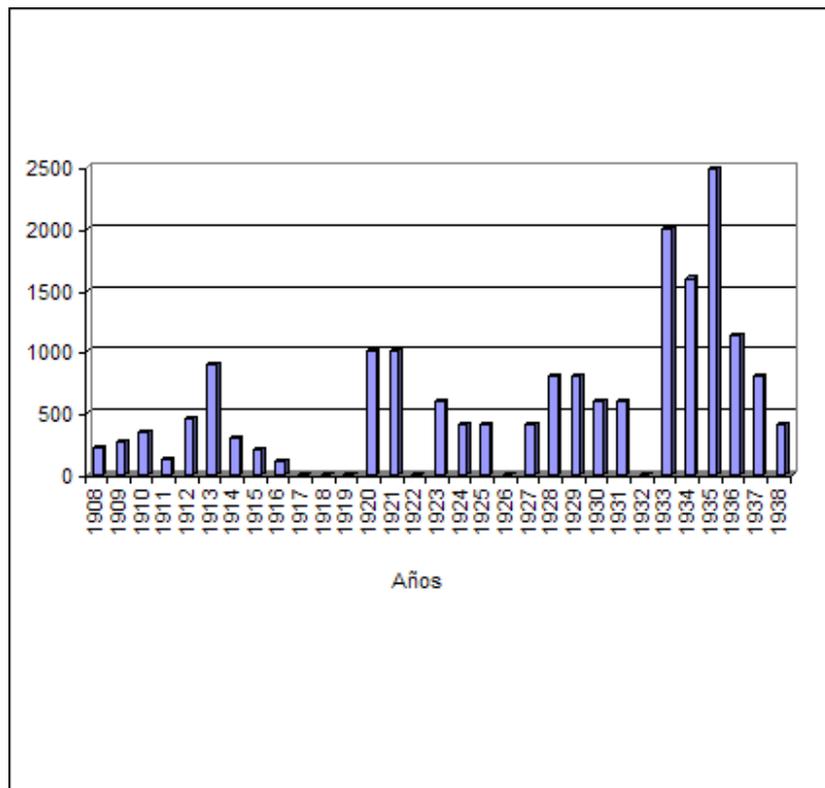
Categorías generales de personal y empleados

a) Personal de minas y otras dependencias de superficie en 1933.

b) Funcionarios y empleados mexicanos y extranjeros en 1934.

Fuente: AHCRdMyP, Relaciones Laborales, vol. 124, exp.17.

Año	Dividendos
1908	210
1909	260
1910	347
1911	125
1912	448
1913	890
1914	300
1915	200
1916	100
1917	0
1918	0
1919	0
1920	1000
1921	1000



1922	0
1923	600
1924	400
1925	400
1926	0
1927	400
1928	800
1929	800
1930	600
1931	600
1932	0
1933	2000
1934	1598
1935	2490
1936	1131
1937	801
1938	409

Figura 1.12

Dividendos en dólares por acción, 1908-1938.

Fuente: AHCRdMyP, libros de actas y copias de actas de la Junta Directiva.

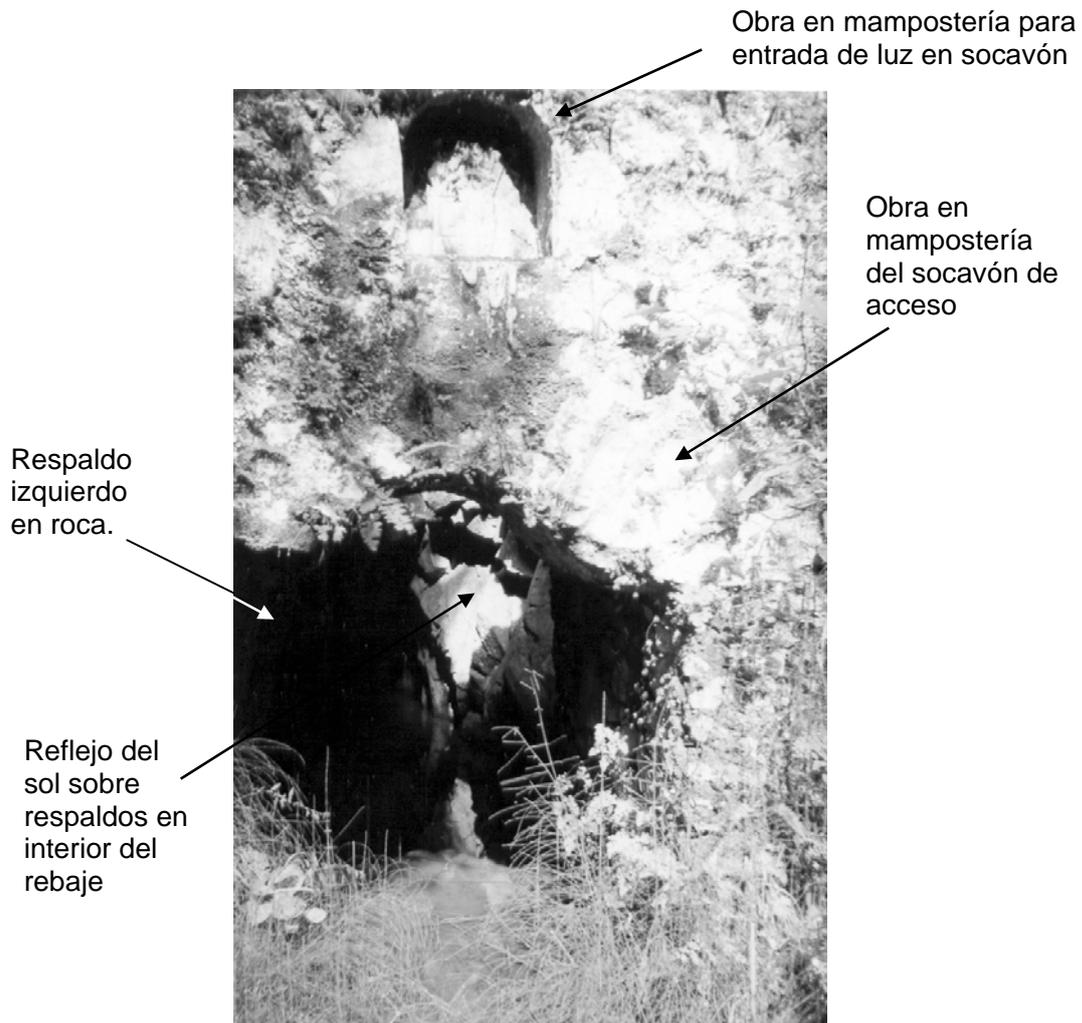


Figura 1.13

Vista de antiguos laboríos próximos a la mina de San Buenaventura en Pachuca. Se aprecian restos de obras de fortificación para el socavón y una pequeña entrada de luz hechas en mampostería. La veta ocupaba el hueco que ha quedado desde la entrada y que ahora que se ha retirado el mineral, va desde muy profundo hasta más arriba de lo que se aprecia en la fotografía. Se tomó la imagen cuando el sol quedaba vertical y por eso se iluminan los restos de respaldos de roca de donde se extrajo el mineral con valores. La orientación de la veta es casi vertical. Se hace mención que como éste sitio quedan en el distrito muchos otros que son potencialmente peligrosos al no haber rejas o señalamientos que eviten o indiquen el riesgo de caer en ellos.

Fuente: Fotografía del autor, abril 2004.

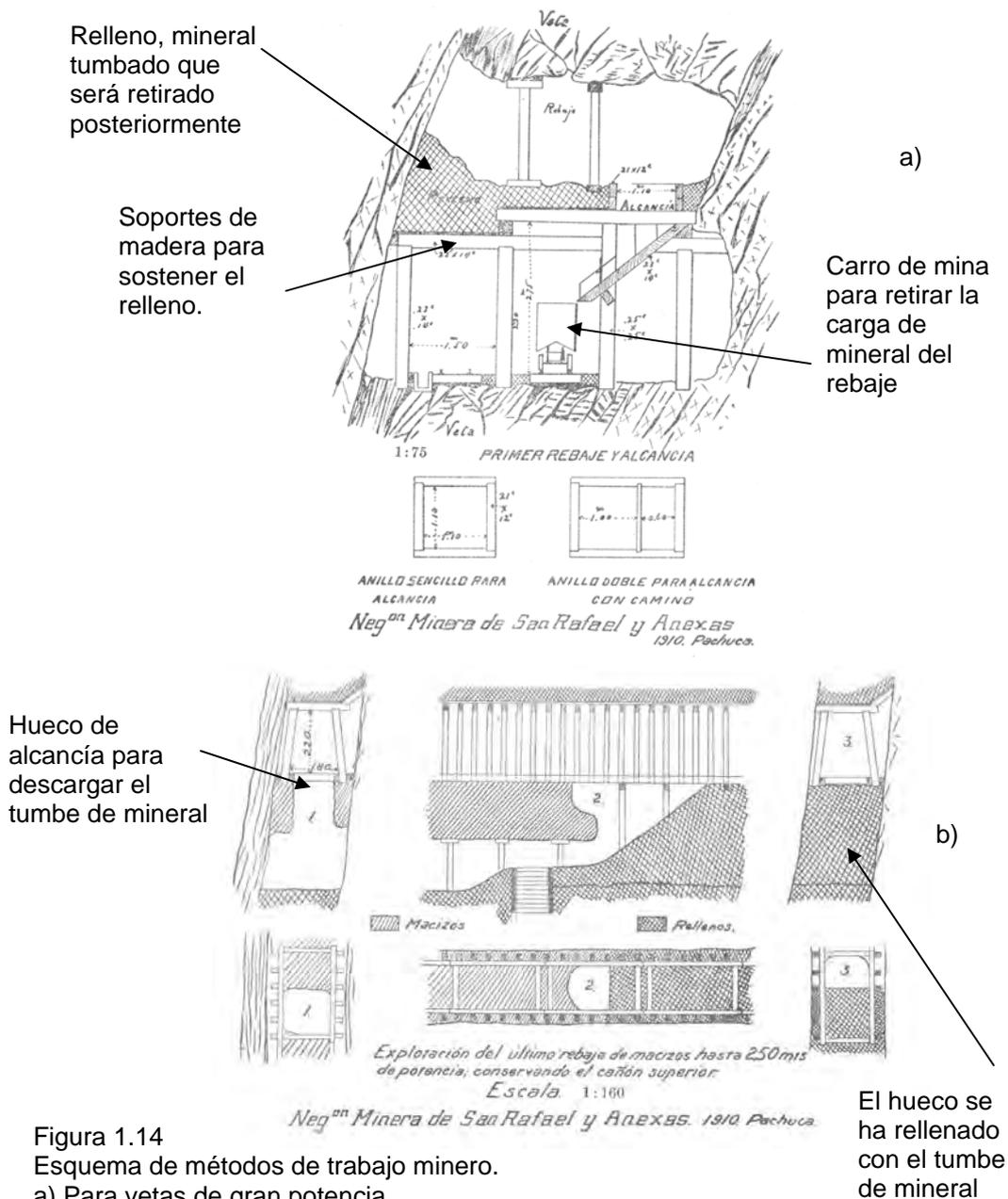


Figura 1.14

Esquema de métodos de trabajo minero.

- a) Para vetas de gran potencia.
- b) Para vetas de potencia hasta de 2.5 metros.

En las figuras se indican como macizos las posiciones de mineral en la veta aún sin trabajar, los rellenos se refieren al mineral que se ha tumbado y que será extraído posteriormente.

Fuente: GROTHE, Albert, SALAZAR, SALINAS, op. cit. México, 1912.

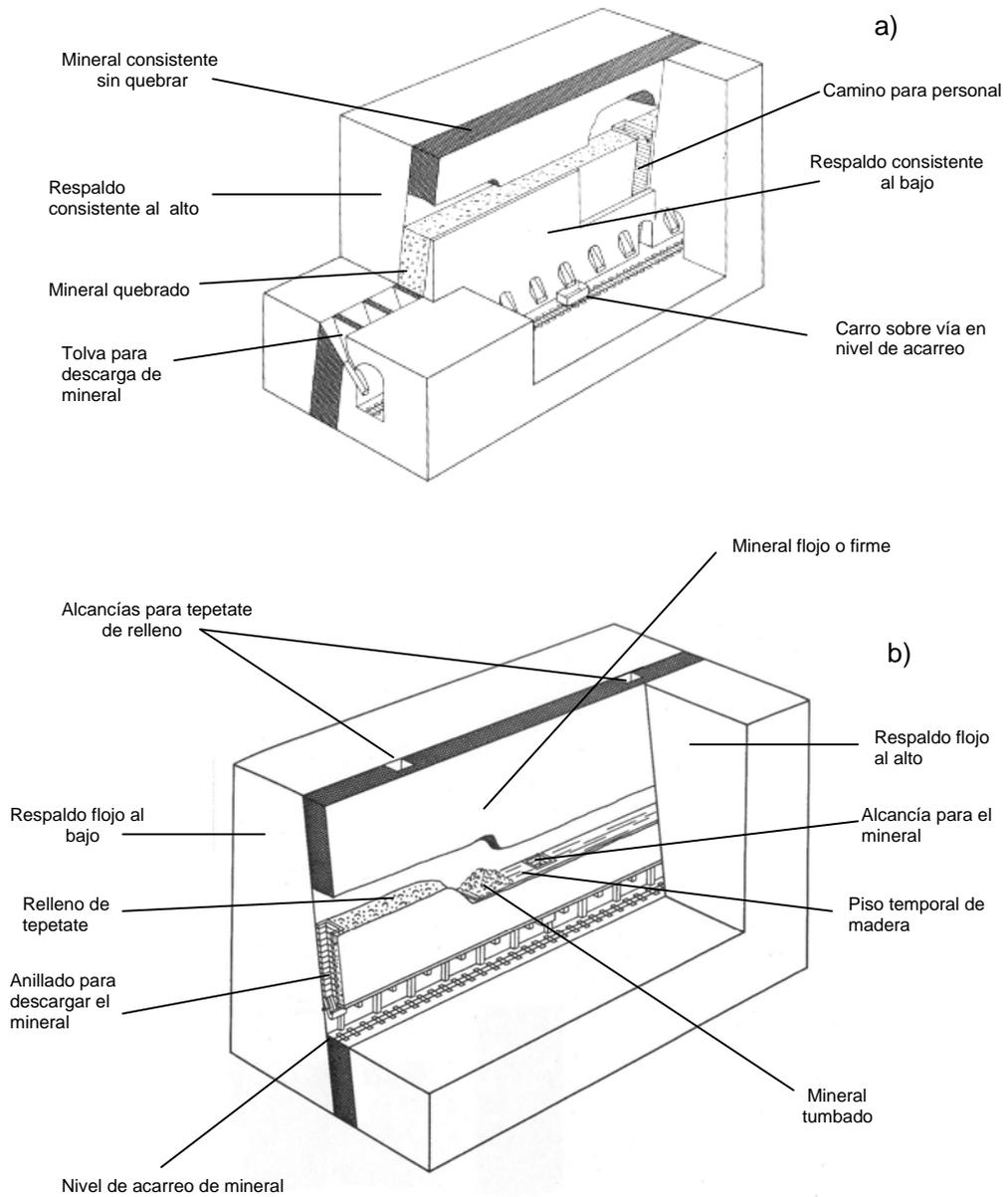


Figura 1.15

Ilustraciones de los métodos de explotación de minas

- Rebaje por sobrecarga b) Corte y relleno

Fuente: LEWIS, Robert Strong, *Elements of Mining*, John Wiley & Sons, New York, 1964.

La Rica



Figura 1.16
Perteneencias asignadas en Real del Monte alrededor de 1912.
El perímetro de la empresa esta indicado con rojo. La Rica se encuentra al norte de la Vizcaína, a la orilla de Real del Monte.
Fuente: GROTHE, Albert, SALAZAR, SALINAS, op. cit. México, 1912.

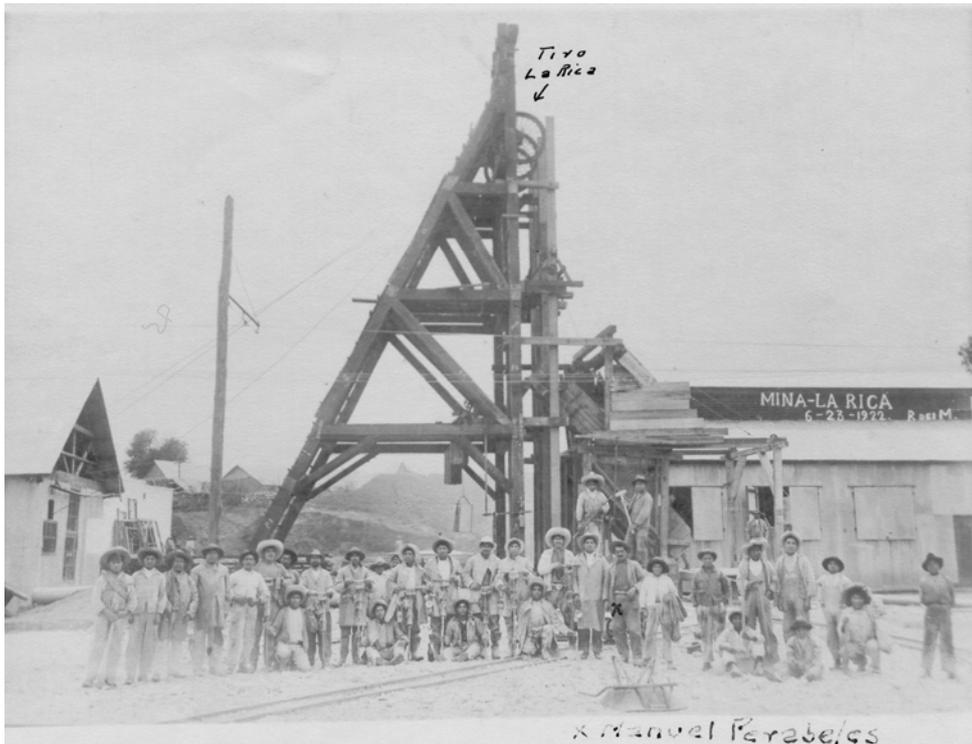


Figura 1.17

Fotografía de julio de 1922 en donde se aprecia un grupo de trabajadores posando con perforadoras del tipo “martillos neumáticos” y una indumentaria impermeable utilizada en sitios muy húmedos. Podría pensarse que se trata del personal del contratista señalado y cuyo nombre aparece al pie de la imagen. Se observa la horca de madera instalada en forma provisional para profundizar el tiro.

Fuente: Ing. Ernesto Straffon, colección particular.

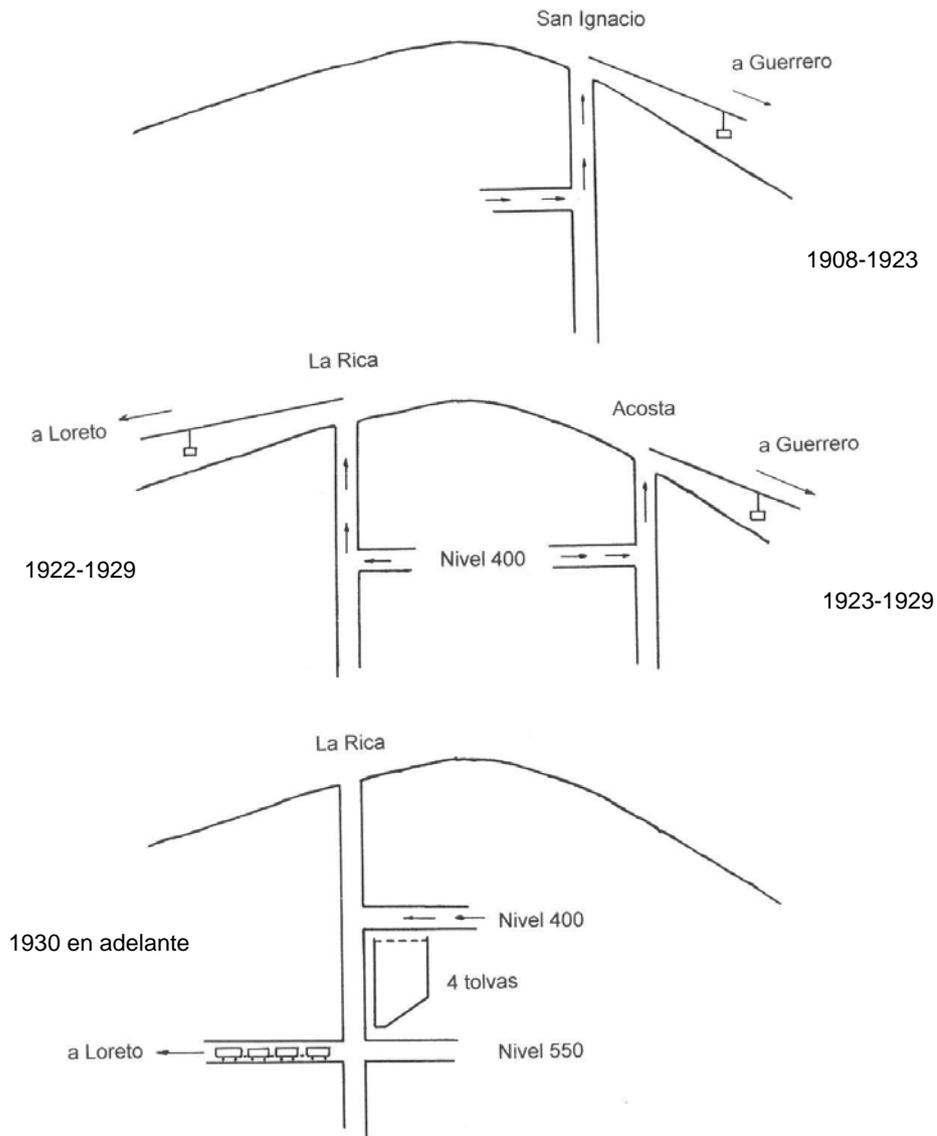
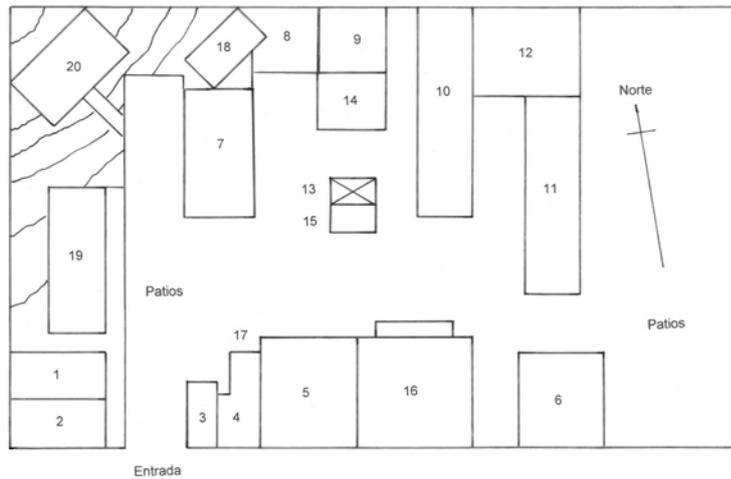


Figura 1.18
 Cambios en la extracción de minerales de Real del Monte a lo largo de la administración norteamericana.
 Fuente: Elaboración propia.



a)



b)

Figura 1.19
Mina de La Rica.

- Vista satelital actual del sitio.
Fuente: Google Earth, julio 2008.
- Croquis esquemático de las dependencias de la mina de La Rica ca. 1940, algunas de ellas se han estimado en su localización a partir de una inspección visual de las actuales instalaciones. Dibujo sin escala.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 1.20

En estas dos imágenes se ilustran trabajadores de talleres de minas, no corresponden a La Rica, son de la fragua de San Rafael y de la carpintería de Santa Ana. Permiten conocer el ambiente de estas dependencias ya que corresponden a la época de estudio.

Fuente: *Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca*, Archivo Histórico y Museo de Minería, Pachuca, 1997.

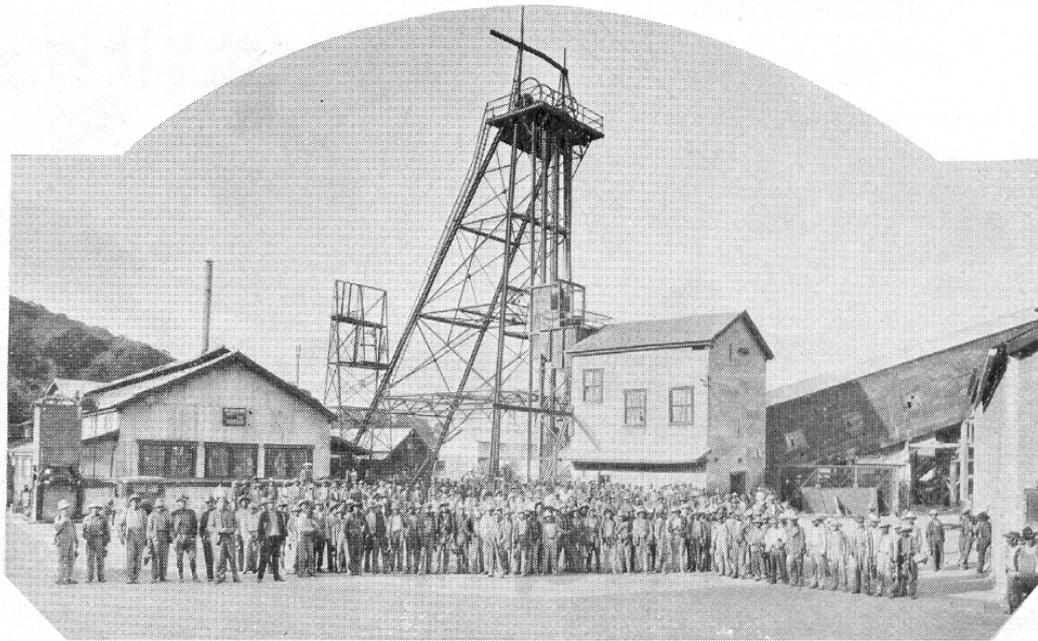


Figura 1.21

Panorámica con los trabajadores de la Mina de La Rica antes de 1930. Al fondo se aprecia la horca definitiva. La estructura inclinada es parte del sistema para transportar el mineral extraído por este tiro y que se conducía a la estación de carga del cable aéreo.

Fuente: SKEWES, J.H., "History of Mexico Richest Silver Mines", Part II, en: *Compressed Air Magazine*, New York, March 1930, p. 3067.



Figura 1.22

Vista de la mina de La Rica desde un extremo de los patios exteriores, donde se almacenaban materiales voluminosos como madera en trozos grandes. Se aprecia una vía férrea electrificada para movimiento de materiales en patio y a la vecina mina de Purísima.

Fuente: *Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca*, Archivo Histórico y Museo de Minería A. C., 1997.



Figura 1.23

Fotografía de la horca o castillete de la minería La Rica tomada el día anterior al anuncio de suspensión de labores de la mina.

Fuente: Fotografía del autor, 9 de enero de 2005.

2 LA ELECTRICIDAD COMO SÍMBOLO DE MODERNIDAD.

El abasto de electricidad fue un elemento clave en las actividades mineras y metalúrgicas de la Compañía de Real del Monte y Pachuca. El objetivo del capítulo es analizar cómo se aplicó la electricidad en las actividades principales de la empresa. Se revisan aspectos relacionados con el suministro de la energía, así como la aplicación de la electricidad en el desagüe de las minas y el accionamiento de maquinaria. Con ello se pretende poner en evidencia que la aplicación de la energía eléctrica modernizó las técnicas y los procedimientos de trabajo, permitiendo alcanzar niveles de producción superiores a los logrados hasta entonces.

2.1 El abastecimiento y la distribución de energía.

La temporalidad de este trabajo se inscribe en el período de la Segunda Revolución Industrial que es considerada en su etapa inicial en el período de 1880 a 1914 y después se tiene un período de desarrollo que según diversos autores llega hasta la década de 1970. La electricidad, uno de los elementos tecnológicos característicos de ese momento fue recibida como una novedad, sus aplicaciones fueron asumidas como modernas, eran un signo de lo que se esperaba del nuevo siglo XX.

La industria y las actividades sociales en general se beneficiaron de las aplicaciones de la energía eléctrica como el alumbrado y el accionamiento de la maquinaria. El efecto de tal tecnología en la minería es señalado por Atlántida Coll-Hurtado y María Teresa Sánchez Salazar en la siguiente observación:

La electricidad fue la innovación tecnológica esencial en los trabajos mineros y la respuesta a lo que tanto se había buscado: la fuerza motriz capaz de desaguar las minas y de iluminarlas. La energía eléctrica modificó los ritmos de trabajo dentro y fuera del socavón; desplazó poco a poco las



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*actividades manuales; favoreció la expansión de la minería en la primera década del siglo XX, tal y como lo habían hecho los ferrocarriles en los últimos diez años del siglo anterior.*¹

El impacto sobre costos de uso de maquinaria fue enorme. En 1906 el costo de potencia en caballos de fuerza obtenidos por máquinas de vapor era de \$ 410 anuales mientras que con energía eléctrica importaron sólo \$ 118 en el mismo período, o sea significó el 28.8 % del costo de la opción vapor.²

2.1.1 Aproximación a los elementos tecnológicos

La aplicación de la energía eléctrica requirió resolver varios problemas, uno de ellos fue la pérdida de potencia al transmitirse a distancia. En analogía a una tubería de agua, el rozamiento del fluido con su medio de conducción es una pérdida, y también a mayor cantidad o caudal, se requiere una tubería o conductores más gruesos. Los primeros sistemas electrotécnicos propuestos por pioneros como Tomás Alba Edison eran del sistema de corriente continua, en cuanto a la transmisión de energía, solo permitían que la distancia de su punto de generación al de aplicación fuera del orden de una centena de metros. Con el sistema de corriente alterna, se utilizan transformadores que permiten elevar el voltaje o tensión de modo que para una misma potencia, la cantidad de corriente disminuye, requiriéndose conductores menos gruesos, reduciéndose la pérdida y haciendo económica y factible la transmisión a grandes distancias.³ Un

¹ Un artículo que hace un cuidadoso análisis del proceso de incorporación de la electricidad en la actividad minera mexicana puede verse en: COLL-HURTADO, Atlántida, SÁNCHEZ-SALAZAR, María Teresa, "Minería y electricidad", en: HERRERA CANALES, Inés, *La minería mexicana. De la colonia al siglo XX*, col. Lecturas de Historia Económica Mexicana, Instituto Mora, El Colegio de Michoacán, Instituto de Investigaciones Históricas- UNAM, México, 1988, pp. 182-204.

² AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, correspondencia de S. M. Cancino, Informe de Mr. Moore a Mr. Hoden con la comparación del costo de vapor y electricidad para producir aire comprimido en la mina de Dificultad, vol. 13, exp. 3, abril 27 de 1906, f. 2.

³ A diferencia de la corriente continua que siempre tiene la misma polaridad y que es el caso de las pilas y baterías eléctricas, la corriente alterna esta cambiando de polaridad usualmente al la frecuencia de 60 ciclos o Hertz por segundo. Los primeros generadores de corriente alterna fueron construidos por Hippolyte Pixii a partir de 1832. Los trabajos de diversos investigadores

inconveniente de esto es el peligro que presentan los altos voltajes por lo que las líneas de transmisión se deben soportar en torres elevadas y usando aisladores adecuados. En los sitios de las aplicaciones basta con un transformador que reduzca el voltaje a los valores de aplicación requeridos. Los transformadores son equipos con gran eficiencia que requieren un mantenimiento mínimo. Un inconveniente de la corriente alterna se refería a la dificultad de accionar motores eléctricos, lo cual se resolvió a partir de los trabajos independientes y simultáneos en la década de 1890 de Nicola Tesla en los Estados Unidos y Nicolai Dolivo Dobronsky en Rusia y Alemania. En esa época se definieron las principales características de la tecnología eléctrica de los generadores y motores de los sistemas trifásicos de corriente alterna que es la modalidad tecnológica eléctrica dominante que hasta el momento actual se utiliza.⁴ En la figura 2.1 se muestran los elementos necesarios de un sistema eléctrico.

Un elemento clave para la producción de electricidad es la fuente primaria de energía que proporciona movimiento a los generadores eléctricos. Puede ser a partir del aprovechamiento de una caída de agua, de turbinas accionadas a vapor o motores Diesel. La modalidad de accionamiento define el nombre genérico de la planta considerada. En las hidroeléctricas, las caídas de agua han constituido posibilidades de gran ventaja ya que su empleo ahorra el consumo de combustible

sobre sus características permitieron conocer y aprovechar el fenómeno de la inducción eléctrica que permite transferir potencia eléctrica entre bobinas o arrollamientos diferentes pero enlazados por el efecto de la inducción electromagnética. Eso permitió el desarrollo del transformador eléctrico, puesto a punto en forma independiente por el norteamericano William Stanley y por los húngaros Zipernowski, Blathy y Déry alrededor de 1885. Puede consultarse las siguientes referencias: DERRY, T.K., WILLIAMS, Trevor, I., *Historia de la Tecnología*, Siglo XXI Editores, tomo III, México, 1987, p. 900, KLINCKWOESTROEM, Carl von, *Historia de la Técnica*, Editorial Labor, Barcelona, 1960, pp. 301, 302, 908, 909, ZOPPETI JUDEZ, Gaudencio, *Estaciones transformadoras y de distribución*, Gustavo Gili, Barcelona, 1972, p. 3, <http://inventors.about.com/library/inventors/blstanley.htm>

⁴ El sistema trifásico de corriente alterna se caracteriza por utilizar tres conductores por los cuales circula electricidad del mismo voltaje y frecuencia pero cuyas alternancias están espaciadas cada una en 1/3 de giro de una rotación. También se acompaña muchas veces el sistema por otro conductor llamado neutro que no tiene voltaje y que constituye un elemento de referencia y seguridad para el sistema. W. KLINCKWOESTROEM, Carl von, *op. cit.* p. 302, DERRY, T.K., WILLIAMS, Trevor, I., *op. cit.* pp. 117-118. KASATKIN, A.S., *Fundamentos de Electrotecnia*, Editorial Mir, Moscú, 1985, pp. 126, 232.

de costo generalmente elevado que se requiere en las termoeléctricas, esto tiene en contraparte una serie de costosas inversiones en infraestructura de represas, canales, tuberías, túneles y otros elementos necesarios. La región de Pachuca y Real del Monte dependió en el periodo de estudio principalmente del abasto de electricidad a partir de hidroeléctricas. En lo anterior fue determinante la cercanía con sitios que contaban con este recurso como fue Huasca, Juandho y sobre todo Necaxa que sería la principal hidroeléctrica del país durante varias décadas. Las termoeléctricas no tienen dependencia geográfica con el recurso, solo estuvieron representadas durante un tiempo por una planta localizada en Pachuca que se comentará más adelante.

2.1.2 Compañías eléctricas relacionadas con la región

Las primeras aplicaciones de electricidad en México fueron hechas a fines del siglo XIX en diversos ramos industriales incluyendo la minería.⁵ Los procesos en general, eran impulsados por las empresas interesadas en contar con esta forma de energía. Otro modelo diferente era el de las compañías que se dedicaban a proporcionar alumbrado público en las grandes ciudades. Pachuca contaba desde 1891 con una pequeña empresa que daba ese servicio, ese antecedente tecnológico importante era la compañía de Rafael de Arozarena, yerno del director de la Real del Monte, José de Landero y Cos.⁶

⁵ Ernesto Galarza menciona que la primera aplicación industrial de la electricidad en México se dio en una textil de León. En cuanto a minería, ésta sería en el año de 1889 en Batopilas, Chihuahua. Otra aplicación pionera sería la mina Santa Ana en Real de Catorce en S. L. P. del 1892. En 1897 mismo año que la de Hidalgo, sería por parte de la Compañía Minera de El Boleo en Baja California. *Vídem.* GALARZA, Ernesto, *La Industria Eléctrica de México*, Fondo de Cultura Económica, México, 1941.

⁶ MANZANO, Teodomiro, *op. cit.*, octubre 24 de 1891.

Para las minas de la región, se tiene la referencia del uso de electricidad para alumbrado por la Negociación Minera de San Rafael en 1892.⁷ Algunos ingenieros de la Compañía de Real del Monte y Pachuca habían propuesto producir el fluido eléctrico y aprovecharlo en los trabajos. La siguiente referencia indica la intención de utilizar caídas de agua o de máquinas de vapor para accionar los generadores:

*Aprovechar la actual caída del agua de la presa del Rey al [Socavón de] Aviadero con el mismo canaleo y columna de agua [ya] establecidos para con un pequeño motor hidráulico apropiado y un también pequeño dínamo para producir electricidad para unas 100 lámparas incandescentes de 16 bujías que ahorrarán una gran parte de lo que ahora se gasta en petróleo y sebo, y disminuirían las probabilidades de incendio.*⁸

*Establecer un dinamo para alumbrar el Distrito de Real del Monte utilizando una máquina de vapor de 200 Revoluciones por minuto y 25 Hp que se tiene en Dificultad. En 1894 se gastaron \$ 154 semanales en petróleo en Real del Monte, se requerirían \$ 6 diarios con electricidad.*⁹

Las propuestas anteriores no fueron estimadas por la Junta Directiva. No se explicitan razones de ello, podría haber sido la intención de no involucrarse en tareas diferentes a las estrictamente mineras. El impulsor del proceso de electrificar, por interés personal, sería el director de la Compañía Real del Monte y Pachuca, José de Landero y Cos. En el año de 1894 se formalizó la Compañía de Transmisión Eléctrica de Potencia del Estado de Hidalgo. Para completar el capital por acciones, hubo participación de capitalistas y de la población en general de Pachuca, la mayoría de las aportaciones provinieron de individuos con mediano potencial económico que contribuyeron a reunir los recursos necesarios.¹⁰

⁷ "San Rafael y Anexas en Pachuca", en: *El Minero Mexicano*, octubre 18 de 1894, p. 181-183.

⁸ AHCRdMyP, Fondo Siglo XIX, Serie Administración de Minas Real del Monte, Andrés Aldasoro y Domingo Gutiérrez a José de Landero y Cos, diciembre 19 de 1894.

⁹ *Ibidem*, Andrés Aldasoro a José de Landero, febrero 23 de 1895.

¹⁰ Los aspectos iniciales del proceso de electrificación pueden consultarse en: ORTEGA MOREL, Javier, "Orígenes de la electrificación del distrito minero Pachuca Real del Monte" en: *Revista del Seminario de Historia Mexicana*, núm. 1, otoño de 1996, Universidad de Guadalajara, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, pp. 77-86.

El mencionado Rafael de Arozarena se convirtió en el ejecutor de la obra. En cuanto a los proyectistas de la misma fueron el Ing. Carlos F. de Landero, hijo de José y a la sazón administrador de minas de Real del Monte y el Ing. Edmundo Girault administrador de minas de Pachuca. Ellos realizaron los proyectos de la planta generadora que se localizó en la cañada de Huasca y de la aplicación de esta energía en diversas minas y haciendas de beneficio. La selección definitiva de los equipos se inició a partir de un viaje que José de Landero realizó por Estados Unidos y Europa.¹¹ Sobre esto puede decirse que la elección de la tecnología de los equipos fue acertada ya que se adquirieron de acuerdo a la tecnología disponible más avanzada del momento: los sistemas trifásicos de corriente alterna.

Debe considerarse que el momento de surgimiento de esta compañía coincide con la puesta a punto de la tecnología eléctrica del sistema trifásico de corriente alterna que es la modalidad de tecnología eléctrica que se impuso y se utiliza hasta la fecha.¹² Se puede considerar que en el caso de la minería de Pachuca y Real del Monte y la Compañía de Transmisión Eléctrica de Potencia en el Estado de Hidalgo, se aplica el concepto de Ian Inkster de “arrivadores o atrapadores tardíos” que se comentó en el marco teórico y que refiere que procesos de industrialización tardíos pueden ahorrar errores costosos. En el caso particular se puede mencionar que hubo aplicaciones anteriores de usos de la

¹¹ El primer proyecto de electrificación de las minas se encuentra en AHCRdMyP, Fondo Siglo XIX, Serie Administración de Minas Real del Monte, Carlos F. de Landero a la Presidencia de la Junta Directiva, marzo 8 de 1895.

¹² Bruno Latour utiliza el término de “caja negra” cuando un elemento tecnológico puede considerarse estable. Puede ampliarse sobre esta idea en el capítulo 2 del libro referido a continuación y que se ocupa de las máquinas, LATOUR, Bruno, *Ciencia en acción, como seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Editorial Labor, Buenos Aires, 1992, pp. 101-137

electricidad en las minas pero se dio el caso de adoptar tecnologías que después quedaron obsoletas.¹³

La planta hidroeléctrica realizó sus primeras transmisiones en noviembre de 1896. Las dificultades iniciales por fallas en los equipos generadores se superaron a partir de marzo del año siguiente cuando se normalizó su operación. De acuerdo con Enrique León López, ese fue el primer caso de transmisión de electricidad a distancia en América Latina.¹⁴

La Compañía de Transmisión Eléctrica de Potencia en el Estado de Hidalgo, aparte de la adaptación de innovaciones tecnológicas mencionadas, obtuvo primicias por tratarse de una empresa dedicada exclusivamente a la producción de electricidad para uso industrial, aspecto inédito en México ya que si bien había otras con mayor capacidad de generación, estas pertenecían a empresas de otros ramos o como en el caso de la compañía de alumbrado de la Ciudad de México tenían el respaldo de una concesión principal para la ocupación de su servicio.

Las primeras aplicaciones de la electricidad en la región a partir de 1897 estuvieron dirigidas al bombeo en las minas y para accionar molinos y maquinaria diversa en las haciendas de beneficio. El alumbrado eléctrico fue aplicado en patios y dependencias, en el interior de las minas se reservó esta mejora a los despachos de los niveles, a las estaciones de bombeo y a algunos sitios de mucho tráfico. Los mineros, en su trabajo cotidiano, continuaron utilizando velas y petróleo.

¹³ Una aplicación pionera de la electricidad se había dado en Real de Catorce, S. L. P., en 1889 con la tecnología de corriente continua que sería posteriormente desplazada por la de corriente alterna. La descripción de esos interesantes equipos está en SOUTHWORTH, John R., HOLMS, Percy G. *op. cit.*, pp. 171, 172.

¹⁴ LEÓN PÉREZ, Enrique, *La Ingeniería en México*, Setenta y siete, México, 1974 p. 84.

El éxito conseguido con la primera planta ubicada en el paraje de Coacoyunga en la barranca de Regla, motivó la construcción de una gran represa para contar con mayor disponibilidad de agua y también construir una segunda planta generadora en la misma región de Huasca denominada San Sebastián y puesta en funcionamiento en 1904. Sin embargo, la energía producida no era suficiente para la demanda, debiendo establecerse en Pachuca una planta termoeléctrica en el Rancho de Los Cubitos en 1906. En 1911 inició operaciones la hidroeléctrica de La Trinidad, en un sitio próximo al límite con el Estado de Puebla, para abastecer de energía a la ferrería de ese sitio y a la ciudad de Tulancingo, con una potencia de 3,000 H. P.¹⁵ Para 1924 pondrían en funcionamiento una tercera planta en Huasca la cual se llamó Santa María. En 1927 la planta original de Coacoyunga fue equipada con un nuevo generador que dejaría los antiguos para emergencias o para casos de muy alta demanda.¹⁶

Las necesidades energéticas de la actividad minera, requirieron de nuevas plantas de mayor capacidad, las cuales demandaron recursos tanto hidráulicos como financieros, fuera del ámbito local. La segunda empresa que abasteció la región de Pachuca Real del Monte fue la Compañía Eléctrica e Irrigadora en el Estado de Hidalgo. La nueva empresa eléctrica se organizó en la Ciudad de México en 1897 e inició operaciones en 1900 aprovechando el caudal del desagüe del Distrito Federal que en ese año inició su descarga en el Valle del Mezquital, en la porción sudoeste del estado de Hidalgo. Además de producir energía eléctrica, esta compañía pretendía manejar el riego con el agua que estaría disponible del Gran Canal. Conviene mencionar que esta empresa puso a disposición 6,000 H. P. producidos en tres plantas que se construyeron en Juandho, municipio de Mixquiahuala, Hgo. Los accionistas eran hombres de negocios de la capital de la

¹⁵ Libro de Actas de la Compañía de Transmisión Eléctrica de Potencia en el Estado de Hidalgo (CTEPEH), ff. 36, 39, 47.

¹⁶ Las fechas de inicio de operación de las plantas de Santa María y Coacoyunga se tomaron de: "Tabla de plantas hidroeléctricas de CFE en operación", en: VIEJO ZUBICARAY, Manuel, Ing., ALONSO PALACIOS, Pedro, Ing., *Energía Hidroeléctrica. Turbinas y plantas generadoras*, Editorial Limusa, México, 1977, p. 83.

República, con ellos estaba el Ing. Gabriel Mancera político prominente y en ese entonces director de la Metalúrgica de Atotonilco El Chico.¹⁷

Pese a contar con una segunda compañía, la demanda de energía presentó mayor crecimiento que las disponibilidades de las plantas ofrecían, aspecto que era generalizado en el país. Las suspensiones de suministro, persistieron durante mucho tiempo. A continuación se presentan referencias de 1907 y 1909 que muestran la gravedad de esas faltas de energía:

Se inundó la estación principal de Cabrera por falta de energía. Se puso a funcionar la [bomba accionada por vapor] cornish de Dolores.

Los trastornos causados por falta de fuerza en la compañía de potencia parece que no se evitarán hasta enero cuando tendrá un refuerzo de 250 Hp. Mientras tanto nuestros ingenieros electricistas están haciendo una distribución económica de la corriente eléctrica y es probable que a fin de no disminuir los trabajos, se haga uso de las máquinas de vapor durante estos tres meses

Por falta de corriente se suspendió el trabajo por varias horas en todos los malacates de Real del Monte a fin de conservar voltaje para las bombas. En la Hacienda de Guerrero hubo interrupciones casi diarias de 12 horas.¹⁸

La ampliación en el suministro vino de un proyecto de gran envergadura: la hidroeléctrica de Necaxa. En este caso la propuesta de la obra corrió a cargo de un grupo anglo canadiense que formó la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz (Mexican Light and Power Co.). El primer paso fue obtener en 1902 la concesión que se había otorgado con anterioridad a un grupo francés, el cual había fracasado en su intento. El gobierno consideró el proyecto de interés público

¹⁷ En el año de 1902 el Consejo Directivo estaba integrado por: Tomas Barniff, José Sánchez Ramos, Enrique Tron, Gabriel Mancera, Alfonso Michel, Graciano Guichard y Francisco Espinoza; Comisario: Porfirio Díaz Jr.; Director General: Antonio Pacheco, referencia en: ZÁRATE RUIZ, Francisco, GARCÍA ALVA, Federico, *Hidalgo Moderno. Álbum descriptivo del Estado*, col. Los Estados y sus Progresos, Oficina Tipográfica del Gobierno del Estado de Hidalgo, Pachuca, 1902, p. 27.

¹⁸ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Libro de Actas de la Junta Directiva, agosto 3 de 1907, octubre 16 de 1909, p. 239, diciembre 15 de 1909.

iniciándose trabajos en 1903 y dada su magnitud se ocupó hasta 7,000 trabajadores en la construcción. Dentro de los objetivos de este proyecto estaba el abastecer de electricidad a la Ciudad de México y a los campos mineros de El Oro y Pachuca.¹⁹ Para 1908 se abastece del fluido a El Oro y en septiembre de 1910 se tienen las primeras pruebas de transmisión a Pachuca. Con relación a esto último debe considerarse que para poder suministrar a la región, la nueva empresa había adquirido previamente la Compañía Eléctrica e Irrigadora del Estado de Hidalgo. La importancia de la conexión a Necaxa está señalada en una publicación de la época:

*En 1910, el distrito de Pachuca del Estado de Hidalgo, dio abundantes pruebas del derecho que le asiste de ser considerado como la región de México que produce más plata y uno de los distritos productores de plata de mayor importancia del mundo. En este año se resolvió el problema de la provisión de fuerza por haberse concluido la línea de transmisión que la lleva, de la planta de la Mexican Light and Power Co. de Necaxa al referido distrito. La transmisión comenzó en el mes de septiembre y fue recibida con general regocijo y seguida de gran actividad [...]*²⁰

La regularización del servicio se consiguió hasta iniciado 1911, es en ese momento cuando el abasto de energía eléctrica permitió aprovechar todas las inversiones en maquinaria, equipos e instalaciones. La empresa mantuvo durante todo el período contratos de suministro con las dos empresas eléctricas que abastecían la región: La Compañía de Transmisión Eléctrica de Potencia en el Estado de Hidalgo y la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz. Dada la extensión de las propiedades, se definieron varios puntos de suministro a las dependencias. La empresa minera se encargó directamente de distribuir la energía a dependencias próximas a los puntos de compra de energía por medio de líneas de transmisión propias y desarrolló un departamento eléctrico que le permitió atender los problemas específicos relativos a esta tecnología. En la figura 2.2 se muestran las principales dependencias, sus puntos de abastecimiento y las

¹⁹ SOUTHWORTH, John R., HOLMS, Percy G. *op. cit.* pp. 136, 137.

²⁰ BRADY, Agustín, "La minería en los campos mineros de México durante el año de 1910", en: Boletín Oficial de la Cámara Minera de México, 1911, pp. 12-14.

líneas propias de la empresa. Se localizó información sobre la fabricación de carburo, proceso que requiere mucha electricidad, sin embargo no se pudo profundizar por falta de más documentos al respecto.²¹

2.1.3 Problemáticas en el suministro de energía

Pese al contar con el suministro de Necaxa, los problemas continuaron por diversas fallas, una nota remitida al Director de la Real del Monte en mayo de 1911 refiere estas molestias:

Se quemaron unos transformadores en Planta Nueva y la Planta de Irrigadora no puede con la carga, teniéndose bajos voltajes. Se ha reducido la carga en Real del Monte [...] La compañía de Luz y Fuerza ha cortado suministro a la gran planta de Cementos Tolteca para abastecernos. La empresa [de Luz y Fuerza] que ha estado en las actuales condiciones desde mediados de septiembre debería ser capaz de protegerse a sí misma contra las frecuentes y muy molestas interrupciones motivadas por puras dificultades eléctricas y mecánicas.²²

Los conflictos de la Revolución Mexicana afectaron esporádicamente la conexión con Necaxa:

Dos veces la semana pasada por algunas horas perdimos una considerable cantidad de tonelaje, las líneas fueron cortadas por bandidos y la Ciudad de México quedó también sin energía. Ayer se cortó la comunicación por tren con México por una gran partida cerca de aquí, hoy se reanudó²³

Un problema persistente para el suministro de electricidad fueron los largos periodos de sequía que constituyeron un frecuente motivo de preocupación. Una referencia de 1913 indica lo siguiente:

²¹ En correspondencia de 1918 se refiere que se ha duplicado la capacidad de la fábrica de carburo con un pequeño costo y que el asunto es un buen negocio, se indican beneficios para la empresa en seis meses por unos 12,000 dólares. AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, vol. 133, exp. 15, f. 15.

²² AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, correspondencia de Van Law, vol. 41 exp. 10, mayo 6 de 1911, f. 151.

²³ AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, vol. 133 exp. 15, año de 1918, f. 73

La situación de potencia nuevamente ha sido muy crítica como fue en esta temporada el año pasado y el año anterior. Las reservas de agua de la planta de Necaxa están en su mínimo nivel, a pesar de que una muy considerable serie de nuevos túneles que completan y conectan con otros vertederos, el agua de la cuenca es exageradamente baja. En El Oro se ha cortado el suministro al 60%, los tranvías de la Ciudad de México están reducidos al mínimo, cada caldera de la Compañía de Luz y Fuerza está en servicio [para abastecer las termoeléctricas] en función del combustible que pueden conseguir. En Pachuca La Blanca y Santa Gertrudis, ambas tienen importantes cortes; todas las plantas menores incluyendo San Rafael tienen corte a la mitad, y nosotros hemos disminuido 500 Hp de trabajo de desarrollo y del bombeo que no afecte producción.

En la nota se indica también:

La empresa [Compañía de Luz y Fuerza] ha tomado mas contratos, pero se asume que por el acuerdo que tenemos, los contratos posteriores al nuestro serán cortados antes para abastecernos.²⁴

En 1940 el director, ante una temporada de sequía y falta de energía eléctrica, realizó una serie de observaciones al jefe de ingeniería del consorcio, donde resalta que una gran cantidad del consumo correspondía a la molienda y los problemas que eso significaba.

Necaxa tiene solo 36 millones de metros cúbicos, en los periódicos se comenta la grave escasez [de lluvia] y una inevitable reducción [en el suministro], aún mayor que la de hace dos años. El Secretario de Economía ha decretado cortes en el consumo de energía, se espera que su reducción sea del 15 %, 1 ¼ de millón de kilowatthoras de nuestro consumo presente de 8 ½ millones de kilowatthoras. No sería conveniente reducir la ventilación [...] La molienda consume un poco más de la mitad de la potencia total [...] la reducción en potencia en los molinos causa problemas que los aumentos en reactivos no reducen [...] Todavía no tengo idea de las medidas necesarias, espero sugerencias.²⁵

²⁴ AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, correspondencia de Van Law, vol. 41 exp. 10, junio 9 de 1913.

²⁵ AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, Correspondencia General, vol. 55, exp. 165, ff 20 y ss.

En el año de 1944 la poca disponibilidad de agua en el sistema Necaxa ocasionó una crisis que requirió la intervención del Gobierno Federal quien emitió el siguiente acuerdo:

A partir del próximo 8 de febrero todos los consumidores de las Compañías Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, Luz y Fuerza de Pachuca, [...] Deberán reducir su consumo en los siguientes términos: 20% (veinte por ciento) para todos los servicios domésticos, industriales, agrícolas, mineros, etc. [...]

Queda facultada la Secretaría de la Economía Nacional para ordenar la suspensión del servicio, [...] a los consumidores que no cumplan con las anteriores disposiciones [...]

Las citadas restricciones permanecerán en vigor hasta tanto entra en operación la planta hidroeléctrica de Ixtapantongo o el turbogenerador de Nonoalco, o se cuente con las disponibilidades de agua necesaria para atender las demandas totales del consumo [...]²⁶

Un boletín dirigido por el Director a los empleados usuarios de casas de la compañía indica medidas compensatorias de la escasez de energía eléctrica:

La Compañía de Luz y Fuerza Motriz de Pachuca nos ha informado que el agua en Necaxa esta tan baja que debe ser hecho todo lo posible para reducir el consumo de potencia.

Eliminar luces innecesarias de patios, reducir el tamaño de los focos y apagar luces y calentadores cuando no se necesiten, eso nos ayudará significativamente.

Su apoyo será apreciado.

A.B. Marquand²⁷

Poco después de la venta de la empresa al Gobierno Federal, en 1947, otra severa escasez de lluvia obligó a tomar las siguientes medidas:

Debido a la falta de energía eléctrica, la Compañía de Real del Monte y Pachuca ha establecido desde el pasado miércoles [solo] dos

²⁶ AHCRdMyP, Sección Minas, Ramo Otras Unidades, Serie Departamento Eléctrico, transcripción mecanográfica del acuerdo aparecido en el Diario Oficial el 2 de febrero de 1944, caja única, exp. 4.

²⁷ AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, correspondencia de A. B. Marquand, enero 15, 1944, vol. 35, exp. 114.

turnos en las minas de su propiedad para hacer un ahorro del 40 % de corriente eléctrica.

[...] Los mineros que cubrían el turno de 3 PM a 10 PM, fueron distribuidos en el primero y tercer turno de tal manera que no se ha suspendido un solo trabajador.²⁸

El problema de suspensiones del suministro tenía causas estructurales que solo se resolvieron con el aumento de plantas generadoras y la diversificación de éstas considerando termoeléctricas, las cuales no dependen de las lluvias sino de la quema de combustible para accionar motores que impulsan a los generadores eléctricos. En esto debe considerarse la creación de la Comisión Federal de Electricidad que a partir de un modesto comienzo en 1937, crecería de manera notable y llegando a convertirse en proveedora de energía para la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, la principal empresa de la región.²⁹

2.1.4 Consumos y aplicaciones de la energía

Pese a los problemas señalados y que ocasionaban reducciones en la producción, el consumo de energía eléctrica de la empresa aumentó continuamente. En la figura 2.3 se ilustran los consumos totales en diversos momentos del período de estudio; se observa que el consumo entre 1917 y 1933 (16 años), aumento casi al doble. El detalle por punto de conexión a la compañía durante el mismo período esta en la figura 2.4, se puede observar ahí el alto crecimiento del requerimiento de energía para la hacienda de beneficio. En la figura 2.5 se desglosan los consumos por aplicación genérica de 1933.

Para la atención de los asuntos eléctricos la empresa contaba con un departamento con personal especializado. Con objeto de atender la instalación de maquinaria nueva, en 1908 la Compañía de Real del Monte y Pachuca insertó avisos en el periódico impreso en inglés *Mexican Herald* cuya traducción sería:

²⁸ “Falta de energía eléctrica”, en: *El Sol de Hidalgo*, julio 26 de 1947.

²⁹ Sobre el crecimiento y papel de la CFE puede consultarse el libro: COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, *Evolución del Sector Eléctrico en México*, Edición conmemorativa del cuarenta aniversario de la CFE, pp. 39-41.

*Se solicitan electricistas y técnicos electromecánicos e instaladores. Contestar indicando edad, nacionalidad y experiencia con copias de referencias.*³⁰

En la relación de personal del departamento, para 1910 sólo eran extranjeros los dos jefes de esta área asignados a Pachuca y Real del Monte. Había 24 personas en Real del Monte y 21 en Pachuca, en total 45, el número de empleados con sueldos mayores a los electricistas comunes era de siete. Para 1933 en una relación detallada de toda la empresa, aparecen 38 electricistas y 28 ayudantes. Al año siguiente en la lista de empleados había dos ingenieros electricistas, lo que daba un total de 68 personas en esta actividad.³¹ La empresa disponía de un taller principal dentro de la Hacienda de Loreto, ahí se realizaban reparaciones mayores como el embobinado de motores grandes o de transformadores. Cada mina contaba con un taller con personal permanente que instalaba y atendía los equipos propios así como reparaciones menores.

2.1.5 La Compañía de Real del Monte y Pachuca, contratista en el sistema Necaxa

El año de 1921 presentó problemas para las actividades industriales, el fin de la Primera Guerra Mundial ocasionó una disminución en la demanda de metales y una sequía causó dificultades a la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz. En ese contexto, la productora de electricidad planteó el continuar con las obras de ampliación del complejo hidroeléctrico de Necaxa y la Real del Monte participó en la construcción de un túnel para abastecer de agua a una nueva planta

³⁰ AHCRdMyP, Informes Minas de Pachuca, julio 6 de 1908.

³¹ AHCRdMyP, Dirección General, Relaciones Laborales, Lista de Raya semana de agosto 2 de 1933 y relación de empleados de confianza, junio 29 de 1934, ambos en el vol.124, exp. 17.

hidroeléctrica del sistema Necaxa.³² La siguiente referencia es el acuerdo para la participación en los trabajos de la planta de Tepexic.

A partir de las solicitudes recibidas: se autoriza al Sr. Calland para celebrar con la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz un contrato de obras que tendrá por objeto la excavación de un túnel de presión de agua de una longitud aproximada de 3,500 m y el revestimiento del mismo con concreto, el cual será construido en Tepexic, según los planos y especificaciones de antemano convenidos. En dicho contrato la Compañía de Real del Monte y Pachuca será la contratista y la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz la dueña de la obra.³³

El 23 de agosto de 1921 se firmó el contrato definitivo, acordándose un pago de \$ 125 dólares por metro lineal excavado, siempre y cuando no se encontrara arena que requiera trabajos especiales de afianzamiento; también se consideraron hasta un 12 ½ % de extras por las tareas de revestimiento, supervisión y construcción de los campamentos y talleres necesarios. La Compañía Mexicana de Luz y Fuerza proporcionó entre otras cosas: la construcción de caminos y vías férreas necesarias, materiales como grava y arena, así como el suministro de energía eléctrica y una cantidad de aire comprimido. Los trabajos se realizaron en los dos extremos del túnel y dos cruceros excavados, lo que supuso 6 frentes de excavación. Las actividades se habían iniciado desde junio de ese mismo año cuando salió de Pachuca un equipo de topógrafos, las estimaciones de tareas y requerimientos de materiales se efectuaron en julio, y en agosto realizaron las obras de preparación y las primeras excavaciones. El despliegue de recursos de maquinaria y personal por parte de la Real del Monte fue a gran escala, concluyéndose con los revestimientos finales, llenado del túnel y prueba de conducción de agua, el 27 de diciembre del año

³² de la GARZA TOLEDO, Enrique, *et. al.*, *Historia de la Industria Eléctrica en México*, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México, 1994, vol. 1, pp. 63, 64.

³³ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, p. 199, septiembre 24 de 1921.

siguiente. Así la segunda planta generadora del sistema Necaxa tuvo una alimentación de 70 litros por segundo.³⁴

La figura 2.6 muestra un esquema del sistema Necaxa en el que aparecen las plantas generadoras y se señala el túnel construido por la Real del Monte. La información consultada menciona algunos conflictos laborales de los mineros en febrero de 1922 pero no abunda en detalles al respecto, sin embargo Enrique de la Garza informa que se suscitaron problemas laborales por los pagos que eran inferiores a los acostumbrados y otras condiciones que corrigió la empresa eléctrica después de solicitarse incluso la intervención del Presidente de la República.³⁵

Como se vio en este apartado, la consecución de un adecuado suministro de electricidad fue un proceso complejo que involucró a la propia empresa. En páginas siguientes se revisará el cambio en las operaciones que propició la incorporación de energía eléctrica.

2.2 Las mejoras en el bombeo.

La presencia de agua en las minas obedece a características que presenten los suelos. De acuerdo a la porosidad o grietas que estén presentes en éstos, ocurren filtraciones que penetran en los suelos hasta alcanzar alguna capa impermeable que propicia la acumulación o saturación del líquido en ciertos sitios. Corrientes superficiales o los regímenes pluviométricos influyen en el nivel hidrostático de las aguas subterráneas.³⁶ Uno de los principales problemas de la

³⁴ AHCRdMyP, Sección Minas, Serie Túnel Necaxa, caja única, Reportes Mensuales Túnel Tepexic y Contrato entre CMLyFM y CRdMyP expedientes, 8 y 9.

³⁵ de la GARZA TOLEDO, Enrique, *et. al., Historia de la Industria Eléctrica en México*, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México, 1994, vol. 1, 1994, pp. 64 a 67.

³⁶ El manto freático se define en el terreno poroso situado entre la superficie y un lecho inferior impermeable. *Vídem:* "Freático", en: de GALIANA Mingot, Tomás, *op. cit.*, tomo 3 p. 479., En zonas permeables, la capa o zona límite de la superficie de saturación de agua se llama nivel

minería subterránea es enfrentar las infiltraciones que dificultan o imposibilitan el trabajo. Por eso es necesario disponer de medios para retirar la acumulación de agua de una manera eficiente y económica.

2.2.1 Sistemas antiguos de desagüe

El primer sistema para retirar el agua utilizado en el distrito fue emplear malacates para sacar sacos o “cueros” que se llenaban con agua y se subían por medio de una soga, que en la superficie se enredaba en un tambor girado por medio de caballerías. Este esquema también se utilizaba para bajar y subir al personal, o los materiales, y permaneció en uso hasta el siglo XIX cuando la maquinaria a vapor incorporó nuevas soluciones tecnológicas.

Otra manera para extraer el agua de las minas, fue la construcción de socavones de desagüe. Estos consistían en túneles comunicados horizontalmente al exterior y su trazo, con ligera pendiente, permitía que el agua conducida por un canal o tubería escurriera hacia fuera. Inés Herrera señaló en un estudio sobre los “socavones aventureros” -denominación que aparece en la legislación virreinal-, que estas obras costosas requerían fuertes capitales y que había en ellos un riesgo enorme en cuanto a los resultados, en compensación a ello, los propietarios obtenían algunos privilegios adicionales a los de cualquier denunciado minero. Sin embargo un móvil importante, adicional al desagüe, era la expectativa de poder aprovechar en el trayecto de la hechura del socavón las vetas conocidas que cruzara o de otras nuevas que aparecieran.³⁷ En la figura 2.7 se muestran algunas de estas obras emprendidas en el distrito. La primera de ellas fue la del socavón de Morán emprendido por Pedro Romero de Terreros entre 1749 y 1762 que permitió acceder en su momento a las riquezas de la Veta Vizcaína de Real del

freático. Sobre este nivel se encuentra la zona de aireación, *Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2002*. © 1993-2001 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

³⁷ HERRERA CANALES, Inés, “Los socavones aventureros”, en: *Historias*, núm. 28, Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 75-86.

Monte. El socavón de Aviadero era otra solución similar, pero a mayor profundidad, emprendido por el tercer Conde de Regla en 1816³⁸. Sin embargo, sus trabajos fueron suspendidos principalmente por la falta de recursos ya que la explotación de las minas era cada vez más onerosa y los frutos eran insuficientes.³⁹ Posteriormente, los ingleses desestimaron la obra y fue terminada por la compañía mexicana hasta 1868, constituyendo el principal desagüe de Real del Monte.⁴⁰ En 1912 el socavón con todos los ramales de comunicación alcanzaban una longitud de 13 kilómetros.⁴¹

Un proyecto ambicioso propuesto a finales del siglo XIX fue el socavón Neptón, que pretendía drenar los fundos de Mineral de El Chico y prolongarse hasta Pachuca, aspecto que no logró concretarse por el enorme capital requerido para emprender esa obra. En Pachuca, a fin de superar la inundación subterránea de 1895 se proyectó y construyó el socavón Girault que fue terminado en 1902 con una longitud incluyendo sus ramales de 2.6 kilómetros.⁴² A fin de comunicar Real del Monte y Pachuca se completó en 1929 el túnel de acarreo principal de poco más de 5 kilómetros que también alojó una tubería de 25.4 centímetros de diámetro para conducir agua a la hacienda de Loreto, necesaria para los procesos en la época de estiaje.⁴³

2.2.2 Máquinas hidráulicas y el uso de vapor

Una bomba es una máquina que sirve para mover o elevar líquidos. El uso de máquinas complejas para el desagüe en el distrito, se inició con el equipo

³⁸ RANDALL, Robert W., *Real del Monte: Una empresa minera Británica en México*, 1a. edición en español, Fondo de Cultura económica, Madrid, 1977, pp. 30, 31, 117-119.

³⁹ NAVARRETE GÓMEZ, David, "Crisis y supervivencia de una empresa minera a fines de la colonia: La Vizcaína (Real del Monte)", en: HERRERA CANALES, Inés (coordinadora), *op. cit.* 1998, pp. 115-116.

⁴⁰ ORDÓÑEZ, Ezequiel, RANGEL, Manuel, *op. cit.*, 1899, pp. 56,57

⁴¹ GROTHE, Albert, SALAZAR SALINAS, Leopoldo, *op. cit.*, p. 49

⁴² AGUILERA SERRANO, José Guadalupe, ORDÓÑEZ, *op. cit.*, pp. 17, 18. GROTHE, Albert, SALAZAR SALINAS, Leopoldo, *op. cit.*, pp. 73, 74

⁴³ AHCRdMyP, Informes de minas Pachuca, Proyecto de centralización, caja 2, exp. 14, pp. 7, 12.

accionado por columna de agua que diseñó e instaló Andrés Manuel del Río en la Mina de Morán a inicio del siglo XIX. Eso fue una alternativa al disponer de máquinas de vapor, ya que el país en general carecía de carbón mineral o leña en cantidades significativas. El resultado sin embargo no fue del todo exitoso, cuando era temporada de estiaje en Real del Monte no se disponía de agua de lluvia suficiente en esos meses y solo se podía poner en funcionamiento la bomba algunas horas.⁴⁴ La suspensión de actividades a partir de 1819 puso en paréntesis esta alternativa que sería intentada nuevamente por la compañía mexicana. En 1883 se adquirió en Alemania otra máquina de ese tipo para aplicarla en la misma mina de Morán. Pese a contarse con una represa, el resultado continuó siendo insuficiente en la temporada de sequía por lo que no se generalizó esa alternativa.⁴⁵

La compañía británica introdujo en 1826 la máquina de vapor para accionamiento de bombas lo que significó otro momento tecnológico. La mayoría de las bombas utilizadas en ese tiempo pertenecían llamado *cornish* las cuales eran del tipo de pistones. En la figura 2.8 se muestra una instalación de este tipo. Debe considerarse que en la superficie se disponía de las calderas, la máquina de vapor y otros elementos mientras que la bomba que se instala en lo profundo de la mina. El acoplamiento entre máquina de vapor y bomba se conseguía por medio de un sistema de vigas de madera o varillas de acero, denominadas cadenas que eran colocadas a todo lo largo del tiro. El movimiento de todo esto representaba pérdidas de energía en el sistema, además de constituir una potencial fuente de descomposturas y reparaciones bastante engorrosas y peligrosas. La presión atmosférica es la razón por la que la bomba no puede estar a mucha altura de la superficie del líquido. Si existe una elevación demasiado grande, la columna de

⁴⁴ MIRA, Guillermo, "Minería y metalurgia", en: VILCHIS, Jaime, ARIAS, Victoria, *Ciencia y técnica entre Viejo y Nuevo Mundo*, Quinto Centenario, Col. Encuentros, Serie Catálogos, Lunwerg Editores, Consejo Internacional de Archivos, Ministerio de Cultura, Barcelona, 1992, pp. 90, 94. HUMBOLT, Alejandro de, *op. cit.*, pp. 362, 363.

⁴⁵ ORDÓÑEZ, Ezequiel, RANGEL, Manuel, *op. cit.*, pp. 55, 56.

agua que se forma no puede sostenerse por la acción de la presión atmosférica en el punto de succión y se puede presentar una evaporación repentina de partículas de aquel líquido que se conoce como cavitación. En la región de Pachuca y Real del Monte aunque la presión atmosférica equivale a aproximadamente a diez metros, en la práctica se sugiere no exceder siete metros de elevación en la succión. La figura 2.9 ilustra un detalle de la bomba. La parte activa se desplaza alternativamente dentro de un cilindro, y dispone de válvulas de aspiración y descarga que permiten el introducir energía de presión al líquido. Pese a la complejidad de los sistemas accionados por las máquinas de vapor, se consiguió reducir de una manera muy significativa el costo del desagüe en comparación con uso de malacates y cueros.

2.2.3 Las bombas accionadas eléctricamente

La aparición de la energía eléctrica permitió plantear su uso para el bombeo. La compañía de Real del Monte y Pachuca instaló un grupo de bombas del tipo de pistones accionadas por motores eléctricos en la mina de Dificultad. La instalación se inauguró el domingo 28 de marzo de 1897.⁴⁶ Los nuevos equipos no tuvieron resultados contundentes, las máquinas se calentaban y había un problema que causó molestia: la relativa alta velocidad de los motores eléctricos requería de utilizar transmisiones y engranes sin embargo, éstos se rompían de manera frecuente.⁴⁷ Estos cambios tecnológicos se pueden considerar de acuerdo a la propuesta de Santiago Riera i Tuèbols, prologuista de Bertrand Gille como de “sistemas técnicos en continua sustitución”.⁴⁸

⁴⁶ AHCRdMyP, Fondo siglo XIX, Administración de minas de Real del Monte, abril 25 de 1897.

⁴⁷ Al mes de ser inauguradas las bombas, ocurrió la primera rotura de los dientes de los engranes, después se localizaron otros reportes de nuevas roturas, se asumió que había problemas en la calidad de las piezas, quizá causadas por la forma de enfriar la pieza después de haber sido fundida. En la correspondencia se indica que las piezas se repararon en la maestranza de Real del Monte. AHCRdMyP, Fondo siglo XIX, Administración de minas de Real del Monte, abril 28, junio 10 y julio 28 de 1897.

⁴⁸ GILLE, Bertrand, *op. cit.*, pp. 12, 125-127.

Ante las primeras experiencias, los fabricantes de equipos de bombeo, revisaron diseños y materiales a fin de adaptarse a las nuevas condiciones de mayores velocidades. Los avances en metalurgia, mecánica y lubricación entre otros aspectos, permitieron que las bombas de pistones se accionaran con motores eléctricos, y se asignaran a casos específicos con volúmenes moderados, grandes elevaciones y una buena calidad del agua sin arenas o impurezas. En segundo término se buscó un sistema diferente de bomba que se adaptara a los nuevos motores.

A fines del siglo XIX, se introdujeron las bombas centrífugas. Estos equipos requerían de un accionamiento de alta velocidad, y para eso los motores eléctricos estaban ampliamente indicados. La ilustración de ellas se ve en la figura 2.10. Funcionan estas máquinas por el giro de una pieza denominada impulsor, la cual dispone de unas ranuras o alabes que transmiten el movimiento a las partículas de agua que están en su proximidad. De esa manera las partículas adquieren velocidad y salen del impulsor. La carcasa en que se aloja el impulsor tiene forma espiral que contribuye a darle dirección a las partículas del fluido. Mientras eso ocurre, se presenta en el centro del impulsor un vacío relativo que propicia la llegada de líquido a la bomba. De esa manera se tiene un funcionamiento continuo, la máquina es simple, no requiere de válvulas y su construcción es relativamente ligera. Para conseguirse grandes elevaciones trabajan por etapas impulsores en serie sobre el mismo eje y dentro de una misma estructura. Ese fue el tipo de centrífugas que se instalaron como máquinas principales para el desagüe de las minas. Como había ocurrido con las máquinas de vapor, la instalación de este equipo –que no fue la primera en el distrito- constituyó un acontecimiento relevante que es recogido por el profesor Teodomiro Manzano:

Asistieron el gobernador y el obispo de Tulancingo, se dijo misa en el nivel 400, habiendo concluido la ceremonia se siguió descendiendo hasta el nivel 527 donde se encuentran las bombas. Las autoridades civiles y eclesiásticas fueron acompañadas de señoras, señoritas y caballeros. Todos llevaban trajes apropiados, con su correspondiente vela encendida

en el sombrero. La bomba es acoplada, de movimiento rotatorio, eleva a 250 metros 7,000 litros por minuto con una potencia de 800 caballos de vapor.

La nota añade que la presencia de damas fue algo extraordinario ya que:

Hay creencias entre los mineros que cuando bajan las mujeres a las minas, estas se emborrascan, es decir se pierde la veta metálica.⁴⁹

La anterior fue una de las últimas ceremonias del tipo referido. Los norteamericanos realizaron en 1908 una concurrida inauguración de la Hacienda de Guerrero, la cual se comenta en el apartado 5.3.2.

En la figura 2.11 se muestra una fotografía y un diagrama de la estación de bombeo de la Negociación de San Rafael que muestra el uso de los dos tipos de bombas, centrífugas y de pistones.

El relevo de las máquinas de vapor por las eléctricas fue un proceso lento, debe considerarse que las primeras bombas eléctricas se habían instalado en 1897. El aspecto fundamental en el cambio de equipos era el tener la certeza del abasto de energía y superar fallas imprevistas. Un artículo técnico publicado en 1908 indica al respecto:

Prácticamente todas las bombas son eléctricas, la mayor parte son centrífugas pero hay algunas de pistones. También hay algunas eléctricas sumergibles pero no han probado ser muy satisfactorias. La mayoría de las bombas cornish han sido desmanteladas por su alto costo de operación, pero en algunos tiros como Dificultad, Dolores y San Juan, se conservan éstas junto con sus calderas listas para uso en caso de fallas en el suministro eléctrico.⁵⁰

En las siguientes notas se expone la situación de emergencia que se resolvía con las antiguas máquinas de vapor:

⁴⁹ MANZANO, Teodomiro, *Anales del Estado de Hidalgo*, 6 de agosto de 1905.

⁵⁰ RICE, Claude T. "Pachuca and Real del Monte Silver District" en: *The Engineering and Mining Journal*, sept. 12, pp. 648.

La bomba Sulzer del desagüe de San Juan Pachuca de 250 HP se detuvo para reparación. Vino una avenida de agua y todo se inundó, se puso a funcionar la bomba [de vapor] cornish, se espera en tres días baje el nivel y puedan secarse las máquinas.

Se le rompió una varilla [de la máquina de vapor] el día 11 [de septiembre] y se inundó por segunda vez. Se trabajó día y noche en la maestranza para repararla, el 17 volvió a funcionar la cornish. El nivel del agua bajó 1.95 metros en 30 horas.

El día 9 de diciembre dejó de funcionar la cornish volviendo a trabajar la Sulzer como antes.⁵¹

En reportes de la década de 1920 ya no se indica que se utilicen las máquinas de vapor, y se asume que en esos años se completó el relevo del vapor por la energía eléctrica.

Una constante preocupación de la Dirección fue la atención de las bombas. La incorporación de las nuevas bombas centrífugas accionadas por motores eléctricos había sido un proceso que requirió aprender los conocimientos de los nuevos equipos. En 1908 se publicó el siguiente informe técnico:

En Barron se tiene una Sulzer óctuple que eleva de una vez, del [nivel] 450 al 50 (1,312 pies). Es quizá la elevación más grande en México. Su gasto es de 2,250 litros por minuto, esta impulsado por un motor de 350 HP., 1,040 Volts y toma 163 Amperes.⁵²

Al proyectarse la estación de bombeo de Paraíso en Pachuca en 1918 se indicó lo siguiente:

Estamos firmemente decididos a no apartarnos de nuestro estándar de bombas Sulzer, pero si esto es insostenible por las actuales condiciones de

⁵¹ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, reuniones septiembre 12, 26 y diciembre 26, 1908, pp. 149, 151, 166.

⁵² "Special Correspondence", en: *The Engineering and Mining Journal*, New York, dic. 3, 1908, pp. 1051-1052.

*la guerra, y debemos apoyarnos en una segunda alternativa, consideramos que una bomba Byron Jackson con motor General Electric será tan satisfactoria como cualquiera.*⁵³

La empresa mantuvo con la empresa norteamericana General Electric una relación estrecha, se tienen referencias de reuniones entre directivos.⁵⁴ A partir de la Primera Guerra Mundial, los materiales y los motores o equipos europeos presentaron dificultades de comercialización por el conflicto bélico y no fueron disponibles en México. De esa manera, los motores europeos se sustituyeron por equipo norteamericano y en la Compañía de Real del Monte y Pachuca, en su mayoría de la marca referida.⁵⁵

Para la atención de las máquinas, periódicamente se tenían asesores externos o de los fabricantes de equipos que revisaban las condiciones de operación. En una carta de 1927 se habla de un asesor, que había ajustado las bombas, se señala la importancia de este asunto:

*Se sugiere que el Sr. Ferster se quede, es un hombre muy valioso, podríamos cambiarlo por Jessen que no tiene valor para nosotros. Atendería compresores, bombas y cualquier otra maquinaria que hemos instalado o que en el futuro lo hagamos, es un hombre de trabajo duro y creo que conoce su negocio. [...] Desafortunadamente no habla inglés pero habla muy buen español y probablemente aprendiera hablar inglés puesto que conoce tres o cuatro idiomas.*⁵⁶

Si bien no se tienen noticias de la incorporación de esta persona, el punto referido, fue cuidadosamente atendido. En 1908 se bombeaban más de 20.7 metros³/minuto, en 1929 el volumen era de 37.85 metros³/minuto. En los inicios de

⁵³ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de Especial de la Dirección, correspondencia, vol. 89 exp. 71, marzo 13 de 1918, f. 110.

⁵⁴ AHCRdMyP, Dirección General, Correspondencia de M.H. Kuryla, vol. 26, exp. 19, ff. 13, 30, 31.

⁵⁵ En el caso de los compresores en 1925, el 70% era ya accionado por motores de la marca referida. AHCRdMyP, Dirección General, Correspondencia de E. I. Young. Hoja de datos de compresores dibujo P-3-373, septiembre 28 de 1925 en: vol. 45, exp. 15, f. 2.

⁵⁶ AHCRdMyP, Dirección General, Correspondencia de M.H. Kuryla, vol. 26, exp. 19, informe de septiembre 1 de 1927.

la década de 1960 la empresa paraestatal asumía que había disminuido el bombeo por la suspensión de trabajos y se tenía un caudal de 18.36 metros³/minuto. El desglose de esta situación se muestra en la figura 2.12.

Cabe mencionar que actualmente aunque se ha dejado de extraer mineral el bombeo continúa. La empresa mantiene un convenio con la Comisión de Agua Alcantarillado y Servicios Intermunicipales (CAASIM) que es el organismo que se encarga del abastecimiento en Pachuca y municipios vecinos a fin de realizar bombeo en las minas. El agua común después de recibir un tratamiento adecuado se destina al suministro público de la región.⁵⁷ El agua potable de alta calidad extraída de la mina Paraíso de Pachuca, se envasa y comercializa como agua purificada (figura 2.13).⁵⁸ Las estaciones de bombeo subterráneas requieren atención por lo que los tiros y malacates para su acceso están también en condiciones de operar.

2.3 La maquinaria y su accionamiento.

Una de las aportaciones más importantes de la electricidad fue el permitir el accionamiento de maquinaria diversa de una manera fácil en comparación con los sistemas accionados por animales, ruedas hidráulicas o máquinas de vapor.

⁵⁷ El bombeo para abastecimiento público se realiza a partir de minas vecinas a la de San Juan Pachuca. Se tiene previsto en 2009 realizar bombeo en la mina de El Álamo en Pachuca y en la de Dificultad de Real del Monte.

⁵⁸ La calidad del agua de la mina de Paraíso fue reconocida desde el inicio de la administración norteamericana, inicialmente se pensó en entregarla al municipio como agua potable en compensación de impuestos, pero eso no se concretó. La empresa la utilizó para abastecer a sus dependencias de agua potable y construyó una red privada de abastecimiento que alcanzaba las casas de los altos empleados de la empresa. Una cierta cantidad de esta agua se repartía en pipas a domicilios de empleados y a algunos otros beneficiarios como escuelas, médicos y otros.

2.3.1 Consideraciones sobre el accionamiento

Una primera etapa tecnológica fue la sustitución de los antiguos medios de accionamiento por motores eléctricos. Lo anterior sin embargo no era tan simple ya que hubo que hacer cambios a las máquinas para adaptarlas a condiciones diferentes de velocidad, arranque u otros parámetros. Una consecuencia de lo anterior fue la definición de maquinaria nueva sin precedentes directos en la época anterior a la electricidad.

En el caso que nos ocupa y en atención únicamente al accionamiento eléctrico, se asume la siguiente clasificación de la maquinaria de la Compañía de Real del Monte y Pachuca durante el período de 1906 a 1947.

- 1 Maquinaria para movimiento o proceso de fluidos.
 - Bombas
 - Ventiladores
 - Compresores
- 2 Maquinaria para movimiento de materiales
 - Sistemas de cable aéreo
 - Locomotoras de minas
 - Malacates
- 3 Maquinaria en talleres
 - Máquinas herramientas
- 4 Maquinaria de los procesos de beneficio metalúrgico
 - Transportadores
 - Máquinas de proceso

En el apartado anterior se revisó lo correspondiente a las bombas, y en el resto de este apartado nos ocuparemos de otro tipo de máquinas. Los compresores serán objeto de atención en el capítulo tres y las máquinas de los procesos de beneficio se revisarán en los capítulos cuatro, cinco y seis.

2.3.2 Ventiladores

Uno de los problemas de la minería subterránea es el suministro de aire fresco así como el retiro del aire viciado y de los gases producto de explosiones. Hasta el siglo XIX en el distrito esto se lograba principalmente por medio de circulación natural del aire. La intercomunicación de los niveles de una o varias minas entre sí por medio de distintos tiros o socavones, producía una circulación de aire en virtud a las diferentes alturas de las bocas en su comunicación al exterior. El aire caliente tiende a subir y en condiciones normales, los tiros más altos se comportan como salida y los más bajos como entradas de aire. Las puertas de cierre y otras barreras permiten dirigir el flujo para permitir su paso a los laboríos que lo requieran. Con el aumento del trabajo y la profundización, la ventilación cobró una importancia creciente, sobre todo en lugares críticos como los frentes de trabajo alejados de los túneles o tiros principales. Así mismo la presencia de filtraciones de agua caliente, creaban condiciones ambientales difíciles.

Los ventiladores son máquinas que tienen por objeto propiciar el flujo de aire y gases por medio de la incorporación de energía a los mismos a partir de una fuente externa. Una forma de ventiladores son los fuelles que accionados a mano se utilizan sobre todo en forjas u hornos pequeños. Al inicio del siglo XX se disponía de ventiladores de gran tamaño susceptibles de ser accionados por motores eléctricos. Existían dos variantes: los llamados axiales provistos de una hélice y los centrífugos que eran los más utilizados en minería y se muestran en la figura 2.14, cuyo principio de funcionamiento es similar a las bombas del mismo tipo y descritos en un apartado anterior. Los ventiladores, se diseñan considerando al aire o gas como un fluido incomprensible y se busca que la energía aplicada se convierta en su mayoría en movimiento con un muy pequeño cambio en presión.

Aunque de manera principal se dependió de la ventilación natural, se instalaron equipos con capacidad hasta de 2.831.7 metros cúbicos por minuto (100,000 pies cúbicos por minuto).⁵⁹ Para 1933 la relación de cargas para el mes de agosto registra ventiladores operando en las minas de Paraíso, Santa Ana (Tiros de El Capulín y Santa Ursula) y El Álamo, todas ellas en Pachuca y en La Rica y Dolores, ubicadas en Real del Monte.⁶⁰

Otro elemento de ventilación durante el período era el propio aire comprimido que se suministraba para las perforadoras. Se dispuso como una práctica general que después de disparar los explosivos, los suministros se dejaran abiertos a fin de que desplazaran los gases y cuando ingresaran nuevamente trabajadores al sitio, el aire se hubiera renovado. Desgraciadamente la exposición a gases era uno de los riesgos a los que estaban expuestos los trabajadores, los “engasados” debían ser retirados de los lugares peligrosos y recibir atención médica inmediata.

Un grave accidente ocurrió en la mina de Dolores de Real del Monte cuando un grupo de trabajadores se dirigían a los laboríos a bordo de carros jalados por una locomotora eléctrica, y en una parte del trayecto, no percibieron que habían ingresado a una zona con gases acumulados. El conductor o motorista perdió el sentido, el tren siguió su marcha, y los trabajadores se intoxicaron. Afortunadamente el contratista en jefe que viajaba en uno de los vagones percibió el problema y al detenerse circunstancialmente el tren, se arrastró por el suelo donde el aire era más respirable hasta llegar al puesto del motorista, donde cambió la orientación de la pértiga y dio marcha atrás hasta salir de la zona de gases. Acto seguido, al llegar al despacho pidió auxilio, logrando salvar la vida de varios trabajadores. Su acto le mereció el reconocimiento de la empresa.⁶¹

⁵⁹ MORALES, José Ignacio, *La Hacienda de Beneficio de Loreto de Pachuca*, Tesis Profesional para obtener el título de Ingeniero Químico Metalúrgico, Instituto Politécnico Nacional, México, 1941, p. 77.

⁶⁰ AHCRdMyP, Departamento Eléctrico, Distribución de potencia por minas, agosto de 1933, caja única.

⁶¹ Este incidente me fue referido por mi padre, Sr. Raúl Ortega Vargas quien lo ubica a fines de 1934 o inicios de 1935. Se buscó localizar referencias pero ni en el Archivo de Minería ni en el periódico o en el Archivo del Poder Judicial Federal donde se tienen los registros de accidentes

2.3.3 Máquinas para movimiento de materiales

Transporte de mineral por cables aéreos

Una vez extraído el mineral era necesario conducirlo a la hacienda de beneficio. Por siglos esa tarea se había hecho con ayuda de carros tirados por caballerías o con más frecuencia por recuas conducidas por arrieros. Eso último era debido a que la orografía con frecuencia era muy áspera y hacía difícil el trazo de caminos. Los norteamericanos usaron este sistema en fechas tan recientes como 1924.⁶² El sistema del cable aéreo se adaptaba a orografías accidentadas y fue utilizado entre 1908 y 1930 por la compañía de Real del Monte y Pachuca para movimiento de minerales a gran escala. Consistía en un sistema similar al funicular, el cual era tendido entre la mina y la hacienda de beneficio que recibía la carga del mineral. El sistema disponía de dos cables sostenidos por torres elevadas. Las canastillas se apoyaban en el cable superior más grueso y otro inferior más delgado, que proporcionaba la tracción necesaria para el movimiento. La ventaja de todo esto es que podía sortear fácilmente terrenos escarpados sin necesidad de abrir caminos.

En el distrito, la primera aplicación de cables aéreos fue establecida en 1906 por una pequeña compañía entre la mina de Precavida y la hacienda de beneficio de Purísima Chica usando una pequeña máquina de vapor para el movimiento de las canastillas.⁶³ Años antes, en 1903, la administración mexicana de la Real del Monte y Pachuca solicitó un sistema de cable a la casa Krupp de Alemania para centralizar en Pachuca el beneficio de todo el distrito transportando

se localizó información. Se reflexiona lo importante de la información oral para conocer hechos de los que no quedan registros.

⁶² Se tiene la indicación en ese año que desde la mina de El Porvenir se conducía el mineral a la hacienda de Loreto. GARCÍA, José Aurelio, *op. cit.*, tomo XVIII, octubre 1924, pp. 142-145.

⁶³ AHCRdMyP, Fondo Siglo XIX, Administración de Minas de Pachuca, "Cable de Precavida a Purísima Chica" tomo correspondiente a 1906 s/f.

el mineral por medio de cable aéreo.⁶⁴ Ese plan de largo alcance fue soslayado y quedó suspendido por los norteamericanos hasta 1929 cuando decidieron ellos centralizar en la mencionada hacienda los procesos metalúrgicos.

La primera línea de cable aéreo que los norteamericanos pusieron en operación en marzo de 1908, fue la de la mina de Barron a la hacienda de Loreto. Esta línea, accionada por motores eléctricos tenía una longitud de poco menos de 5 kilómetros.⁶⁵ En la figura 2.15 se muestra el recorrido de los sistemas de cable aéreo de la empresa. En Real del Monte a partir de 1910 se operó una línea entre San Ignacio y la hacienda de Guerrero.⁶⁶ En 1919 se adquirieron los derechos de las minas de la Compañía de Santa Ana de Pachuca y se unieron al Loreto con un cable aéreo de 1.56 kilómetros que inició operaciones al año siguiente.⁶⁷ La intervención de la empresa en El Chico planteó el tendido de una línea de 9.7 km, la de mayor longitud que además superaba desniveles de 600 metros desde Tiro Alto a Loreto. Este enlace fue logrado en 1922 después de dos años de trabajos.⁶⁸ Por el aumento de las operaciones en La Rica, en 1923 se transfirió el cable de Barron a esta mina para conducir el mineral a Loreto (figura 2.16). En Real del Monte, en el mismo año de 1923 se cambió el lugar de extracción principal ya que el tiro de San Ignacio presentaba inconvenientes por ser del tipo inclinado y requería de mantenimiento frecuente. Fue sustituido por el tiro de Acosta que tenía mejores características y que se muestra en la figura 2.17.⁶⁹

Uno de los inconvenientes de este sistema era su vulnerabilidad a los asaltos de los “metaleros” mineros desempleados que volcaban las canastillas

⁶⁴ OBREGÓN, E., Jorge, GUERRA G., Jesús E., De STÉFANO, Alfredo, “El cable-vía aéreo”, en: *Hablando en PLATA Limpia*, octubre-noviembre de 1985, pp. 6, 7.

⁶⁵ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, Aprobación de contrato con A. Leschen & Sons Co., de febrero 16 de 1908, Reporte de aumento de carros y reanudación de trabajos, marzo, 21 de 1908.

⁶⁶ SKEWES, J.H., “History of Mexico’s Richest Silver Mines”, en: *Compressed Air Magazine*, marzo 1930, p. 3071.

⁶⁷ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Informes de la USSRMCo años de 1919 y 1920.

⁶⁸ LARSON, C.B., *op. cit.*, p.7.

⁶⁹ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Informes de la USSRMCo años de 1922 y 1923.

para sustraer el mineral y venderlo a beneficiadores de metal clandestinos. Sin embargo el principal problema era la cantidad de personal requerido en su operación y mantenimiento, aspecto que se redujo con el uso de locomotoras y carros de mina.

Estos sistemas fueron quedaron en desuso, el enlace de Santa Ana a Loreto fue sustituido en 1924 por tramos de ferrocarril subterráneo.⁷⁰ Al término de operaciones en El Chico en 1930, esa línea también se desmanteló. El proyecto de centralización de beneficio en Loreto contemplaba también el retiro de los cables aéreos y así se dejaron de operar las líneas de Acosta a Guerrero y la de La Rica a Loreto, esta última fue sustituida por ferrocarril subterráneo.

Locomotoras de minas

Una de las imágenes del trabajo minero antiguo era ver a los trabajadores cargando los sacos de mineral a través de túneles y subir por escaleras, con gran esfuerzo físico, en ambiente húmedo y oscuro, propicio para los accidentes. A partir de 1850 el uso de carros de minas sobre vías de hierro o acero, se generalizó en el distrito. Los carros eran llenados y empujados por uno o dos trabajadores que en su categoría eran designados como cocheros. No se ha encontrado referencia de uso de caballos para el arrastre de carros en el interior de las minas.

Las locomotoras eléctricas de minas se clasifican a partir de diversos parámetros dentro de los cuales se pueden mencionar:

1 El accionamiento. Puede hacerse por una pértiga que conecta a un cable central superior o por medio de baterías recargables. Las primeras se empleaban en trayectos principales para acarrearlos de tolvas a depósitos

⁷⁰ BURWELL, Blair, "Pachuca: Home of the Patio Process", en: Engineering and Mining Journal, New York, noviembre 8, 1924, p. 728.

finales. Las segundas usualmente más pequeñas, se destinan a trayectos cortos de los frentes de trabajo a tolvas o chorreaderos donde son recogidas por máquinas más grandes.

- 2 La potencia. Es la capacidad de hacer trabajo en un tiempo determinado. La unidad usual son los caballos de fuerza que en inglés se enuncian como Horse Power y se abrevia Hp.*
- 3 El peso de la locomotora. Este es un parámetro importante y debe ser suficiente para que se asienten bien las ruedas y no resbalen sobre los rieles al jalar los carros cargados. Esto se especificaba en toneladas.*
- 3 El número de motores. Las locomotoras de minas en su gran mayoría utilizan dos ejes. Las pequeñas solo disponen de un motor mientras que las grandes disponen de uno para cada eje.*
- 4 El ancho de vía: Se refiere a la separación entre los rieles, en el distrito los trayectos usuales en los frentes de trabajo se construyeron con un ancho de 50 cm, para vías de recorridos principales se utilizó el ancho de 75 cm. En el socavón Girault de Pachuca se dispuso por un tiempo de vías de 91.4 cm que era el ancho utilizado por el ferrocarril de la ciudad y de ese modo podían entrar plataformas al mencionado socavón.⁷¹*

En la figura 2.18 se muestran dos imágenes de locomotoras utilizadas por la empresa. Los motores de funcionan con corriente continua por lo que es necesario disponer de un conjunto convertidor de corriente alterna en continua para el accionamiento de estos equipos. Estos equipos de los que se muestra uno en la figura 2.19 se disponían en alguna parte de los trayectos subterráneos para proporcionar la alimentación de las máquinas. Una variante de estos equipos eran los que servían para la recarga de las baterías de las locomotoras de este tipo.

Las primeras locomotoras eléctricas que adquirió la empresa se aplicaron en 1910 para acarreo en Pachuca, de las minas de Camelia y de Paraíso por el socavón Girault, utilizando carros de 5 toneladas.⁷² Dado el dinamismo de la actividad minera, los circuitos de recorrido se fueron ajustando de acuerdo al desarrollo de los trabajos. En Real del Monte se siguió utilizando y ampliando las conexiones del nivel 400 que desde fines del siglo XIX había sido el nivel de

⁷¹ Esta nota se preparó a partir de los equipos que se utilizaron en el distrito y los requerimientos de información que solicitan para definición de locomotoras en la publicación: *Keystone Metal Quarry Catalog 1927*, McGraw-Hill Catalog and Directory Co., pp.278-284.

⁷² AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, 19 de octubre de 1910.

comunicación entre varias minas.⁷³ Con la asignación de La Rica como sitio de extracción, se enlazaron a esta mina vías subterráneas de los fundos próximos de San José y Colón así como de las minas de esa población que eran Purísima, Dolores y los fundos de Santa Margarita, los carros asignados tenían capacidad de 3 ½ toneladas. En Pachuca el trayecto del Socavón Girault que comunicaba el patio de Loreto con varias minas cercanas fue perdiendo importancia con el agotamiento de los fundos hasta dejar de utilizarse con ese fin. Después el 270 o nivel Fortuna que era más profundo que el Girault sirvió para comunicar las minas de esa población y el proyecto que se menciona a continuación.

El enlace interno de mayor importancia era el que comunicaba a Pachuca y Real del Monte, el cual formaba parte del proyecto de centralización del beneficio aplicado en 1930. Esta obra, uno de los logros de ingeniería más importantes del período tenía una longitud de cerca de 6 km, disponía de señales automáticas y sería servido por trenes con locomotoras dobles de 13 toneladas, cada una con 2 motores de 90 Hp. Las cuales arrastraban carros de 10.7 toneladas, formando trenes hasta 17 o 20 unidades y podían hacer 6 o 7 viajes al día y que se muestra en la Figura 2.20. La sección mínima del túnel era de 2.44 x 2.74 metros (8 x 9 pies). Junto a la vía de 75 cm de ancho se localizaba una tubería para conducir el agua de Real del Monte necesaria para la planta de beneficio.⁷⁴ Este enlace se dejó de utilizar con el fin de las operaciones mineras de la empresa, en los inicios de 2005.

Malacates eléctricos

La función de los malacates es el permitir el acceso y salida de personal o materiales de las minas. La elevación de las cargas de mineral era atendida por

⁷³ ORDOÑEZ, Ezequiel, RANGEL, Manuel, *El Real del Monte*, Instituto Geológico, Boletín 12, México, 1899, p. 63.

⁷⁴ AHCRdMyP, Informes de minas Pachuca, Proyecto de centralización, caja 2, exp. 14, pp. 7, 12, 15, 16, 19.

los malacates accionados por caballerías, conocidos también como malacates de sangre; los cuales se ocuparon hasta fines del siglo XIX. La tecnología del vapor permitió disponer de mayor potencia y las mejoras en trabajo del hierro permitieron disponer de malacates metálicos accionados por máquinas de vapor con mayor eficacia y con dispositivos de seguridad. En 1889 se instaló en la mina de Dificultad el primer malacate de ese tipo para uso del personal en el distrito. Eso permitió eliminar los fatigosos ascensos y descensos por las escaleras, las bajadas en ollas o las llamadas “en racimo”, en las cuales los trabajadores se colgaban de las sogas y eran movilizados lentamente por medio de los malacates accionados en la superficie por caballerías.

La administración norteamericana recibió una infraestructura en la que se incluían los malacates accionados por máquinas de vapor. Habiéndose instalado compresores grandes se hicieron pruebas para hacerlos funcionar con aire comprimido, y en el caso de la mina de Dolores y de Dificultad los resultados fueron satisfactorios. En 1908 una descompostura requirió el volver a utilizar vapor en Dificultad:

Se rompió una pieza del compresor de 200 Hp. Con ese motivo se calentó la doble caldera para surtir de vapor el malacate y el antiguo compresor. Ya se está haciendo la pieza nueva en la maestranza.⁷⁵

Con la intención de disponer de malacates eléctricos en 1906 instalaron trece grandes malacates equipados con frenos de aire y con todos los indicadores y medios de seguridad que la tecnología de la época permitía. Asimismo pusieron en servicio otros seis malacates pequeños.⁷⁶ El tipo de malacate mas ampliamente utilizado fue el de doble tambor con dos cables que se enredan en sentidos diferentes, de modo que cuando se acciona el equipo un cable asciende y el otro

⁷⁵ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, junio 6 de 1908, f. 131.

⁷⁶ AHCRdMyP, Pormenor de compras de maquinaria y efectos que al Compañía de Real del Monte y Pachuca ha realizado de marzo de 1906 a julio de 1906, Acta de la Junta Directiva, julio 13 de 1906.

desciende (Figura 2.21). Si el espacio disponible en el tiro, no permitía instalar dos elevadores, para balancear el sistema, se instalaba un contrapeso que ayudaba a la operación del equipo. Además, las sogas de fibras vegetales se sustituyeron por cables de acero con mucha mayor capacidad de carga y duración. Según las necesidades del trabajo, se podían instalar malacates interiores para el movimiento de la carga o del personal entre los diversos niveles de una mina. Para el movimiento de cargas pequeñas se usaban los “winches”, que eran pequeños equipos accionados por aire comprimido, en la figura 2.22 se muestra una de estas máquinas.

El movimiento de personal se efectuaba con ayuda de las denominadas jaulas, calesas o aparatos elevadores, de uno o dos pisos. La extracción de mineral o manteo, se hacía por medio de elevadores especiales para mineral denominados chalupas o *skips*. Los utilizados en el distrito eran de descarga automática que al llegar a la superficie o al punto de descarga se volteaban sobre una tolva que recibía el material. En Real del Monte los tiros dedicados a la actividad del manteo, fueron el de San Ignacio que había sido empleado por la compañía mexicana y que en 1924 se cambió por Acosta que tenía mejores características ya que el primero referido, presentaba inconvenientes por ser del tipo inclinado y requería de mantenimiento frecuente. A partir de 1929 como parte del proyecto de centralización del beneficio, La Rica concentró toda la extracción de la población. En el Mineral de El Chico, en 1922 se habilitó el Tiro Alto como sitio de extracción de ese municipio.⁷⁷ El tiro de San Juan Pachuca fue el tiro de extracción principal de la ciudad y a partir de 1929 por la referida centralización de todo el distrito. Los elevadores o *skips* tenían capacidad de 2 toneladas en cada viaje, pudiéndose extraer hasta 5,500 toneladas al día, dejando de operar el sistema el domingo para dedicarlo a mantenimiento y reparaciones.⁷⁸

⁷⁷ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Informes de la USSRMCo años de 1922, 1923, 1929.

⁷⁸ Proyecto de Centralización del Beneficio, Informes de Minas, caja 1, exp. s/n.

2.3.4 Máquinas y motores asignados a los talleres

Un elemento importante de la operación de la Compañía fue la disposición de talleres para realizar reparaciones, modificar o incluso construir equipos. Durante el siglo XIX la maestranza de la empresa estaba ubicada en Real del Monte. En la compra de las propiedades por los norteamericanos, a los anteriores dueños, estos utilizaron esa dependencia para sus propias necesidades. Posteriormente adquirieron en Pachuca extensos terrenos cerca de las estaciones del Ferrocarril Mexicano y del Central. En ese sitio se proyectó la construcción de naves para alojar nuevos talleres modernos y dejaron de operar las instalaciones de Real del Monte.

Las máquinas de los talleres que consistían en una amplia cantidad de tornos, fresadoras, cepilladoras, rectificadoras, prensas, así como otras máquinas especiales disponían de transmisiones aéreas accionadas por motores grandes que ponían en movimiento todo el conjunto de las transmisiones y de ahí por medio de poleas y bandas se hacían funcionar las máquinas específicas. Esto era una herencia de la época del vapor cuando solo se podía tener un limitado número y a veces solo un motor a vapor. Estos sistemas tenían el inconveniente de las pérdidas mecánicas y la necesidad de lubricación y mantenimiento continuos. Para el servicio de esta área se disponía de compresor y bombas para extracción de agua de pozo y el sistema de tanque elevado. En comparación con las minas y haciendas de beneficio, no existía una carga eléctrica que fuera demasiado significativa ya que se tenían unos pocos motores grandes que accionaban a muchas máquinas.

Consideraciones finales

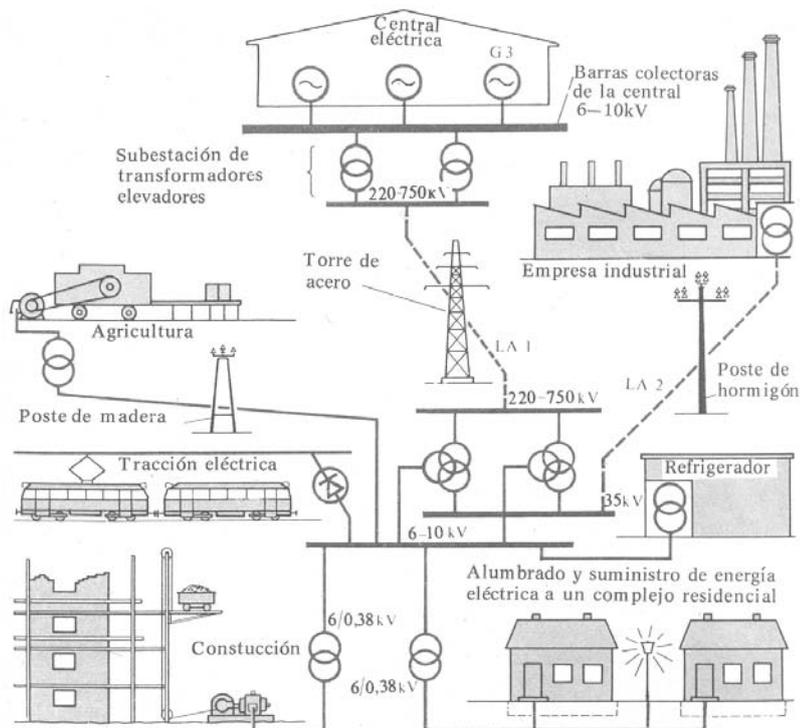
La actividad minera fue durante el período de estudio la principal actividad en la región y en el estado de Hidalgo. Eso ocasionó que la entidad figurara como

uno de los consumidores más importantes del fluido eléctrico. A inicio de la década de 1950 se tiene la siguiente observación:

*El Distrito Federal y los estados de México, Hidalgo y Morelos, servidos por el sistema interconectado de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza y la Comisión Federal de Electricidad, constituyen el primer centro consumidor de la República.*⁷⁹

Lo anterior permitió que la población de la región eventualmente tuviera acceso al servicio eléctrico en la época de estudio.

⁷⁹ LARA BEAUTELL, Cristóbal, *La Industria de Energía Eléctrica*, Fondo de Cultura Económica, México, 1953, p. 164.



280.
Esquema general de suministro de energía eléctrica

Figura 2.1

Esquema de componentes de un sistema eléctrico, los círculos intersectados representan transformadores. Esos equipos se utilizan en una primera instancia para elevar el voltaje después de la planta generadora a fin de transmitir la energía en forma económica. Después se tiene la primera etapa de transformación reductora, los voltajes son de 6 a 30 kilovolts para su distribución. Reducciones posteriores entregan voltajes aptos para las aplicaciones específicas. La Real del Monte utilizaba 2,000, 1,040, 440, 220 y 127 Volts.
Fuente: KASATKIN, A.S., *Fundamentos de electrotecnia*, Editorial Mir, Moscú, 1985.

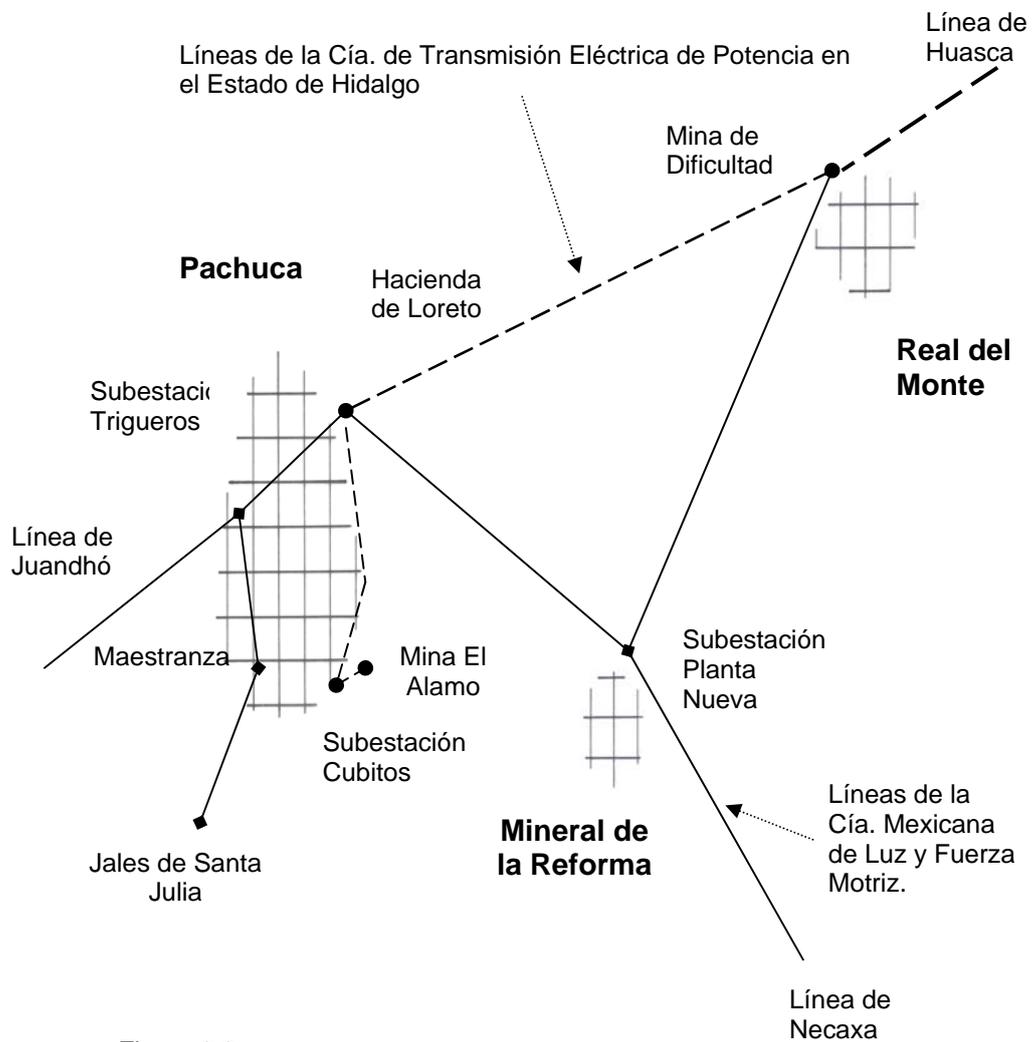
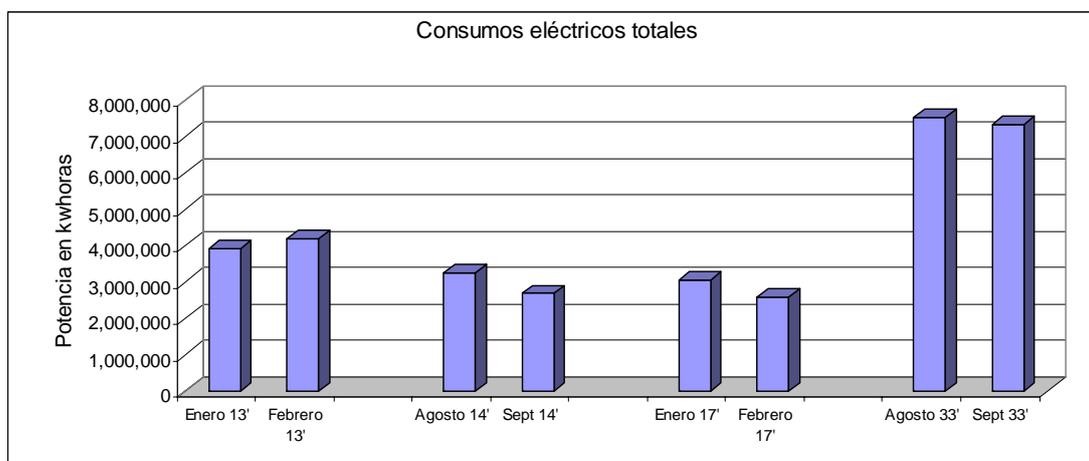


Figura 2.2
 Principales puntos de conexión de la Cía. de Real del Monte y Pachuca con las empresas suministradoras de energía eléctrica, *circa* 1935.
 Fuente: Elaboración propia.

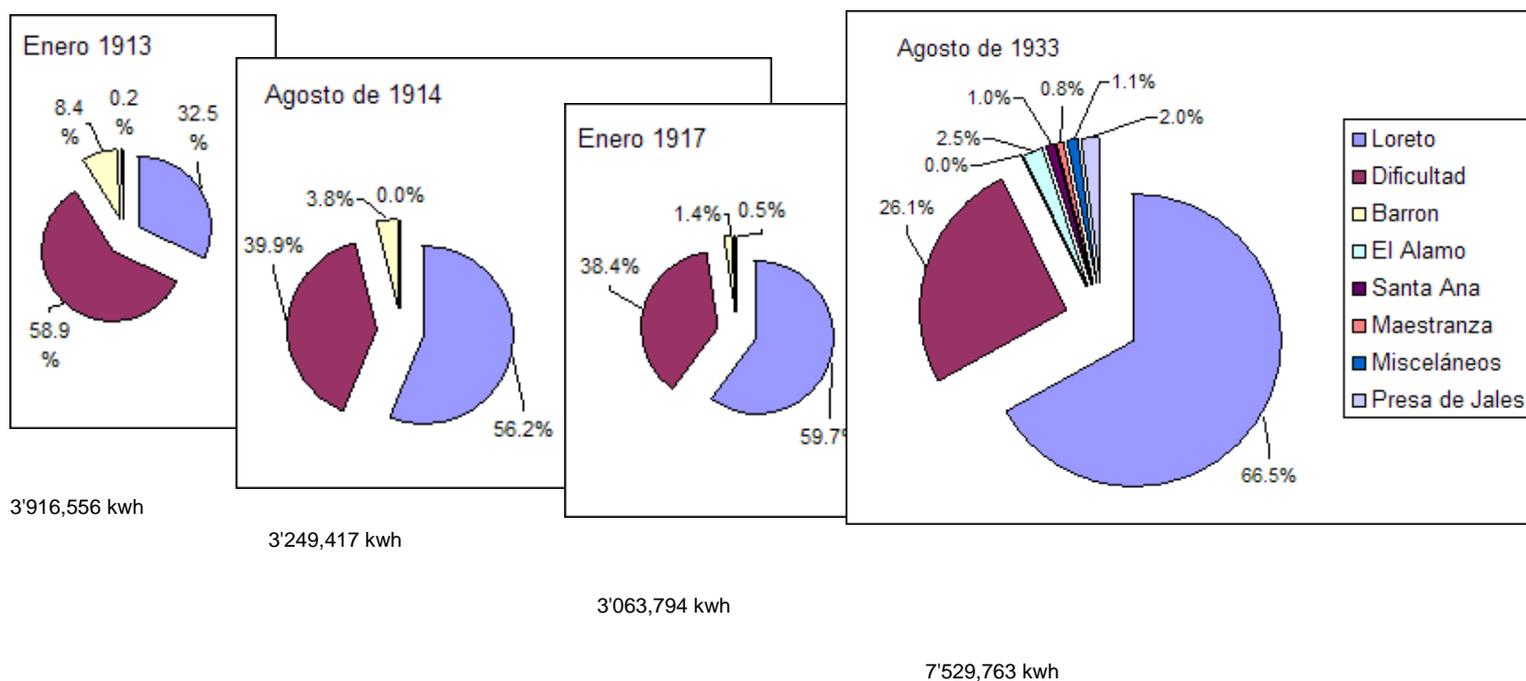


	1913		1914		1917		1933	
	Enero 13'	Febrero 13'	Agosto 14'	Sept 14'	Enero 17'	Febrero 17'	Agosto 33'	Sept 33'
Total	3,916,556	4,195,233	3,249,417	2,688,442	3,063,794	2,577,752	7,529,763	7,330,636

Figura 2.3
Consumos eléctricos totales en diversos períodos, de 1913 a 1933.

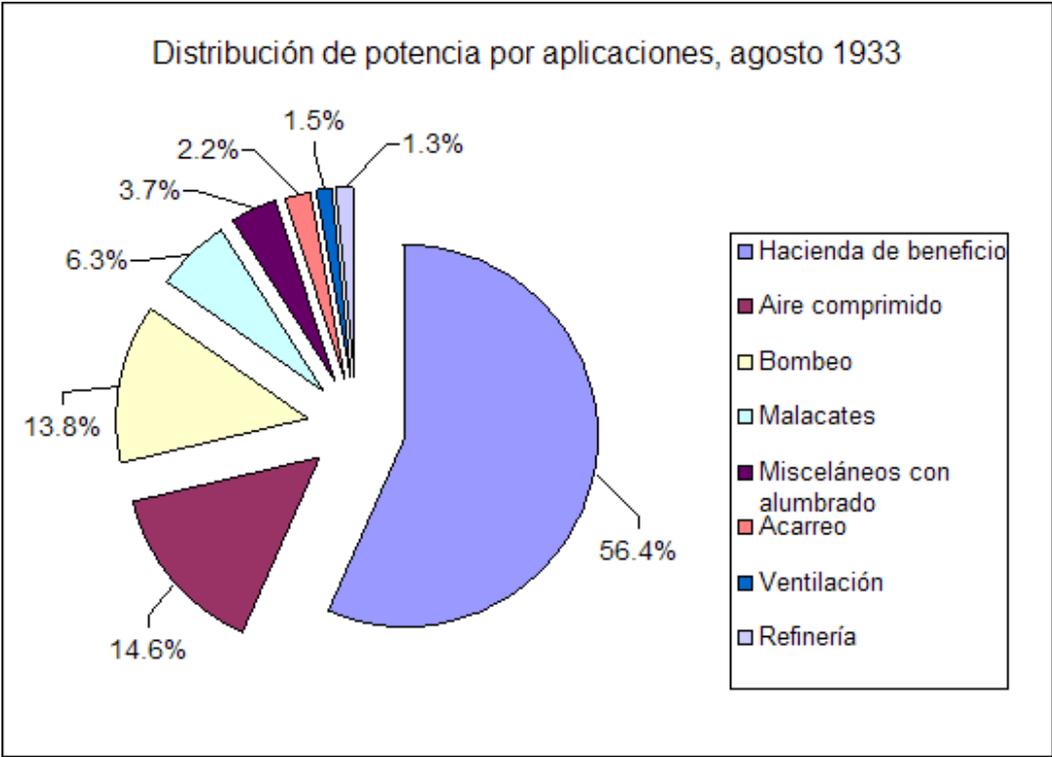
Fuente: AHCRdMyP, Serie Departamento Eléctrico.

Consumos por centros de conexión.



	1913		1914		1917		1933	
	Enero	Febrero	Agosto	Septiembre	Enero	Febrero	Agosto	Septiembre
Loreto	1,272,600	1,472,760	1,826,280	1,518,480	1,828,800	1,408,800	5,009,664	4,860,096
Dificultad	2,305,228	2,346,120	1,295,784	1,098,864	1,177,200	1,077,552	1,967,570	1,919,520
Barron	330,228	371,016	124,248	69,600	42,636	77,244		
El Alamo							185,850	182,340
Santa Ana							76,320	82,260
Maestranza							57,000	55,700
Misceláneos	7,784	5,337	3,105	1,498	15,158	14,156	79,459	85,480
Presa de Jales							153,900	145,740
Total	3,916,556	4,195,233	3,249,417	2,688,442	3,063,794	2,577,752	7,529,763	7,330,636

Figura 2.4 Consumos de energía eléctrica en kilowattshora en sitios de conexión a la Compañía. Mexicana de Luz y Fuerza Motriz. Fuente: AHCRdMyP, Serie Departamento Eléctrico.



Aplicación de electricidad Ago-33	Potencia kwh
Hacienda de beneficio	4,248,688
Aire comprimido	1,101,303
Bombeo	1,039,156

Malacates	474,704
Misceláneos con alumbrado	279,801
Acarreo	169,411
Ventilación	115,640
Refinería	101,060
Total	7,529,763

Figura
2.5

Distribución de potencia eléctrica aplicada por aplicaciones durante el mes de agosto de 1933.

Fuente: Departamento eléctrico, exp. distribución de potencias.

Nota: La hacienda de beneficio se estimó del total general del mes menos minas, misceláneos y refinería.

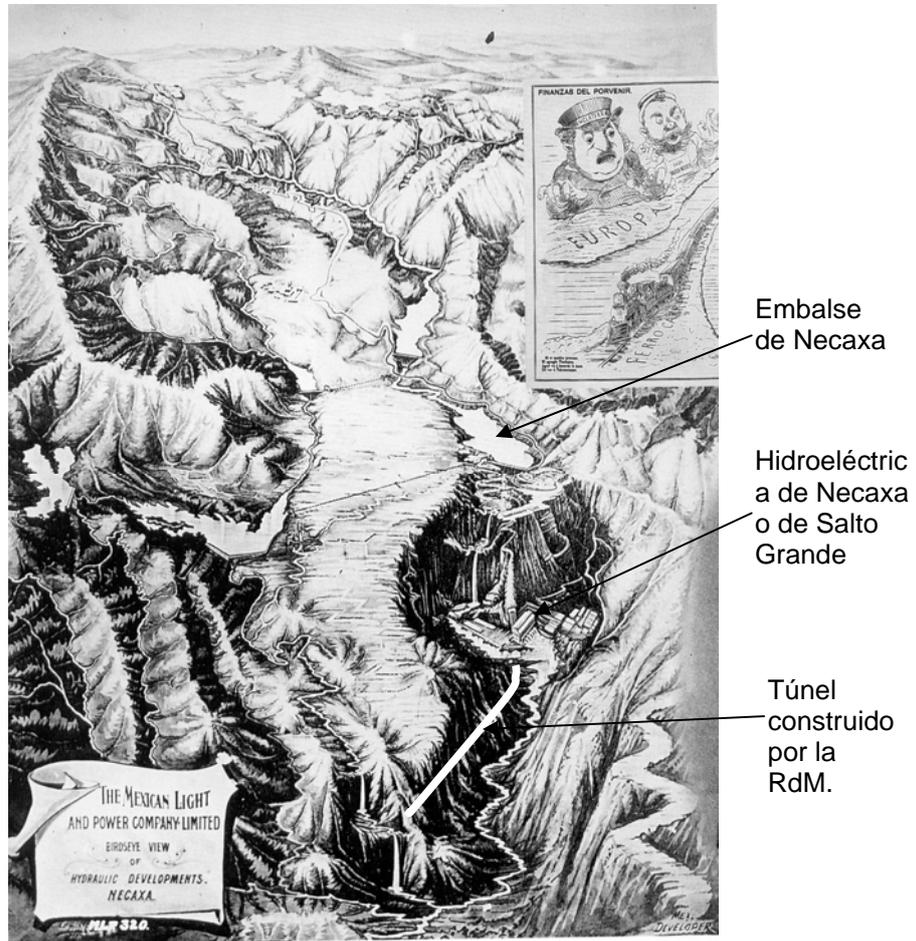


Figura 2.6

Dibujo esquemático de la región de Necaxa con la planta hidroeléctrica de Necaxa o Salto Grande. Se ilustra el trazo aproximado del túnel de Tepexic, construido por la Compañía de Real del Monte y Pachuca para abastecer de agua a la segunda planta hidroeléctrica del sistema.

Fuente: KRAUSE, Enrique, ZERÓN-MEDINA, Fausto *Porfirio*, vol. 4 *El Poder*, Editorial Clío, México, 1993.

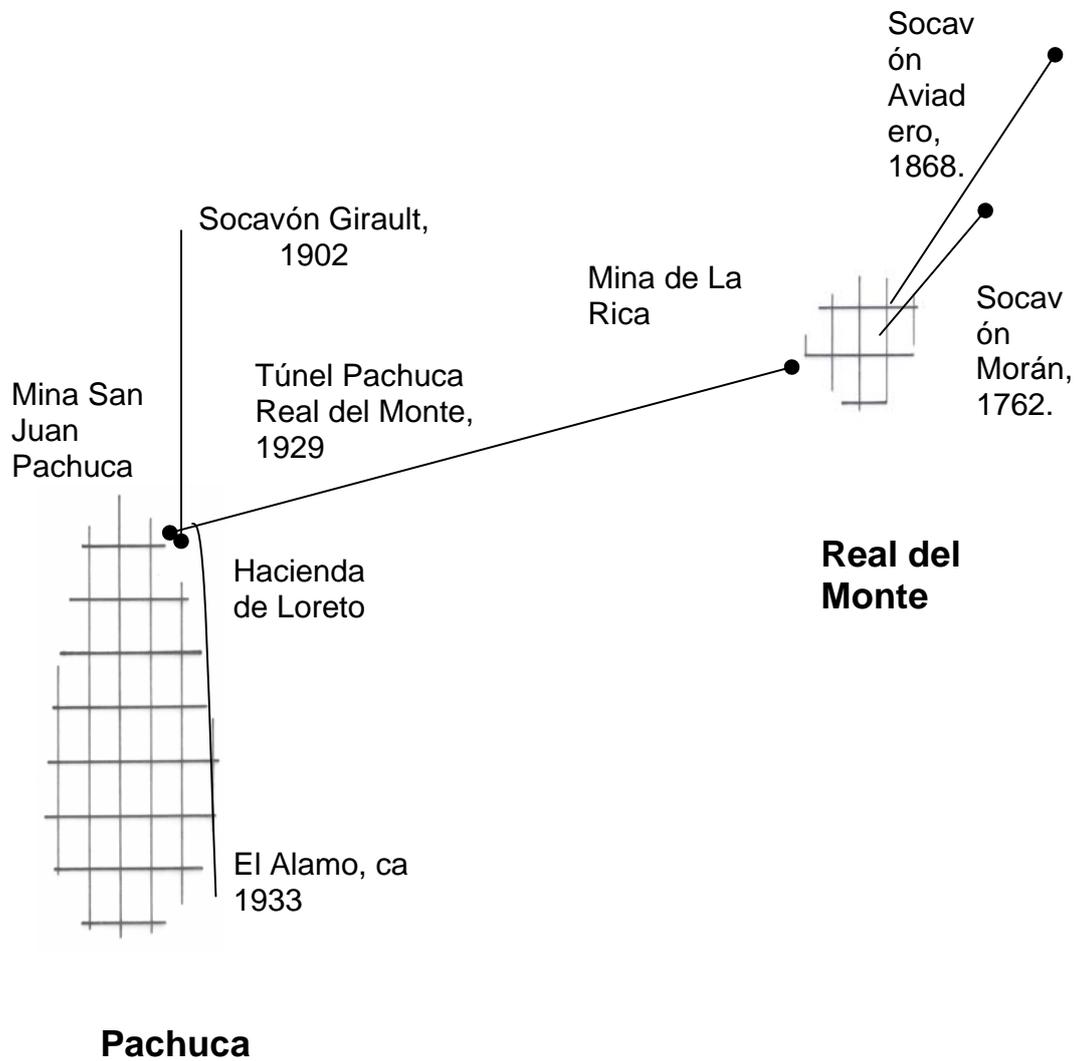


Figura 2.7
 Esquema de localización de socavones y túneles de comunicación subterráneos., *circa* 1935.
 Fuente: Elaboración propia.

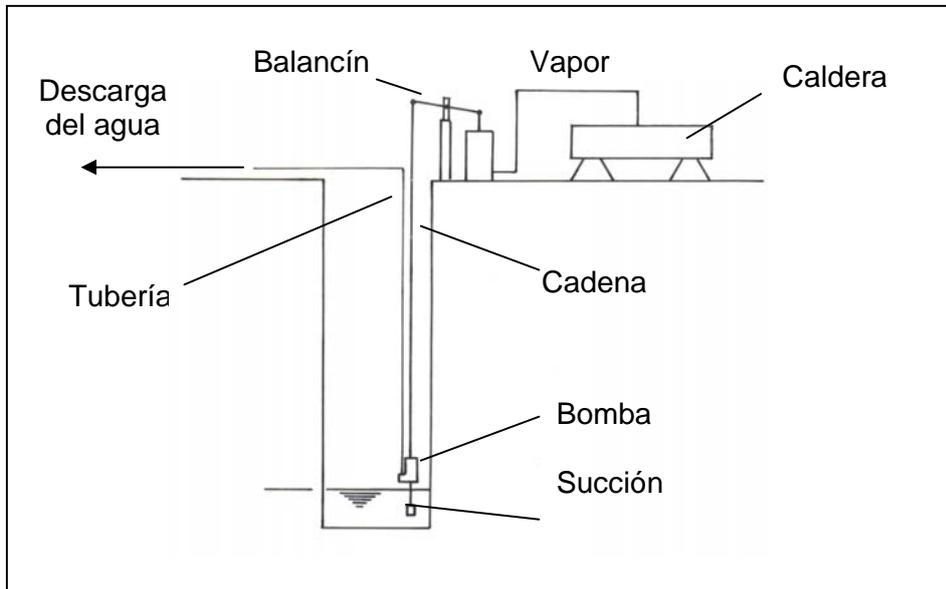


Figura 2.8
 Esquema simplificado de instalación de máquina de vapor cornish
 dedicada a bombeo de agua.
 Fuente: Elaboración propia

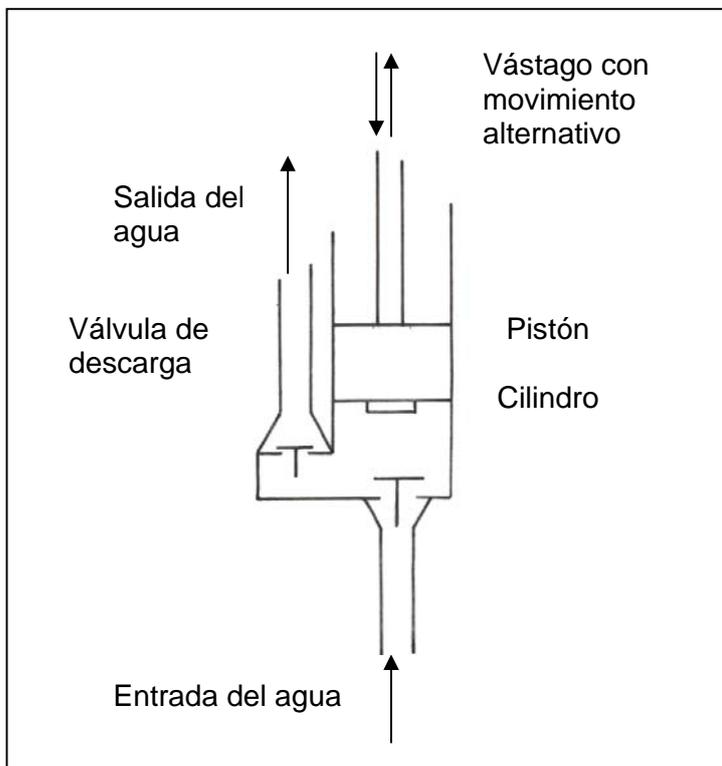


Figura 2.9
 Detalle de bomba de
 pistón de
 accionamiento
 alternativo.
 Fuente: Elaboración
 propia

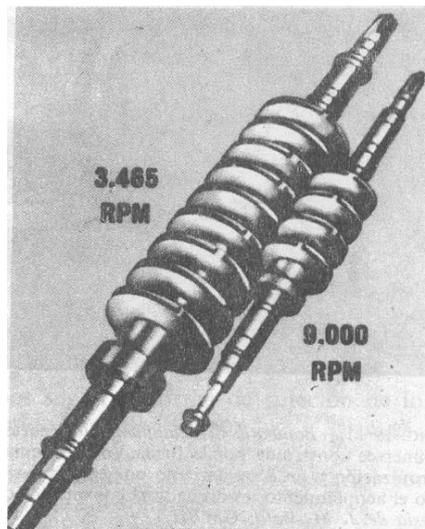
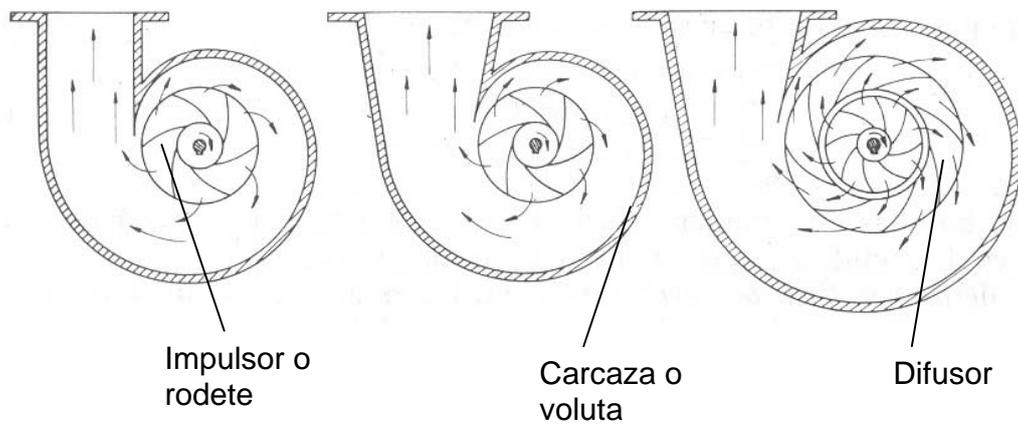
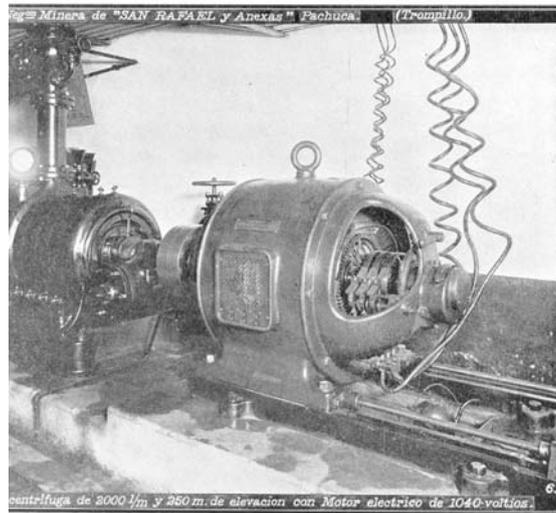


Figura 2.10

- Ilustración de los elementos básicos de una bomba centrífuga, impulsor o rodete, carcaza o voluta y en la que se representa a la derecha, se aprecia un difusor, esta pieza solo esta presente en bombas especiales de alto rendimiento.
- Para conseguir mayores presiones o elevaciones, se construyen sobre el mismo eje varios impulsores, todos trabajan en serie, la descarga de uno pasa al otro.

Fuente: MATAIX Claudio *Mecánica de Fluidos y Máquinas*



Bomba eléctrica de pistones

Bombas centrífugas

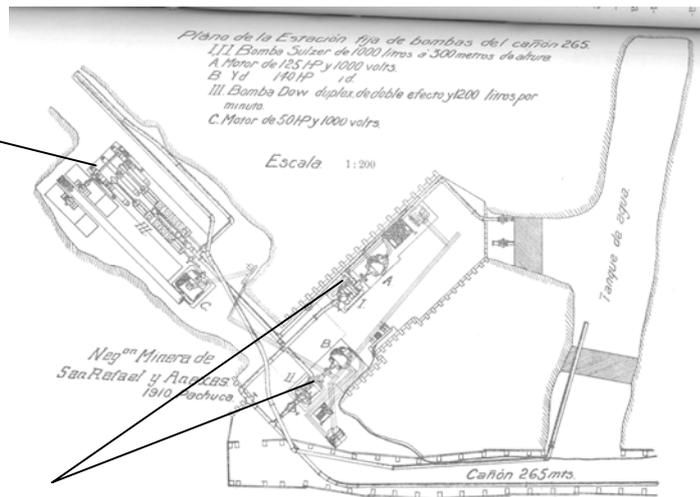
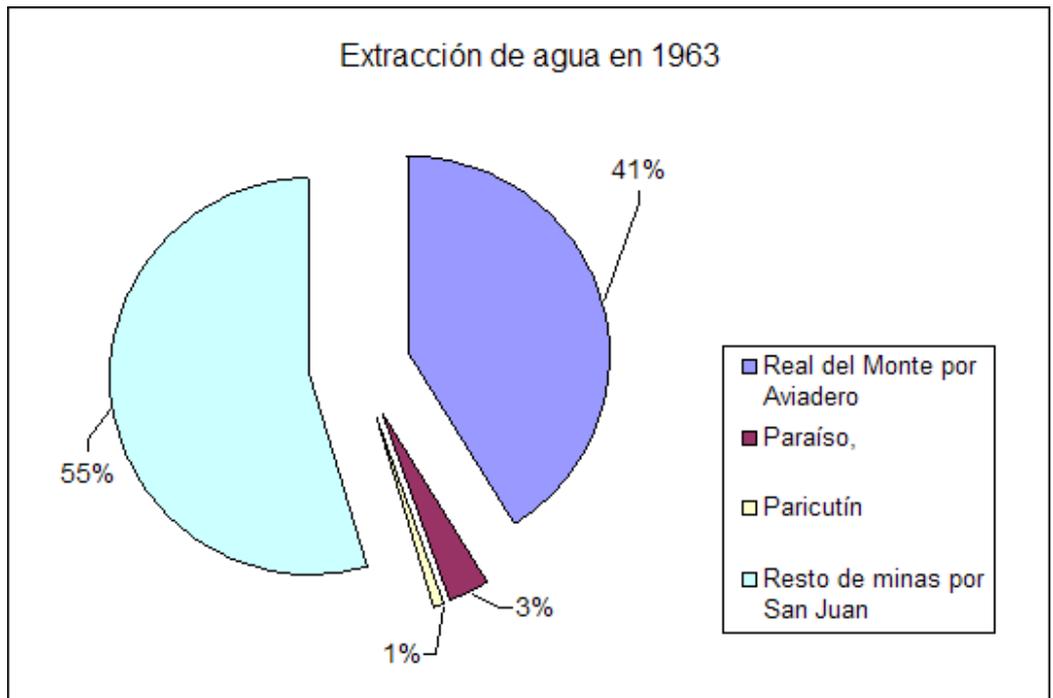


Figura 2.11

- Fotografía de motor eléctrico y bomba centrífuga Sulzer de varias etapas instalada por la Negociación Minera de San Rafael y Anexas. Es similar a las que instaló la Real del Monte. Se puede observar el cuidado en la habilitación de esta área, que tiene muros aplanados y el cielo con viguetas y láminas en arco.
 - Diagrama que se muestra una estación de bombeo de la San Rafael. En este caso se instalaron dos bombas centrífugas y una del tipo de pistones.
- Fuente: *La Industria Minera de México*, GROTHE, Alberto y SALAZAR SALINAS, Leopoldo, Sría de Fomento, México, 1912.



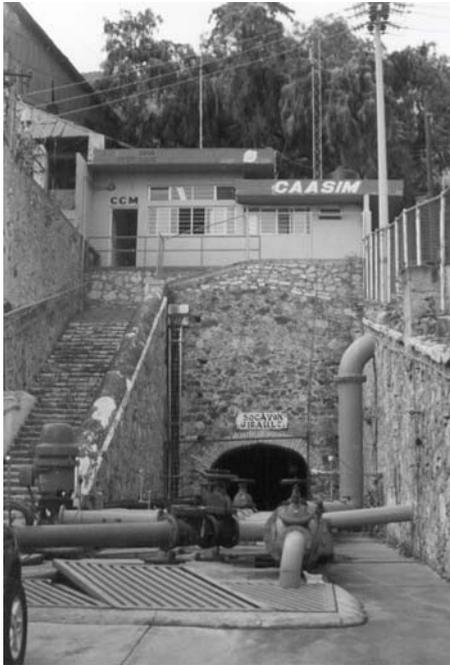
Mina de extracción	Volumen m ³ /min	Aplicación principal
Real del Monte por Aviadero	7.57	Riego
Paraíso,	0.57	Potable
Paricutín	0.19	Uso general
Resto de minas por San Juan	10.03	Planta de beneficio y jales
Total	18.36	

Figura 2.12

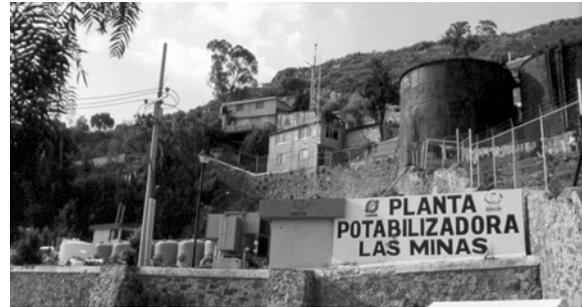
Volúmenes extraídos y aplicaciones principales de agua por puntos de extracción para los primeros años de la década de 1960.

Fuente: GEYNE, A. R., *et al*, *Geología y yacimientos minerales de los*

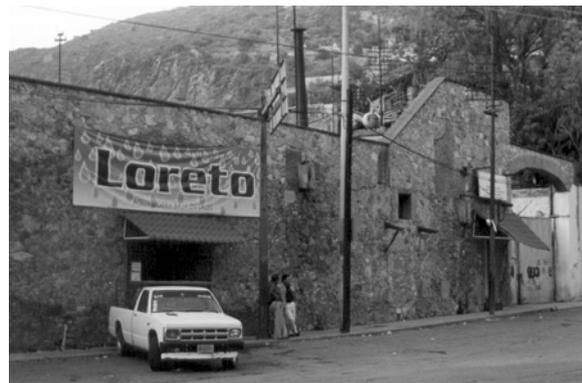
distritos de Pachuca y Real del Monte, Hgo., Comisión de Fomento
Minero, y otros, México, 1963



a)



b)



c)

Figura 2.13

Aprovechamiento actual del bombeo de agua en Pachuca.

- Vista de bombas que toman agua de la salida del socabón Girault. Arriba de este esta el cuarto de control de la Comisión de Agua, Alcantarillado y Servicios Intermunicipales (CAASIM).
- Planta de tratamiento del agua.
- Puerta del despacho de agua embotellada en la hacienda de Loreto.

Fuente: Fotografías del autor mayo 2008.

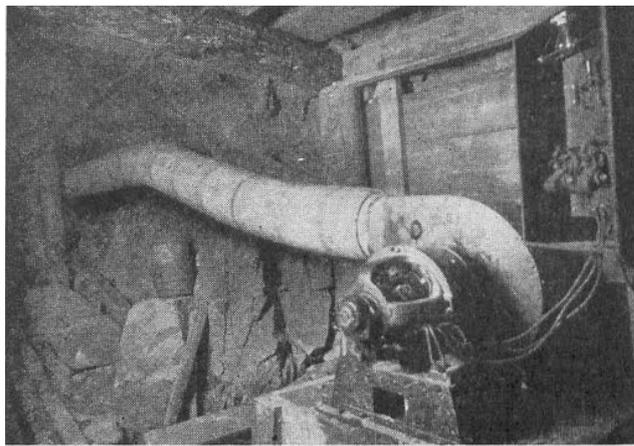
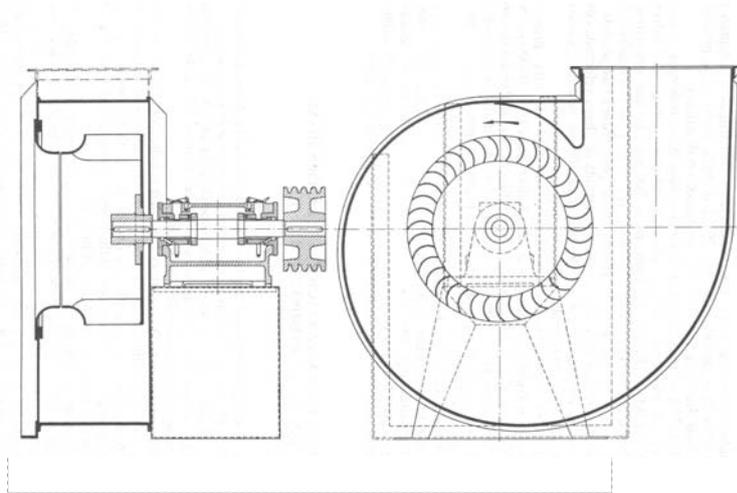


Figura 2.14

- a) Esquema de Ventilador centrífugo con sus partes principales, se aprecia en la vista de la derecha, el rodete el centro con los alabes curvados. Esto se aloja en la carcaza con forma de espiral hasta la descarga, en este caso orientada hacia arriba.
Fuente: MATAIX, Claudio, *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*, Oxford University Press, México, 2001.
- Instalación de un ventilador pequeño para abastecer de aire fresco por medio de tubería de lona ahulada que se cuelga fácilmente de la parte superior del túnel.
Fuente: *Keystone Metal Quarry Catalog 1927*, McGraw-Hill Catalog and Directory Co., New York.

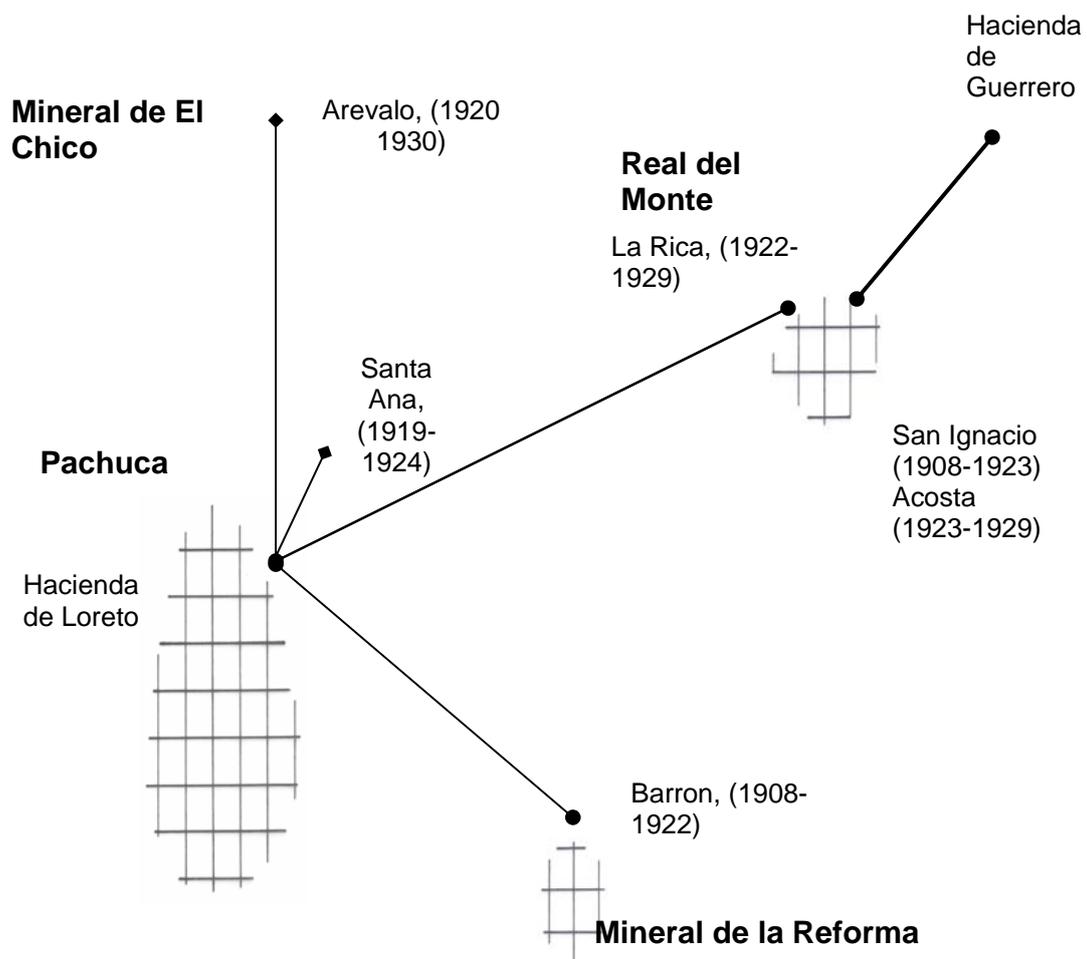


Figura 2.15
 Esquema de las líneas de cable aéreo de la Compañía de Real del Monte y Pachuca.
 Fuente: Elaboración propia.



Figura 2.16

Vista de la mina de La Rica antes de 1930 en la que se aprecia el sistema de cable aéreo y una canastilla. Esta línea comunicaba a la mina con la hacienda de Loreto de Pachuca.

Fuente: Postal adquirida en el mercado de antigüedades de El Parián de Pachuca.

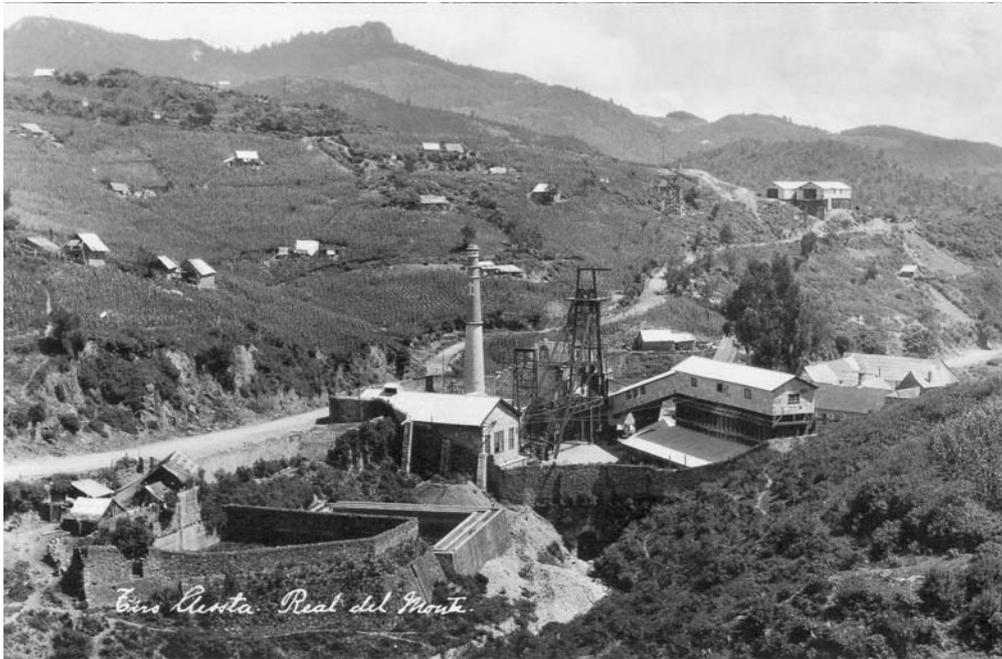


Figura 2.17

Mina de Acosta cuando era utilizada como tiro de extracción de una parte de Real del Monte para enviar carga a la Hacienda de Guerrero (1924-29). Actualmente la mina es museo de sitio que se puede visitar y conocer el interesante patrimonio industrial ahí custodiado.

Fuente: Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca, Archivo Histórico y Museo de Minería, Pachuca, 1997.

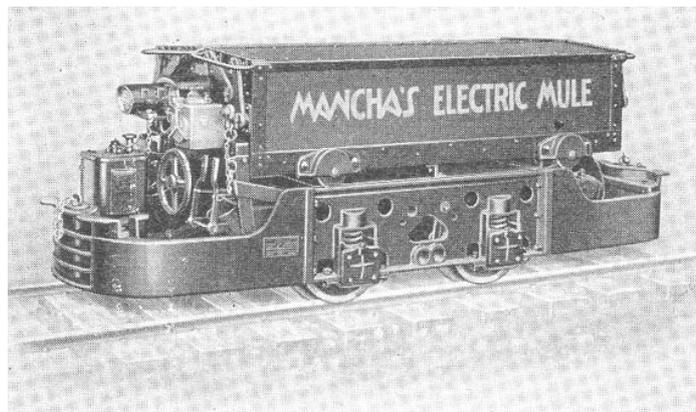
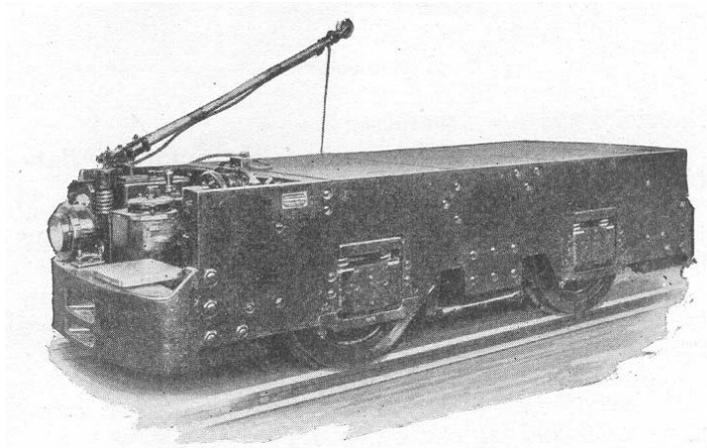


Figura 2.18

Locomotoras de minas eléctricas. La superior, del fabricante Goodman es de pértiga o trolley y la de abajo de la marca Mancha, es de baterías. Equipos de estos fabricantes fueron adquiridos por la empresa en la época de estudio. En ambas se aprecian los dos ejes y una construcción robusta para darle peso a la máquina y favorecer su adherencia a los rieles.

Fuente: *Keystone Metal Quarry Catalog 1927*, McGraw-Hill Catalog and Directory Co., New York.

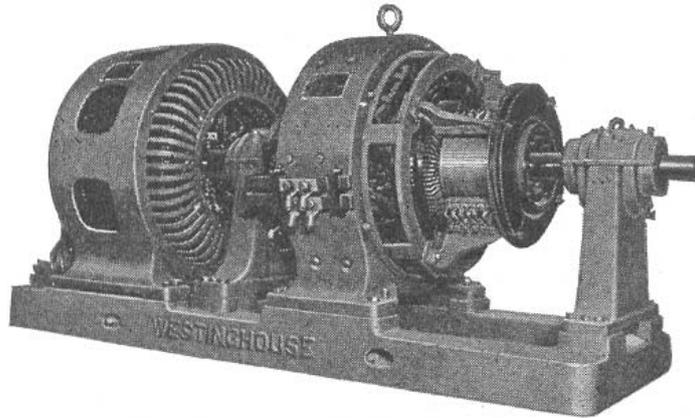


Figura 2.19

Conjunto de convertidor de corriente alterna en continua formado por un motor trifásico síncrono de 1,040 o 2,000 Volts y un generador de corriente continua a 200 o 500 volts para accionar las locomotoras o permitir la recarga de baterías. Debían instalarse cerca del centro de los trayectos de las vías.

Fuente: Keystone Metal Quarry Catalog 1927, McGraw-Hill Catalog and Directory Co., New York.



Figura 2.20

Fotografía de locomotoras del acarreo principal Real del Monte a Pachuca. Dos máquinas acopladas arrastraban trenes de hasta 20 carros. Se observa que los trabajadores llevan casco de seguridad rígido, lámpara eléctrica y el operador de la derecha tiene un respirador que se ha quitado seguramente para la fotografía. Se puede asumir que la toma corresponde a la década de 1940.

Fuente: Mercado de antigüedades El Parián, Pachuca, Hgo.



Figura 2.21

Trabajadores en el malacate interior del nivel 390 del Tiro de Santa Ursula. Es un equipo compensado, con doble carrete. El puesto del operador es donde hay tres personas sobre una tarima, al frente tienen los diales circulares donde se marca la posición de las jaulas. A espaldas de ellos se tienen, a la izquierda las líneas de alimentación eléctrica. A la derecha están las resistencias del sistema de control del motor eléctrico que en la fotografía aparece abajo a la derecha. Se observa la ausencia de guantes, casco u otro equipo de seguridad.

Fuente: *Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca*, Archivo Histórico y Museo de Minería, Pachuca, 1997.



Figura 2.22

Fotografía de un trabajador operando un “winche” accionado por aire comprimido.

Fuente: *Keystone Metal Quarry Catalog 1927*, McGraw-Hill Catalog and Directory Co., New York.

CAPÍTULO 3 LA PERFORACIÓN NEUMÁTICA Y LOS EXPLOSIVOS.

En este capítulo se analiza la perforación neumática, desde su introducción a finales del siglo XIX hasta el término del período de la compañía norteamericana. Como un indicador de la asimilación de esta tecnología, se comenta la fabricación de perforadoras en la región. En cuanto a los explosivos utilizados para el tumbado de metales, se revisa el uso de la dinamita y el intento de emplear el oxígeno líquido como sustituto en dichas operaciones. Se busca mostrar que la aplicación de la perforación neumática permitió acelerar y abaratar el trabajo minero subterráneo, y que la fabricación local de perforadoras es un buen indicador del grado de asimilación de esta tecnología. Asimismo, el uso del oxígeno líquido como explosivo es una muestra del ánimo innovador dentro de esta empresa minera.

3.1.- La rapidez en túneles y galerías.

3.1.1 En el pasado: golpe a golpe.

Arrancar el mineral del subsuelo, es una tarea ardua. Desde los tiempos más remotos se requirieron herramientas, las cuales evolucionaron de manera gradual en cuanto a formas y materiales para adaptarse a la tarea de romper la roca y aprovechar el mineral que se disponía en el yacimiento específico. A partir de utensilios líticos, se pasó al uso de metales, el hierro fue el material idóneo para el trabajo contra la piedra. Para fracturar y extraer el mineral, aprovechando muchas veces las grietas naturales que aparecían, la forma de cuña era la más adecuada y a partir de eso se fabricaron herramientas. Del empleo de herramientas derivadas del hacha de piedra o metal, se pasaron a combinaciones de un elemento de filo y un elemento percutor, sostenidos cada uno con una mano, o por diferentes trabajadores cuando se trabajaba en grupo. Lo anterior siguiendo



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

propuesta citada por Bertrand Gille, se trata de una operación de “fuerza administrada” en la cual con la barreta y el martillo se consigue un golpe enérgico y preciso.¹

El uso de pólvora para el arranque del mineral a partir del siglo XVIII planteó la aplicación de técnicas de perforación. Para eso se utilizaba la barreta, pieza larga y delgada de hierro, o en su momento de acero, que se sostenía con la mano y era golpeada con el marro, además se requería después de cada golpe, hacer un ligero movimiento giratorio a la barreta para colocar el filo en nueva posición antes de recibir el golpe y horadar un poco más la roca. Por lo anterior, la designación de barretero era sinónimo del trabajador de las minas. Otras herramientas de mano fueron el zapapico o huingaro y la pala que servía para levantar el material, los cuales se constituyeron en distintivos del gremio.

La descripción de estas operaciones a fines del siglo XIX es explicada por el Ing. Luis Carrión de la Escuela Práctica de Minas de Pachuca, quien designa como pico al marro o herramienta percusora y al encendido de los cartuchos como el acto de “pegar” el fuego al barreno:

La operación de hacer un barreno consta de tres partes: 1° Abrir el barreno, 2° Cargar el barreno y 3° Pegar el barreno.

Abrir el barreno.- *Para esto se hace uso de las barrenas ya descritas manejadas por uno, dos o tres hombres, los cuales forman una herramienta en Guanajuato, y en otros lugares una parada.*

Para trabajo de uno, se necesitan barrenas más cortas y picos más ligeros [...], puesto que el operario tiene que manejar la barrena con una mano y el pico con la otra mientras que trabajando dos, cada uno maneja una herramienta. En el trabajo de tres, uno lleva la barrena, y dos golpean alternativamente, cada uno con su correspondiente pico.

Cargar el barreno.- *Bien limpio el barreno y secado lo posible, se procede a cargarlo, ya echando en él la pólvora suelta cuando está de arriba abajo y bien seco, ó haciendo un cartucho de papel grueso, siempre*

¹ GILLE, Bertrand, *op. cit.* p. 42.

que tenga dirección contraria o esté mojado. [...] Después de metida la pólvora o el cartucho, hay que llenar lo restante, que es lo que se llama atacar el barreno; pero hay que hacerla de modo que la pólvora encerrada quede en comunicación con el exterior para poderla inflamar, Para esto se hace uso de una aguja de metal que se coloca por la parte superior á lo largo del barreno en cuya posición se conserva mientras dura la operación

[. . .].

Pegar el barreno.- *Después de atacado el barreno se rompe el cartucho con la aguja, se retira ésta y en el hueco que ha dejado se coloca la mecha para poner la pólvora en comunicación con el exterior.*

[...]

Todos los barrenos de una labor se pegan al mismo tiempo de lo cual se encarga un operario que recibe el nombre de pegador, quien tan luego como están pegados, corre a esconderse a un lugar seguro

[...].

Disparados todos los barrenos de una labor, se vuelve a preparar ésta para dar otros.

Tal es el trabajo del barretero.

Este método de trabajo puede considerarse como habiendo sido el principal perfeccionamiento que ha recibido el arte de las minas después de algunos siglos.²

La figura 3.1 ilustra el trabajo en grupo de unos barreteros europeos del siglo XIX.

3.1.2 Las máquinas perforadoras

A partir de la Primera Revolución Industrial (1780-1850), se fueron incorporando máquinas con objeto de facilitar el trabajo. El uso de metales en sustitución a la madera y mas precisión en los mecanismos, contribuyeron en mucho a disponer de máquinas con mayor resistencia. Uno de los aspectos característicos de ese período histórico fueron las aplicaciones del vapor para accionar maquinaria y locomotoras. La necesidad de mejorar el rendimiento de las máquinas de vapor condujeron a buscar estudios de las propiedades de los gases, a lo largo del siglo

² CARRIÓN, Luis, *Curso de Explotación de Minas*, Tipografía de Pedro Haro Sue, Pachuca, 1889, pp. 52-57. Puede consultarse la narración de CASTERA, Pedro, "El pegador" en: *Las minas y los mineros*. Querens, Biblioteca del Estudiante Universitario núm. 104, UNAM, México, pp. 83-89.

XIX se desarrolló la ciencia de la termodinámica.³ El aire comprimido como un gas relativamente fácil de obtener era visto como una alternativa ante riesgos e inconveniencias del vapor.

Una importante mejora en la perforación procedió de un campo diverso a la minería. Las compañías ferroviarias europeas, ante el reto de cruzar los Alpes contemplaron el proyecto de hacer túneles en las montañas para permitir trazos más adecuados. Muy costoso resultaba el perforar la roca a mano y a partir de esa necesidad se introdujeron las máquinas perforadoras accionadas por aire comprimido. Las primeras fueron diseñadas por George Law y empleadas en el túnel del Monte Cenis en 1865. Las fabricadas por Somellier en 1872 se aplicaron en el San Gotardo.⁴ Estas máquinas denominadas también martillos neumáticos, reproducían los movimientos de golpe y giro que se imprimían manualmente a las barrenas pero a una velocidad muy superior, liberando a los operarios de esa peligrosa y fatigosa operación. Para conseguir el movimiento de golpe se introducía aire al interior de un cilindro y ocasionaba que un pistón se desplazara hasta el otro extremo. Un sistema de válvulas descargaba el aire expandido e introducía aire por el otro lado para regresar a la posición inicial. El giro de la herramienta se conseguía en las máquinas modernas por medio de una guía con ranuras inclinadas o helicoidales que hacía girar el pistón cada vez que regresaba. El movimiento de avance de la máquina para profundizar el barreno se conseguía por medio de un mecanismo de tornillo accionado por el operario a través de una

³ Se asume que la termodinámica se inicia con el trabajo de Nicolás Sadi Carnot publicado en 1824: *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las maquinas adecuadas para desarrollar esta potencia y otras notas de carácter científico* (esa obra se puede consultar en edición actual de Alianza Editorial, Madrid, 1987, 140 pp.). Sin embargo, es hasta la segunda mitad del siglo XIX cuando se establecerán y comprueben los principios de esta ciencia a partir de trabajos de investigadores como Lord Kelvin, Rankine y Clausius . Una breve historia de la termodinámica se puede consultar en: FAIRES, Virgil M. *Termodinámica*, Limusa, México, 1994.

⁴ El primer túnel alpino importante fue el San Gotardo, la empresa ferroviaria se formó en 1871 y demoraron 25 años en terminar todas sus secciones. FERRARI, Massimo, LAZZATI, Emanuele, *Trains*, Crescent Books, New York, traducción del italiano, 1990. pp. 19, 20.

manivela usualmente colocada en la parte trasera del soporte de la perforadora.⁵ La figura 3.2 representa el corte de una de las primeras perforadoras neumáticas.

Un elemento clave para esta forma de trabajo era la manera de disponer del aire comprimido. La primera solución fueron las instalaciones hidráulicas que aprovechando la caída de agua y las propiedades elásticas de los fluidos, permitían comprimir el aire. Esta solución, era muy difícil de adaptar para sitios carentes de abundantes caídas de agua. Por ello se desarrollaron los compresores mecánicos que a partir de la energía motora que recibían, absorbían el aire libre y por medio de sus elementos internos, le proporcionaban presión. Estas máquinas han constituido un elemento fundamental para el establecer la perforación neumática y debieron pasar por un proceso de perfeccionamiento para conseguir mayor eficiencia y reducir el costo del aire comprimido.

Los primeros compresores operaban por medio de un pistón que ponía en movimiento alternativo un volumen de agua que indirectamente realizaba la compresión. El uso de agua se debía a los problemas de ajuste insuficiente y la necesidad de lubricación del cilindro. Al conseguirse ajustes más precisos, se observó que de la energía aplicada a la compresión, una cantidad se convertía en calor, complicando la operación de la máquina. Para resolver esta situación, en compresores cuyos pistones operaban directamente con el aire se inyectaba al interior del cilindro un rocío de agua que debía servir para enfriar y proporcionar cierto grado de lubricación. La figura 3.3 muestra un compresor de este tipo. Los conocimientos termodinámicos propusieron que para conseguir una mayor eficiencia se haría la compresión en dos etapas, sin inyección de agua, con lubricación por aceites minerales y enfriamiento del aire después de cada etapa, la figura 3.4 muestra productos de la compañía norteamericana Ingersoll. En el accionamiento de los compresores también se consiguieron avances, se pasó del

⁵ HISCOX, Gardner, D, *Compressed Air Its Production, Uses and Applications*, Norman W Henley & Co. New York, 1903, pp. 25-27

accionamiento directo por máquina de vapor al uso de mecanismos rotativos con volantes de inercia y acoplamientos por bandas flexibles, con ello se conseguía un mejor funcionamiento. Aún mejor eficiencia resultó del uso de sistemas adaptables a la demanda que permitían trabajar la máquina en diferentes niveles de carga al equipo.⁶ La energía eléctrica proporcionó en la última década del siglo XIX motores que se adaptaron a estas tareas y con ello se completó un paquete tecnológico de gran eficiencia, la figura 3.5 muestra un compresor accionado por un motor eléctrico síncrono.⁷

3.1.3 Importación de una novedad tecnológica en el siglo XIX

El último cuarto del siglo XIX significó para la minería de Real del Monte y Pachuca un momento de reorganización. Habiéndose resuelto una serie de problemas laborales, se abocó la empresa a conseguir por medio de elementos tecnológicos novedosos, un mejor aprovechamiento de sus yacimientos. Con esta óptica el Ing. Guillermo Segura fue enviado a Europa en 1875 para evaluar entre otras cosas, perforadoras neumáticas que pudieran incorporarse al trabajo minero. El equipo de perforación seleccionado fue del sistema Dubois-François fabricado en Leraig, Bélgica y utilizado en la perforación de los túneles alpinos de Saint Cenis y de San Gotardo. Se consiguió que fuera instalado personalmente por su fabricante Ing. Armand Dubois.⁸ Para ubicar el compresor, hubo que construir un anexo a la casa de máquinas de la mina de Acosta en Real del Monte.⁹ Al año

⁶ *Ibidem* pp. 177-181, 281-299.

⁷ Los motores eléctricos denominados síncronos instalados a los compresores que en minería tenían funcionamiento continuo, permitieron a las empresas resolver un problema eléctrico denominado "bajo factor de potencia" permitiendo una operación global más económica.

⁸ AHCRDMYP, Fondo siglo XIX, Relaciones comerciales, J M de Sevilla, septiembre 18 de 1875, agosto 1 de 1876. CUATÁPARO, Juan N. "Progresos mineros" en: *El Minero Mexicano*, México, noviembre 25 de 1875, p. 35. CARRION, Luis, *op. cit.* p. 90.

⁹ La mina de Acosta es actualmente un museo de sitio y ha sido estudiada en sus elementos por parte del Museo de Minas de Pachuca y del Comité Mexicano para la Conservación del Patrimonio Industrial. La mayoría de los resultados se encuentran publicados en: HERNÁNDEZ IVAR, Iván, *La tecnología de vapor en la mina de Acosta*. Real del Monte Hidalgo, durante el siglo XIX Desde la perspectiva de la arqueología Industrial Tesis de Licenciado en Arqueología, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México, 2003.

siguiente estuvo listo el equipo, desgraciadamente los resultados no fueron satisfactorios. Si bien permitieron mayor rapidez que el trabajo a mano, existía entre otros, el problema de mover una perforadora que pesaba 220 kg, aparte de su cureña de soporte que debía ser armada y desarmada en cada cambio de frente. En la figura 3.6 se muestra una disposición para el trabajo en túneles horizontales, se puede observar que las máquinas estaban montadas sobre un carro de mina especial. El remolque con un depósito cilíndrico, lleva agua que a presión salía por unas boquillas especiales que descargaban cerca de los orificios que se perforaban para atenuar el polvo del proceso y enfriar la herramienta.¹⁰ La anterior disposición no se ocupó en la región, se muestra como un esfuerzo para superar dos de los inconvenientes de tales máquinas: su gran peso y el polvo que desprendía su operación. Un reporte de los trabajos en la mina de Acosta indica que en 36 horas de trabajo sólo se pudieron conseguir 84 centímetros de avance. Al año siguiente dejó de operar y el equipo quedó para trabajos especiales como el colado de tiros principales.¹¹

La difícil movilidad de las primeras perforadoras utilizadas en las minas, no se había apreciado en el caso de los túneles ferroviarios porque se atenuaba el problema por el trayecto del túnel en un mismo sentido, aspecto que en el trabajo subterráneo de una mina era muy diferente, al requerirse frecuentes cambios de frentes. Otro punto en contra era la ineficiencia de los compresores accionados por máquinas de vapor utilizados en 1875, situación agravada en México por la necesidad de consumir como combustible leña o carbón mineral importado. Finalmente al cotejar las condiciones de operación en cuanto a la presión recomendada que aparece en un texto de la época (4 1/2 Kg/cm²) y la que se utilizó en Real del Monte (3 Kg/cm²) existe una diferencia que también contribuyó al pobre desempeño del equipo. Esto último pudo deberse en parte al hecho de la gran altura sobre el nivel del mar en que se encuentra Real del Monte, que

¹⁰ de la GOUPILLIERE, Hatón, *Cours d'Exploitation des Mines*, tomo 1, Vve. Ch. Dunod et P. Vicq Editeurs, Paris, 1896, pp 260, 266,270-272.

¹¹ ORDOÑEZ, Ezequiel, RANGEL, Manuel, *op. cit.*, pp. 64, 65.

ocasiona un aire más enrarecido y que quizá no fue tomado en consideración al instalar el equipo.

Otro caso de aplicación temprana de las máquinas perforadoras se tuvo en Real de Catorce, San Luis Potosí. Ahí se ensayó la perforación neumática en el socavón general de Purísima que había sido iniciado a mano en 1870, tres años después se decidió trabajarlo con máquinas, pero hubo que suspenderlo hasta disponer de nuevos medios. En ese caso los resultados fueron tan poco alentadores como los obtenidos en Real del Monte.

Se establecieron tres máquinas compresoras para dar movimiento á las perforadoras de diamante, las que comenzaron a funcionar a principios de 1875. Estas perforadoras no dieron el resultado esperado y se abandonaron continuando el trabajo á mano y siempre en línea recta hasta fines de 1878.

En octubre de ese año, se contrató la obra y el contratista principió los trabajos haciendo uso de las perforadoras de Ferroux, que funcionaron sin dificultad.

[...] a los 1,428 m de la boca del socavón y en vista del alto costo de la leña y demás gastos, se abandonaron las perforadoras, y el trabajo volvió a continuarse a mano [...].¹²

Aparte de los problemas de costo, para los operarios había un inconveniente capital: la gran cantidad de polvo producido por la operación de la máquina. Las boquillas para descargar agua cerca del barreno no eran una solución satisfactoria o también muchas veces se trabajaba en seco. Esto ocasionó un amenazante aumento de padecimientos entre los mineros. La silicosis, retención del fino polvo en los pulmones y vías respiratorias aumentó de manera alarmante entre los operadores de los nuevos equipos. Los mineros norteamericanos de fines del siglo XIX denominaron a las máquinas perforadoras

¹² CARRIÓN, Luis, *op. cit.* pp. 90, 91.

"las fabricantes de viudas".¹³ Como ya se refirió en el apartado 1.2.4, los perforistas de Real del Monte y Pachuca plantearon en 1893 la formación de una agrupación mutualista para velar por compañeros enfermos o accidentados.

La necesidad de avances rápidos en las minas de Real del Monte puso sobre la mesa en la década de 1880, el considerar nuevamente el uso de perforación neumática. Se consideró utilizar los mismos compresores pero con perforadoras americanas Ingersoll denominadas portátiles pues su peso no llegaba a 100 kg.¹⁴ Éstas se utilizaron en el tiro de San Ignacio y posteriormente con compresores de la misma marca para hacer el tiro de Dificultad y algunas prolongaciones al socavón de Aviadero. La figura 3.4 se refiere a estos elementos. En el reporte de septiembre de 1885 del Ing. Rodolfo Muñoz, administrador de minas de Real del Monte se indica lo siguiente:

Ayer han comenzado a funcionar las perforadoras y dejé nombrados aprendices a Don Juan Arthur que servirá también para explicar a los demás aquello que no puedan entender de Hayward, a Don Emilio Ríos y Don Arnulfo Manzano. He buscado de preferencia que los referidos aprendices sean personas acostumbradas a los trabajos del interior de las minas, que sean fuertes para el trabajo y en lo posible inteligentes. Hayward les explica la manera de colocar sus barrenas y con esto y la práctica creo que en poco tiempo estarán listos para manejar ventajosamente las máquinas de barrenar. No me fijé en ocupar barreteros como aprendices, porque entre los que conozco no encuentro quienes llenen las condiciones que busco, buena voluntad para aprender y deseo de sacar el mayor provecho de los aparatos. Si hay algunos entre los ingleses; pero como Usted supondrá, ellos quieren fuerte jornal. Me parece justo pagarles \$ 10 porque el trabajo es fuerte y tienen que permanecer más tiempo en la mina que los otros barreteros, pues he dispuesto que bajen a las seis y media de la mañana; lo creo conveniente porque algo se les estimula de esta manera y de esa manera creo conseguir mas pronto gente útil. Para la otra serie de aprendices una vez que estos estén listos, pondré gente que sea bien acostumbrada a los trabajos de barretero. Teniendo especial cuidado de elegir a la mejor de entre ellos.

¹³ TEMPLE, John, "Metal mining" en: *A History of Technology*, vol. VI, part I, editor WILLIAMS, Trevor, 1979, pp. 420, 421.

¹⁴ Página electrónica de la Ingersoll-Rand: <http://www.irco.com/aboutir/history>.

*Como los barrenos hechos con la perforadora son de mayor diámetro que los barrenos hechos a mano, es más ventajoso emplear cartuchos de dinamita más gruesos.*¹⁵

Seguramente que las medidas fueron rindiendo frutos ya que en dos meses se podía reportar:

*El miércoles puse 2 perforadoras a trabajar sobre la misma frente y hemos tenido un avance de 95 cm diarios porque se pueden dejar en el cuarto de día, terminados los barrenos que necesita la frente y pegar los cohetes y limpiar el tepetate en la noche.*¹⁶

Con la aparición de la perforadora diseñada por J. George Leyner en 1896, se completó el esquema de las perforadoras modernas.¹⁷ Una de esas máquinas se muestra en la figura 3.7. La principal mejora consistía en la inyección de agua a través de la barrena que era hueca y eso permitía hacer llegar el líquido hasta la punta, disminuyendo el polvo de una manera efectiva. Otra característica favorable era la manera de sujetar la barrena que se podía colocar y retirar rápidamente, por medio de un alojamiento complementario al perfil poligonal de la herramienta. Un reborde en la barra, empujaba la barrena contra un seguro con resorte que evitaba que se saliera de la máquina. Eso permitía un sustancial ahorro de tiempo al sustituir las barrenas.¹⁸ La figura 3.8 muestra aceros y barrenas para perforación neumática. Esas mejoras fueron en su momento adoptadas por los principales fabricantes de máquinas y recibidas con especial agrado por los operarios, entre quienes se redujo el riesgo de la aspiración de polvos. Desgraciadamente estas máquinas se usaron en el distrito a partir de 1916, con el consiguiente perjuicio en la salud de los perforistas.

¹⁵ AHCRdMyP Fondo siglo XIX Informes de minas Real del Monte, septiembre 22, 1885, libro 30, p. 32.

¹⁶ *Ibídem*, noviembre 1885, p. 44.

¹⁷ Esta máquina fue conocida por el apellido de su creador, cuya empresa fue adquirida por la Ingersoll Rand en 1912, conservando la designación comercial de perforadora Leyner. Ingersoll-Rand, <http://www.irco.com/aboutir/history>.

¹⁸ HISCOX, Gardner, D, *op. cit.* p.

Una nota de 1899 en California, señala que el trabajo con perforadoras aún no se había generalizado ahí.

Sus ventajas sobre el trabajo a mano en relación al costo dependen casi completamente al costo de la potencia [eléctrica]. Donde esa última es barata, no hay duda de su ventaja. El desarrollo de fuentes de potencia hidráulica [para generar electricidad] en el estado [de California] que actualmente se están desarrollando con rapidez, seguramente conducirá en un futuro cercano al uso extensivo de la máquina perforadora en los trabajos mineros.¹⁹

Como en el caso de Pachuca, la aplicación de la perforación neumática estuvo subordinada a la disponibilidad de energía eléctrica.

3.1.4 Establecimiento de los nuevos métodos.

Para la Compañía de Real del Monte y Pachuca, la afirmación definitiva de la perforación se logró en el período norteamericano, cuando el grupo United States Smelting, Refining and Mining Co. (USSRMCO) adquirió las propiedades en febrero de 1906. Fuertes inversiones se encaminaron a equipar de manera masiva las minas con los equipos más modernos de la época. En los primeros años, cinco grandes compresores Ingersoll Rand fueron destinados a las minas y otros dos para haciendas de beneficio, con lo que se consiguió, en ese momento, abastecer de aire comprimido a los trabajos.²⁰ Una nota de los primeros años, relativo a la profundización del tiro de Dolores indica:

Se sigue prolongando el tiro, se encuentra ahora a 18.5 m debajo de la estación 475, trabajan nueve perforadoras Waugh.²¹

¹⁹ THANE, B. L., "The use of drill machines in mine stoping", en: BENJAMIN, Edward H. (Director), *California Mines and Minerals*, California Miners' Association for the California Meeting of the American Institute of Mining Engineers, Louis Roesh Press, San Francisco, 1899, p. 225.

²⁰ AHCRdMyP, Fondo norteamericano, Informe de introducción de maquinaria para devolución de derechos, papeles sueltos, 1906-1908.

²¹ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, noviembre 20 de 1909, p. 248. La referida perforadora Waugh era fabricada por la Denver Rock Drill Manufacturing. Co., esta firma se constituiría en 1927 como Gardner Denver y fue una importante proveedora de perforadoras a la empresa

Un elemento fundamental para la generalización de la perforación fue la disposición de electricidad en cantidad suficiente, lo cual se logró en el caso del distrito de Pachuca y Real del Monte a partir de la conexión con la hidroeléctrica de Necaxa en septiembre de 1910.²² Un ejemplo de la insuficiencia que había existido antes fue el que el socavón Girault obra importante para desagüe de Pachuca fue hecho sin perforadoras neumáticas, utilizando éstas sólo en los trabajos productivos.

Para conseguir el efecto deseado en la perforación y tumbe de minerales, era necesario seguir un esquema o plantilla de perforación que distribuyera los barrenos de acuerdo a la geometría del rebaje que se tratara, también se debía dar una secuencia al encendido de los explosivos a fin de que no solo se resquebrajara sino que se desprendiera el material a fin de recogerlo con mayor facilidad. En la figura 3.9 se muestra un esquema explicativo.

Una de las narraciones de Félix Castillo, exminero de Pachuca, en relación al adiestrar a un compañero en la década de 1960 indica al respecto:

Barrenar es fácil, lo difícil es que sepas trazar, por ejemplo: esta frente es de dos por dos metros. Sale con veintiséis barrenos.

Primero le das tres de cabeza. Le calculas cincuenta centímetros arriba y de los lados y le das otros tres, que son los ayudantes, le das cuatro barrenos de lado a lado, sirve para que agarres los de tabla. Procura que los del centro vayan parejos y así te la llevas [...].

Los barrenos que van al centro se les llama cuña. Y debes de formar un triángulo de seis barrenos inclinados sin juntarse. Y cuando encadenes hazlo a modo que truenen al mismo tiempo.²³

minera. *Keystone Metal Quarry Catalog*, McGraw-Hill, New York, 1927, p. 206. También consúltese: http://www.gardnerdenver.com/GDCorpData/pdf/GD_Capabilities.pdf.

²² BRADY, Agustín, "La minería en los campos mineros de México durante el año de 1910", en: *Boletín Oficial de la Cámara Minera de México*, 1911, pp. 12-14.

²³ CASTILLO, Félix, *Un infierno bonito*, Biblioteca Hidalguense Arturo Herrera Cabañas, Gobierno del Estado de Hidalgo, 1994, p. 101.

A modo de complemento a lo anterior, en una tesis de 1950 sobre el aprovechamiento de un veta en Real del Monte, se refiere que en una labor horizontal o “frente” de 2.0 x 2.20 metros y una plantilla con 25 barrenas, se ocupaban 8 cartuchos en cada uno haciendo un total de 200 cartuchos. El avance obtenido se estimaba en 1.3 metros por cada tronada o explosión. En una labor vertical hacia arriba llamada “cielo” o “chiflón” de 2.5 x 1.6 metros se ocupaban 134 cartuchos.²⁴ Se llama la atención de que los aspectos referidos de las décadas de 1950 y 1960 indican que los sistemas de trabajo tuvieron una larga permanencia en el ambiente minero de la región.

El soporte de la perforación neumática era el contar con los compresores necesarios para abastecer de aire a los puntos de trabajo. Para eso se debía contar con una línea de abastecimiento desde los compresores en la superficie hasta los diversos niveles de trabajo. También debe considerarse que los compresores se habían convertido en equipos muy importantes, se refirió en el apartado 2.3.3 el uso de aire para accionar malacates, originalmente operados con vapor. Para la década de 1920 en las operaciones mineras se inició el uso de pequeños malacates o winches y bombas para desagüe accionados por aire comprimido. Aparte de eso en las haciendas se debía de disponer de aire para los procesos de beneficio aspecto que se comenta en el apartado 5.2.1. La figura 3.10 detalla la capacidad instalada en número de compresores y capacidad de compresión por dependencias de la empresa en 1925. En ese año, una inspección realizada por el montador de la fabrica Ingersoll-Rand señaló que los compresores de la empresa tenían deficiente lubricación, que se habían retirado en algunas instalaciones los drenes para expulsar acumulación de humedad y evitar la formación de depósitos de aceite e impurezas que pueden ser inflamables, llamó también la atención de evitar el uso de calderas viejas como recipientes de aire

²⁴ GOMEZ RUIZ, David, *Proyecto de exploración y desarrollo del clavo supuesto, proyecto de desagüe mas económico en las exploraciones abajo del nivel 650, de la veta de San Cayetano de la Compañía Real del Monte y Pachuca*, UNAM, tesis de licenciatura de Ingeniero de Minas y Metalurgista, México, 1950, pp. 37 a 53.

comprimido. Parece ser que la empresa corrigió algunos errores pero siguió usando las calderas viejas como depósitos. No se tienen noticias de explosiones por ese concepto.

En cuanto a las máquinas perforadoras, con el tiempo se aplicaron ejecuciones especiales. En la figura 3.11 aparece la máquina básica, conocida en inglés como *drifter* y que eran las más pesadas. Durante el período se sostenían por medio de un soporte o cureña hecha de tubos de acero sujetos arriba, abajo y a los lados del túnel. El avance se lograba por medio de una manivela accionada manualmente por el perforista. Para perforaciones verticales hacia arriba, cielos o chiflones, se disponía de una máquina más ligera, la *stoper* la cual tenía una prolongación para apoyarse en el suelo, por ello se les conocía como perforadoras de espiga, véase la figura 3.12. Su cuerpo incorpora un pistón neumático que le permite el avance de manera automática sin esfuerzo del operario. Una máquina de gran movilidad para ser sostenida por el operario denominada en inglés *jackhammer* o martillo neumático y que se muestra en la figura 3.13, es muy similar a las rompedoras de pavimento. Otra variante, la más ligera de todas y que no se utilizó en el distrito fueron las picas para carbón. En la figura 3.14 se muestra un gráfico con los totales de máquinas de la empresa en los años de 1939, 1940 y 1948. A nivel de detalle se muestra en la figura 3.15 la asignación de máquinas por mina para el año 1939.

Algo muy importante y que se señaló anteriormente fue el inconveniente del polvo que estas máquinas producían. A este respecto, a continuación se presenta la contestación que la empresa dio ante la solicitud hecha en 1932 por el inspector de minas asignado en el Estado para responder al elevado número de trabajadores mineros enfermos de silicosis.

Hasta 1916 casi todo el trabajo de barrenación en estas minas, al igual que el efectuado en minas de otros distritos y distintos países, se hacía en seco, usándose agua solamente en barrenaciones hacia abajo,

inyectándose dicha agua generalmente a mano. En el año de 1916, se comenzaron a usar en las minas de esta compañía las maquinas Leyner N^o. 18 para frentes y cruceros, y ya para 1917 toda esta clase de trabajo se hacia con máquinas de agua, practica que ha continuado hasta la fecha en una proporción de 100 %.

Los primeros trabajos hechos con máquinas de espiga de agua (para rebajes) se hicieron, en forma de experimento, en 1927. En aquellos días se utilizaban unas cuantas de estas perforadoras, el chorro de agua pasando por el acero hueco, y otras en las que el agua se rociaba exteriormente. Estos rociadores exteriores no dieron resultados satisfactorios.

En 1928, se dotaron algunas de las minas de Real del Monte con maquinas espiga de agua, gradualmente adoptándose este método, hasta lograr que las maquinas en uso tanto en el Distrito de Pachuca como en el de Real del Monte. En febrero de 1932, fueron en su totalidad de esta clase.

En la actualidad todo trabajo de barrenación en frentes, cruceros, chiflones y rebajes se hace con las maquinas de agua.²⁵

En el borrador de la anterior contestación el jefe de ingenieros indicaba el ocasional uso de máquinas sin agua para trabajos específicos como la colocación de tolvas o soportes para cables. Esto fue omitido en el reporte oficial.

Un tipo especial de estas máquinas fueron las perforadoras exploradoras con barrenas de diamante *diamond drill* las cuales no eran equipos de producción sino que se utilizaban en la fase de exploración de un yacimiento minero. Eran máquinas de gran tamaño accionadas por vapor o aire comprimido, se muestra una de ellas en la figura 3.16. Las barrenas en su punta tenían insertos de diamantes unidos a tubos de acero a fin de alojar en su interior el núcleo de la roca que resultaba de su operación. Estos equipos eran operados por el departamento geológico, los núcleos se estudiaban cuidadosamente en el laboratorio a fin de determinar existencia de valores en un cierto rumbo. Se tiene referencia que con perforadoras a diamante procedentes de Pachuca se realizaron estudios en Guanajuato entre 1929 y 1930.²⁶

²⁵ AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, Correspondencia de E.L. Young, Director al Sr. Adán Noble Inspector de Minas, Pachuca Hgo. Dic. 28 1932. Vol. 28 exp. 81 ff. 19-20.

²⁶ Se indica que en los años referidos se realizaron tres barrenos en las faldas del Chichíndaro con una máquina accionada por vapor procedente de Pachuca, en 1975 aún existían en el lugar los

3.2 Reparación y fabricación local de equipo.

Este apartado se incluye aquí como un indicador de la asimilación de la tecnología de la perforación neumática, en particular se refiere a las máquinas, a la reparación y fabricación local de las mismas.

3.2.1 Fabricación local de perforadoras.

En el capítulo anterior se señaló la importancia de los talleres de la maestría de la empresa en donde se disponía de las máquinas y sobre todo de personal con aptitud y experiencia para realizar los trabajos de precisión necesarios para la reparación y hechura de refacciones para las máquinas perforadoras. Es por ello que cuando se planteó la necesidad de contar con un taller especializado en perforadoras, éste se estableció en la maestría de Pachuca. Para los años treinta se fabricaban máquinas completas, desde la fundición al maquinado y ensamble. La figura 3.17 muestra una vista del taller de perforadoras.

Un requerimiento operativo para la perforación era el frecuente afilado de los aceros o barrenas utilizados por las máquinas. En ese caso los talleres de afilado se ubicaron en las minas a fin de reducir a un mínimo los costos de transporte, se comentó sobre este particular en la descripción de la mina de La Rica en el capítulo 1.

En el mejoramiento tecnológico de los años treinta, un aspecto merece ser destacado, la Compañía de Real del Monte y Pachuca produjo no sólo copias de máquinas perforadoras, sino que realizó modificaciones importantes a las mismas,

restos de los núcleos extraídos. RANDALL ROBERTS, John A., "Resurgimiento de Guanajuato en la minería después de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) (Relatos)", en: *Memoria del IV Congreso Internacional de Historia de la Minería, Guanajuato, 1998*, CONACULTA INAH, Gobierno del Estado de Guanajuato, Universidad de Guanajuato, disco compacto, México, 2000.

a fin de adaptarlas a las condiciones particulares del servicio. Todas las máquinas de nuevo modelo adquiridas, eran cuidadosamente probadas. En correspondencia confidencial entre M. H. Kuryla dirigida al director de una empresa minera de Fresnillo, quien solicitaba información sobre el desempeño observado en Pachuca de una máquina recién aparecida en el mercado, se lee lo siguiente:

Como Usted probablemente sepa, las primeras 5 perforadoras "S 80" eran prácticamente una novedad y se encontraron considerables rupturas y de fallas en los chucks, en la cabeza frontal y en los dientes del engrane de rotación. Las partes defectuosas fueron rediseñadas reforzándolas al punto de que creemos que nosotros podremos obtener costos moderados de reparación. Debido a las anteriores dificultades, con un maquina novel, seria difícil o de utilidad el que le proporcionáramos costos.²⁷

La infraestructura del taller de perforadoras permitió aparte de satisfacer las necesidades de la propia empresa, era solicitada para abastecimientos externos, como fue el caso de la cooperativa minera de Tlalpujahuá, Michoacán en 1942:

Al Sr. Gerente de la Compañía de Real del Monte y Pachuca:

El portador de la presente, compañero Arturo Esquivel, ayudante del Superintendente de Minas y jefe mecánico de las mismas, se presenta ante Usted con el objeto de solicitar algunas refacciones para las maquinas perforadoras que estamos necesitando con suma urgencia para los trabajos de esta cooperativa.

Le suplicamos a Usted muy atentamente tenga la bondad, de ser posible, dar la autorización para que se nos proporcionen las refacciones que le estamos solicitando.

Esperando que atenderá nuestra petición le anticipamos las gracias y nos ofrecemos a sus respetables ordenes como sus afmos. attos. Ss. Ss.

*Por el Consejo de Administración
Ing. Juan Villafranca Presidente
Junio 4 de 1942²⁸*

²⁷ AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, Correspondencia, M.H. Kuryla a T.C. Baker (Fresnillo) f. 79 enero 25, 1923.

²⁸ AHCRdMyP, Compra de metales, vol. 119, exp. 114, f. 169.

El anterior escrito tiene adjunta otra carta del mismo día dirigida al Sr. Schissler, superintendente de la refinería con el que la cooperativa tenía trato frecuente a fin que el funcionario intercediera con el Gerente sobre el asunto. La petición fue atendida favorablemente y en el expediente se tienen los comprobantes de envíos por ferrocarril de piezas diversas, los días 12 y 28 de julio.²⁹

Un indicativo de la atención que se dieron a las máquinas perforadoras fueron las patentes que obtuvieron dos empleados de la empresa. Una de ellas fue por el sistema de lubricación propuesto por E. W. Everheart, jefe de los talleres de Maestranza en 1936. Otra patente fue la innovación conseguida por Vito Brussolo, superintendente de la mina de La Rica en relación a un sistema de conexión rápida de la manguera de agua a la perforadora. Ambas innovaciones fueron recogidas por la publicación *Engineering and Mining Journal* en sus publicaciones e incluidas en un número especial que compilaba propuestas de ahorro en trabajos mineros.³⁰

La fabricación de máquinas se convirtió en un asunto que recibió gran atención por la empresa. En la figura 3.18 se muestra el comparativo de cantidad entre máquinas de fabricación propia y las adquiridas ya fabricadas. En un comunicado, fechado en julio de 1947, poco después de la adquisición de la empresa por el Gobierno Federal, el jefe del taller de perforadoras explica al director general sobre las características de dos máquinas. La empresa utilizó las siglas RDM seguida de un número para la designación de sus máquinas:

²⁹ AHCRdMyP, ibídem, ff. 168, 170, 171.

³⁰ La patente de E.W. Everheart fue la número 36,687 otorgada por el Presidente de la República, emitida el 17 de junio de 1936. Las referencias de los artículos de la publicación referida son las siguientes: BRUSSOLO, V.A., "A Novel Water Connection for Stoper Drills", EVERHEART, E.W., "Ingenious Oiler Devised for Stoper Drill", pp. 148, 160, en: *New Methods that cut Mine and Plant Costs*, Compilación de los editores de: Engineering and Mining Journal, New York, ca. 1940.

La perforadora de espiga RDM-6 fue desarrollada para incrementar la velocidad de perforación de la perforadora de espiga [Ingersoll Rand] N-79. Tiene una válvula de acción diferente, eso permite al aire en frente del pistón a escapar en la carrera de avance. El pistón choca con el bloque de Anvil mas libre puesto que no se crea un acojinamiento de aire como en la perforadora N-79. Con excepción del cilindro, el ensamble de válvulas, el bloque de Anvil y la cabeza trasera, todas las otras partes son intercambiables con la perforadora N-79.

[...]

La perforadora RDM-10 fue desarrollada puesto que la perforadora [Ingersoll Rand] R-72 era demasiado lenta para barrenar y nosotros queríamos un máquina más moderna construida con el mismo modelo de cilindro que el que era usado para la R-72. El accionamiento de la válvula es muy semejante al de la máquina CP 60 de Chicago Pneumatic. La RDM-10 usa el mismo cabezal frontal, el mando, mordazas y perno del chuck, la concha de guía y el tornillo de alimentación que en la máquina R-72. El perno del rifle es el mismo que en la máquina N-75. El ajustador del cilindro es el mismo que el de la máquina de espiga D-89 de la Compañía Gardner Denver.

Una ventaja de la máquina RDM 10 sobre la mayoría de las perforadoras de fábrica, es la robustez de su cilindro. Hay una gruesa sección de acero en la parte superior del cilindro y un pesado descargador con una pieza de acero barrenado que no permite la rotura o deformación de la pared del cilindro, como ha sido el caso muchas veces con los cilindros de fabrica mas delgados.³¹

Durante el período paraestatal, la empresa continuó con la fabricación de máquinas y amplió el taller de perforadoras para abastecer a otras compañías, sobre todo paraestatales. Una mejora que data de los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial provino de la fábrica sueca Atlas Copco. La propuesta consistía en el uso de una perforadora ligera combinada con un soporte o pierna a la que se hacía pasar aire comprimido y de esa manera se proporcionaba empuje a la máquina, eliminando el uso de las antiguas cureñas de soporte y los sistemas manuales para proporcionar el movimiento de avance. El nuevo esquema de

³¹ AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, Talleres generales, reparación de perforadoras, vol. 71, exp. 85, julio 14 de 1947.

máquina permitía sustituir a la máquina de espiga que dejó de fabricarse. Lo anterior se combinaba con el uso de una barrena cuya punta tenía insertos de carburo de tungsteno de mayor resistencia que el acero. En la publicidad de la firma se indicaba que el "método sueco" había establecido una perforadora por operario.³² La Compañía de Real del Monte y Pachuca durante el período paraestatal adoptó este sistema, y produjo máquinas con ese diseño, y los talleres de afilado se adaptaron para preparar barrenas con insertos de carburo de tungsteno. Actualmente la perforación ha avanzado hacia máquinas con silenciadores u otras mejoras. Asimismo pueden mencionarse los sistemas autopropulsados o jumbos provistos con brazos que soportan perforadoras grandes, y que han librado a los trabajadores de las tareas de cargar y desplazar estos equipos. Lo anterior es una actualización del esquema del siglo XIX mostrado en la figura 3.6. Durante el período paraestatal se produjo una versión simplificada de esos equipos en los talleres de la empresa.

En octubre de 1987 durante los últimos años de la administración paraestatal, fueron cerrados los talleres de maestranza con lo que la empresa suspendió la fabricación de máquinas perforadoras.³³

Los conocimientos y habilidades que se manejaron en los talleres de la compañía, se transfirieron al entorno. A partir de la década de 1950, se fundaron en Pachuca pequeñas empresas dedicadas a fabricar refacciones y perforadoras neumáticas para el mercado nacional o incluso exportando a otros países de América Latina. Perforadoras Pachuca y Neumática Mexicana fueron las más conocidas, de la primera, en la figura 3.19 se muestra un llavero publicitario, la última aún opera con el nombre de Herramin.³⁴ En la figura 3.20 se muestra la fachada de unos talleres localizados en la comunidad de Benito Juárez, Mineral

³² Página Atlas-Copco, <http://www.atlascopco-group.com/acgroup/acgroup.nsf/docs/1917-1949>.

³³ ESTRADA ALBURQUERQUE, Anselmo, "Relojes y silbatos", en: ESTRADA ALBURQUERQUE, Anselmo, *Memoria del Reloj Monumental de Pachuca*, edición del autor, Pachuca, 1988, p. 76.

³⁴ Página electrónica: <http://www.hidalgotrade.com/herramin/>.

del Chico que fabrican partes para perforadoras y otros equipos mineros. En ese mismo lugar existen otros talleres que fabrican equipos y hacen montajes y tareas de mantenimiento a equipos mineros y de beneficio de minerales en los sitios de la República que demandan sus servicios.

3.3.- Los explosivos y la experiencia del oxígeno líquido.

3.3.1 La dinamita

La aparición de la dinamita a partir de los trabajos de Alfredo Nobel en 1866, permitió contar con un explosivo mucho más poderoso que la pólvora y a la vez facilitó de manera notable el manejo del explosivo. Para encender ese explosivo se requería de un detonador, consistente en una cápsula o fulminante con un compuesto como el fulminato de mercurio el cual se introducía en uno de los cartuchos y se encendía por una mecha convencional. La electricidad también aportó la posibilidad de encendido de los explosivos, en 1875 se reportó lo siguiente sobre este sistema:

[...] Con este fin existe en el exterior de la mina o en cualquier punto del interior, una pequeña máquina eléctrica [...]. La inflamación no es directa sino que se verifica por el intermedio de un fulminante con su cubierta metálica; el cual se encuentra en contacto con las extremidades de dos alambres muy delgados de cobre, que se prolongan fuera del capzul [. . .].

Nosotros tuvimos ocasión de observar en Acosta un disparo, perfectamente simultáneo con el acto de oprimir el botón de la pequeña máquina, no obstante que la electricidad tuvo que recorrer un espacio de dos kilómetros.³⁵

En 1901 se organizó en el estado de Durango, México, la Compañía Mexicana de Explosivos, que fabricó dinamita a partir de 1906 para abastecer el mercado nacional. Esta empresa dispuso de una posición de control de la

³⁵ CUATÁPARO, Juan N. *op. cit.*..., p. 35.

importación, fabricación y distribución de explosivos en el país.³⁶ A fines de 1906 la Real del Monte había colocado pedidos para explosivos a esa compañía.³⁷ Pese a que los precios que ofrecía eran inferiores a los explosivos importados y la calidad era comparable, las empresas mineras trataron de evitar a ese proveedor alegando una posición monopólica. Durante la Revolución con el trastorno provocado por el conflicto, se suspendió desde julio de 1913 la producción regular, y se mantuvo ésta de manera esporádica cuando había peticiones del mercado y posibilidades de abastecimiento.³⁸ En el reporte del Boletín Minero de noviembre de 1916 se menciona al respecto:

*Ya para cerrar esta información recibo la noticia que se van a reanudar los trabajos de la fábrica [de dinamita] dentro de pocos días, pues los jefes actuales han recibido instrucciones para atender pedidos de importancia que hacen las negociaciones mineras de Real del Monte, Estado de Hidalgo y El Oro, Estado de México. Estos pedidos proporcionarán trabajos para un período de dos meses aproximadamente.*³⁹

Un gran problema de la dinamita eran los accidentes que se producían durante el movimiento del explosivo. En 1921 ocurrió el peor de ellos al chocar en el interior de la mina de Rosario un tren que conducía dinamita. El saldo fue de varios muertos y causó una gran conmoción.⁴⁰ La empresa debía mantener polvorines bajo fuerte vigilancia para evitar robos y también enfrentar sustracciones a pequeña escala de explosivos por parte de trabajadores quienes lo vendían en el mercado negro, siendo muy demandados por los “metaleros” o ladrones de metales.

³⁶ Un comentario sobre la formación de la Compañía Mexicana de Dinamita y Explosivos se puede ver en: HABER, Stephen H., *Industria y Subdesarrollo. La industrialización en México, 1890-1940*, Alianza Editorial, Colección Raíces y razones, México, 1992, pp. 117-119.

³⁷ AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, Correspondencia General, vol. 48, exp. 35, ff. 1 y 12. En tales documentos solicitan 450 cajas de explosivos en los meses de noviembre 1906 y enero de 1907.

³⁸ BANCALARI, Rafael, “Descripción de la Fábrica Nacional de Dinamita y Explosivos”, en: *Boletín Minero*, diciembre 15 de 1915. pp. 37-40.

³⁹ OROPEZA, P. “Reporte de la Fábrica de Dinamita”, en: *Boletín Minero*, noviembre de 1916.

⁴⁰ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, agosto 16 de 1919, f. 211.

3.3.2 La experiencia del oxígeno líquido

El proceso comercial y la maquinaria para la obtención de aire líquido fueron desarrolladas por Carl von Linde en 1895. Linde propuso el empleo de explosivos a partir de sus desarrollos denominándolos comercialmente “oxiliquit” y se emplearon por primera vez en el túnel alpino del Simplón en 1899. La separación del oxígeno y del nitrógeno la consiguió el mismo investigador en 1902. Durante la Primera Guerra Mundial y ante la escasez de explosivos convencionales ocupados en el esfuerzo bélico, en Alemania se desarrolló el uso de oxígeno líquido como sustituto a la dinamita en minería y otras aplicaciones.

En 1921 la Compañía de Real del Monte y Pachuca, se abocó a una serie de proyectos de racionalización entre los cuales estaba la producción y uso de oxígeno líquido como explosivo. Los encargados de poner en práctica la idea fueron dos altos empleados. En Pachuca el impulsor del proyecto fue Michael H. Kuryla quien había llegado como asesor metalurgista.⁴¹ En Estados Unidos el responsable fue el jefe de ingenieros del consorcio Galen H. Clevenger. La correspondencia entre ellos y la publicación de los resultados de la experiencia, nos permiten enterarnos del desarrollo de su labor. La puesta a punto del uso del oxígeno líquido como explosivo por la empresa, la colocó como la primera en utilizarlo fuera de Europa, lo que implicó atender cuatro aspectos principales: la producción del oxígeno líquido, el transporte del oxígeno líquido a las minas y frentes de trabajo, la preparación de los cartuchos explosivos y el ensayo del oxígeno líquido como explosivo y su comparación con la dinamita.

El primer punto se consiguió a partir de una planta productora de oxígeno líquido adquirida a través del representante de la firma alemana Linde en la

⁴¹ Michael H. Kuryla se desempeñó en la empresa como consultor metalurgista, asistente del director (1923), director (1924 a 1928) y director gerente (1929 a 1944). En el consorcio de la USSRMCo fue vicepresidente (1944) y presidente del consejo (1946-1947). AHCRdMyP, Informes de la USSRMCo.

Ciudad de México. Aunque se desconoce el precio, se sabe que terminó de instalarse en agosto de 1921 en un paraje despoblado; que ocupó una construcción de madera y lámina de una planta de 13 x 7.5 metros de superficie, próximo a las minas de Paraíso y Santa Ana; y que inició de inmediato su producción.⁴² Debe señalarse que se tenía conciencia del riesgo que implicaba la producción del oxígeno como lo corrobora, la correspondencia entre Clevenger y Kuryla, donde se comentan varios accidentes ocurridos en diversos sitios donde se producía o trabajaba con aire u oxígeno líquido:

*Ha estado en mi pensamiento que los fabricantes de explosivos pudieran irse contra nosotros utilizando los argumentos [de los accidentes] en contra del uso de explosivos de oxígeno líquido. Conforme previamente especifiqué, no hay absolutamente nada que nos indique que pudiéramos estar haciendo en Pachuca algo que pudiera causar un desastre. Yo creo que nosotros debemos entender desde el principio que **aceite y grasa deben estar escrupulosamente excluidos de los compresores y otros equipos accesorios utilizados** en la producción del oxígeno líquido.⁴³*

Pese a los riesgos, la producción fue el aspecto que menos problema presentó, ya que bastaba un operador y un ayudante por turno para la operación del equipo. En la figura 3.21 se muestra el esquema de la planta.

A continuación se comenta de manera breve el proceso que se aplicaba en la planta. La primera fase se realizaba en un separador de dióxido de carbono que conseguía su función haciendo pasar el aire libre a través de una circulación de una solución de potasa cáustica. Unos bloques de coque servían como elemento inerte para exponer al aire a la acción de la potasa. Para compensar la elevación del sitio sobre el nivel del mar, se disponía de un compresor previo que entregaba el aire a una presión de 0.42 kg/cm². Enseguida se realizaba una compresión en

⁴² De acuerdo a las placas del equipo, el licenciario del proceso era: Oxliquit-Sprengeluft GMBH y el fabricante fue Maschinenfabrik Sürth de la Compañía Linde de Colonia, Alemania. Fue adquirida al agente Enrique Huber de la Ciudad de México. AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, correspondencia vol. 59, exp. 13, f. 57.

⁴³ AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, Correspondencia de M. H. Kuryla, vol. 57 exp. 13, f. 8, mayo 24 de 1922.

cuatro etapas hasta alcanzar los 190 kg/cm². Separadores de humedad y aceite en varios puntos del proceso retiraban parte de esos contaminantes. Después se realizaban enfriamientos sucesivos por la circulación a contra flujo de los productos que se obtenían y finalmente por un refrigerador de amoniaco. Una batería de secadores por potasa cáustica permitía separar restos de vapor de agua, humedad, aceite y otras impurezas. Esta etapa era crítica ya que el aceite o grasa presente, podría ocasionar una explosión, las condiciones eran una temperatura de -12°C y una presión de 178 kg/cm². La licuefacción y rectificación de los gases se conseguía en una torre grande con varios intercambiadores de calor, la clave del proceso era una expansión a presión baja de unos 0.5 kg/cm², la cual producía el enfriamiento final a -195.5°C que permitía alcanzar las condiciones necesarias para pasar los gases al estado líquido.

El nitrógeno con diferente punto de crítico se separaba, y se aprovechaba para enfriar a contracorriente el aire, finalmente se descargaba a la atmósfera. Por su parte el oxígeno líquido salía de la columna rectificadora directamente a los recipientes termo para su distribución.⁴⁴ La planta producía 25 litros de oxígeno líquido por hora, siendo el rendimiento un poco menor al esperado, debido a algunos detalles menores de la instalación que debían ponerse a punto. En el último tercio de 1921, se había iniciado la operación con un turno, en junio de 1922 se trabajaba en tres turnos.⁴⁵ Las operaciones de la planta continuaron hasta el año de 1925.

El oxígeno líquido se guardaba y transportaba desde la planta de producción hasta los niveles de las minas próximas en recipientes termo de doble pared, los cuales estaban hechos de latón, en diversos tamaños, de 5 a 100 litros. La forma

⁴⁴ El proceso a detalle de este método puede consultarse en: TEGEDER, Fritz, MAYER, Ludwig, *Métodos de la Industria Química*, parte 1, Inorgánica, Editorial Reverté, Barcelona, 1980, pp. 93-97, 102.

⁴⁵ KURYLA, Michael H, CLEVINGER, Galen H, "Liquid-oxygen explosives at Pachuca", en: *Transactions of American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, Reunión en Nueva York, Febrero de 1923. Separata de publicación, 51 pp.

del recipiente era esférica con un cuello fino y largo, el recipiente estaba rodeado de material aislante térmico y colocado en un contenedor a manera de cubeta con asas a fin de moverlo sin riesgos. El material se tenía a la presión atmosférica y ocurría una continua evaporación. Esta era una limitación del sistema ya que el material no se podía mantener por tiempo indefinido en los referidos recipientes. Se estimaba que una semana era el límite de tiempo para conservar el oxígeno líquido.

La preparación de los cartuchos fue uno de los aspectos más interesantes. Se realizaron toda una serie de pruebas a fin de conseguir el material adecuado para absorber el oxígeno líquido. Las primeras experiencias se efectuaron con material procedente de Alemania, compuesto principalmente de negro de humo. Este “hollín”, subproducto de combustiones incompletas, puede asumirse como carbono con un alto grado de pureza, y por ello un combustible que servía para producir la detonación. Además de lo anterior se tenían pequeñas cantidades de aceites minerales y de óxido de aluminio. La dificultad de encontrarlo en el mercado y el elevado precio del negro de humo importado constituían limitaciones al proyecto. Un primer proveedor estadounidense de ese material, entregó un material contaminado con alquitrán. Clevenger escribió a Kuryla lo siguiente:

*No me considere pesimista, solo tenemos el negro de humo que como subproducto nos ofrece la Compañía de Gas y Electricidad del Pacífico, de San Francisco California.*⁴⁶

En Pachuca se hacían pruebas con aserrín de diversas maderas locales, entre ellas el bagazo de guayule, todo ello con mezclas diversas de negro de humo, keroseno, aceite diesel y otros combustibles. En ocasiones los compuestos añadidos tenían poco efecto en el rendimiento, encarecían el costo y muchas veces disminuían el poder explosivo. Se optó por elegir solo negro de humo producido en México a partir de la quema de chapopote. Comparado con los

⁴⁶ AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, Oxígeno Líquido, vol. 59 exp. 13, f. 10, mayo 25 de 1922.

materiales extranjeros tenía una buena absorción del oxígeno y su costo era adecuado.⁴⁷

Se realizaron muchas pruebas a fin de determinar el tiempo óptimo de inmersión de los cartuchos en un recipiente especial, de doble pared como los recipientes para el manejo del oxígeno líquido, pero con una boca amplia para introducir varios cartuchos a la vez durante unos 10 minutos. El cartucho debía ser aprovechado a la brevedad, por la continua evaporación del oxígeno líquido. Incluso se debía considerar un tiempo óptimo para su detonación ya que si se empleaba antes podía presentarse menos potencia por cierto exceso de oxígeno y una pérdida en energía por la evaporación. Si se detonaba después, se podía presentar emisión de monóxido de carbono por combustión incompleta. Las múltiples pruebas asumieron tiempos de 7 1/2 a 8 1/4 minutos para los cartuchos con negro de humo mexicano. Debe considerarse que la evaporación gradual del oxígeno líquido tenía una ventaja hasta cierto punto, ya que perdía su peligrosidad después de un tiempo. Los cartuchos que no detonaban, al paso del tiempo, podían ser reprocesados nuevamente sin riesgo de accidentes. Una recomendación de Clevenger indica lo siguiente:

*Me parece bien hacer todo lo posible para hacer las operaciones con oxígeno líquido de manera segura. Por otro lado, me parece inadmisibles crear la impresión que los explosivos de oxígeno líquido son particularmente peligrosos en sí mismos, por la razón de que algunos de los mineros pudieran manifestar temor por su uso.*⁴⁸

Uno de los problemas que se presentaron fue el intenso frío de los cartuchos, que causaban lesiones a los trabajadores al sostenerlos en las manos, sin embargo ellos desarrollaron la técnica de moverlos continuamente para evitar el contacto prolongado con la piel. Otro inconveniente era la evaporación y

⁴⁷ Ibídem, f. 13, junio 13, 1922, f. 44, f. 136, año de 1923.

⁴⁸ AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, Correspondencia de M. H. Kuryla, vol. 57 exp. 13, junio 14, 1922.

condensación de la humedad que formaba una neblina fría que se acumulaba abajo, cerca del piso, lo cual implicó el cargar los cartuchos de abajo hacia arriba a fin de no tener problemas de visión generados por la niebla al colocar los cartuchos más bajos.⁴⁹

A fin de hacer la comparación con la dinamita, se procedió a cuantificar los costos de uno y otro explosivo, encontrándose resultados favorables al oxígeno líquido en cuanto a costo por tonelada de mineral obtenido. Sin embargo, el inconveniente más importante sería el de que se tenía un tiempo breve para activar, colocar y disparar el explosivo, por lo que ahí se tendría un limitante en el caso de necesitarse muchos cartuchos. Los resultados de las experiencias obtenidas con el novedoso explosivo fueron expuestas en la reunión de la AIMME (American Institute of Mining and Metallurgical Engineers) y publicadas en las actas del año de 1923. Una separata del artículo que se detalla en la referencia 45, fue ampliamente distribuida entre las compañías mineras, universidades y personalidades del ambiente. Los destinos fueron sobre todo en Estados Unidos, y aunque ninguna institución mexicana aparece en la lista de destinatarios, se sabe que las actas eran recibidas en el Instituto Geológico y en la Universidad Nacional, donde se consultó el artículo por vez primera.

La razón por la que se dejó de usar el oxígeno líquido no queda muy clara. Kuryla expuso las ventajas de este explosivo frente a la dinamita como causal de accidentes durante 1921 y 1922. Señala que hubo 9 y 5 accidentes respectivamente con dinamita, que no hubieran ocurrido si se hubiera utilizado oxígeno líquido. En específico se señala el primer año que ocurrieron dos accidentes por asfixia al haber regresado el personal demasiado rápido al rebaje después de haberse hecho la detonación. En el segundo año hubo dos accidentes, uno por un fulminante que explotó al limpiar un barrenado quedado, el otro, causado por un flamazo al encenderse los residuos de un cartucho que no

⁴⁹ KURYLA, Michael H, CLEVINGER, Galen H, *op. cit.* pp. 38, 39.

había explotado y que eran manipulados antes de tiempo. A pesar de lo anterior, en el reporte del período se señala que las campañas de seguridad en el trabajo han disminuido estos accidentes.⁵⁰ Además se menciona que no se había presentado un aumento de accidentes por la innovación. En los anales del Estado de Hidalgo, el Profesor Teodomiro Manzano refiere el accidente grave aunque no fatal ocurrido al superintendente de San Juan Pachuca H.Z. Henderson y a su ayudante, al hacer pruebas con oxígeno líquido. Dos años después, reportó otro accidente con 3 muertos y 4 heridos por una explosión de dinamita en la misma mina.⁵¹

En 1925, Kuryla comunica que el uso del oxígeno líquido ha empezado a descartarse:

Nosotros hemos suspendido nuestras operaciones a pequeña escala con oxígeno líquido. Crecientes demandas de parte de los trabajadores locales hubieran necesitado un más cuidadoso estudio en los llamados métodos de eficiencia. El "ruidoso" mayor costo general del oxígeno líquido, nos decidió abandonarlo por el momento, a pesar del pequeño beneficio en el papel.⁵²

En la misma carta se menciona que M. H. Kuryla había sido nombrado director de la Real del Monte. Así las cosas, las nuevas responsabilidades del principal promotor del nuevo explosivo, la incomodidad y desconfianza de los trabajadores y el momento boyante de la empresa, posiblemente contribuyeron a que se descartara la nueva alternativa y se regresara al uso de la dinamita. Se desconoce el destino de la planta productora del oxígeno líquido, quizás fue

⁵⁰ AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, Correspondencia de M. H. Kuryla, vol. 24 exp. 3, enero 31 de 1923.

⁵¹ MANZANO, Teodomiro, *Anales del Estado de Hidalgo*, Gobierno del Estado de Hidalgo, 1927, junio 10 de 1923 y noviembre 24 de 1925.

⁵² AHCRdMyP, Archivo de la Dirección, Correspondencia de M. H. Kuryla, vol. 57 exp. 13, septiembre 15, 1925. M. H. Kuryla ocupó los cargos de consultor metalurgista (1922-1923), director (1924-1928) y director gerente (1929-1944), información obtenida de los informes anuales de la USSRMCo.

vendida en forma íntegra pues no hay referencias de que algunas de sus partes hayan sido asignadas a otras dependencias.

Correspondió a los ingenieros mexicanos del período paraestatal dar una alternativa al introducir los explosivos preparados a partir de compuestos nitrados, muy similares a los manejados como fertilizantes, los cuales mezclados con aceite Diesel permitieron disminuir sensiblemente el consumo de dinamita de la empresa.⁵³

⁵³ Comunicación personal del Ing. Isidoro Baca, ex Director de la Empresa durante el período paraestatal, noviembre de 2005.



Figura 3.1

Barreteros Europeos en trabajo en grupo, uno sostiene la barreta y los otros dos alternativamente golpean con la herramienta percutora.

Fuente: Original de Louis Simonin, *La vie souterrane* en: YOUNG Jr., Otis E. *Western Mining*, University of Oklahoma Press, 3 th. Reprint, 1978.

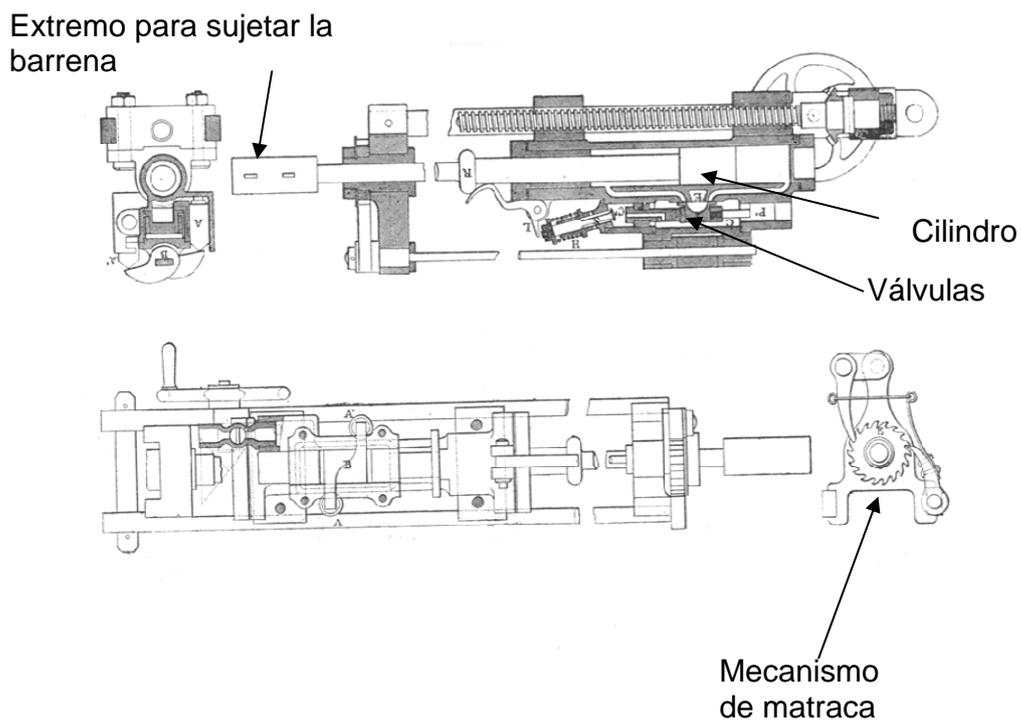


Figura 3.2
 Corte esquemático de perforadora antigua, en particular se trata de la Dubois-François que fue la primera aplicada en el distrito en el año de 1876. En el corte superior se aprecia dentro del cilindro el pistón que recibe la presión del aire para impulsar la barrena. Abajo a la derecha se ve el mecanismo de matraca para dar rotación a la barrena.
 Fuente: De la Goupilliére, Hatón, *Cours d'Exploitation des Mines*, Vve. Ch. Dunod et P. Vicq Éditeurs, Paris, 1896, tomo 1, p. 261.

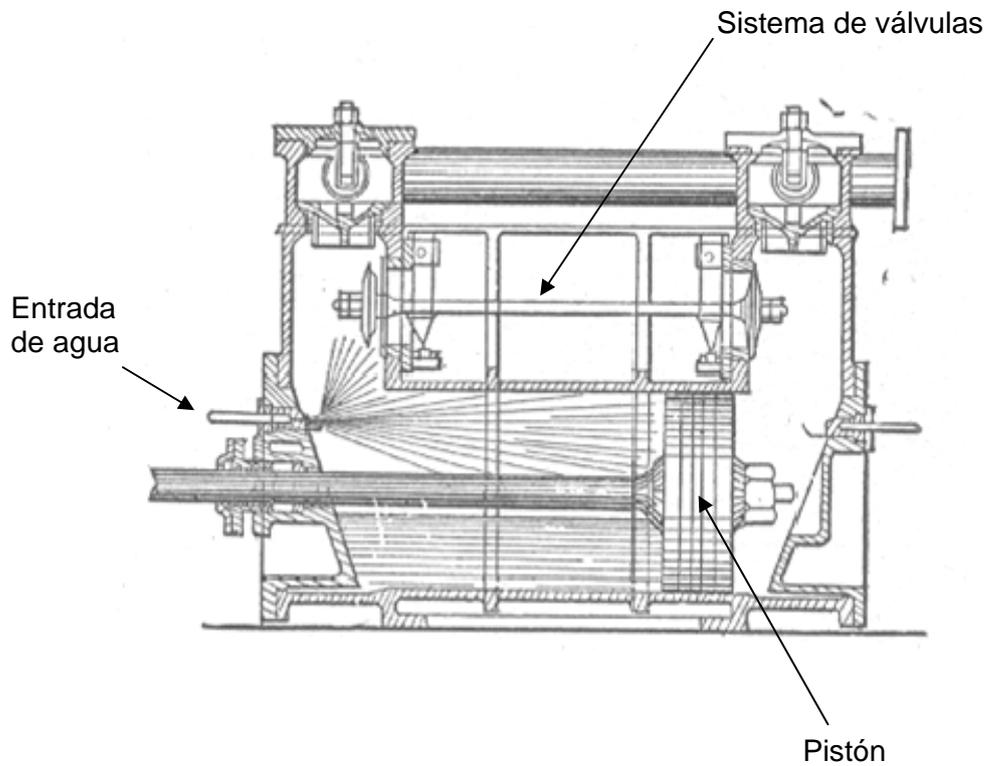
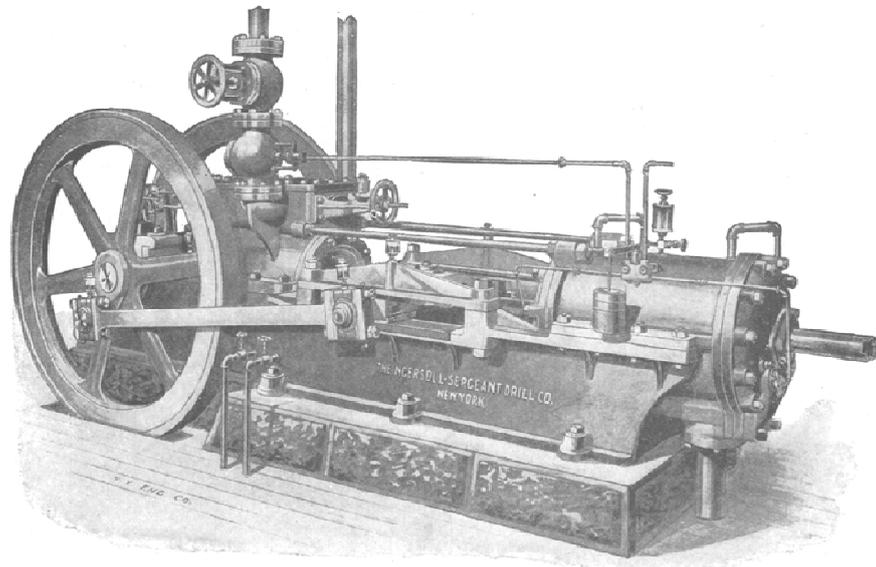


Figura 3.3

Corte de compresora Dubois-François, Se muestra solo el cilindro de aire y se puede apreciar del lado izquierdo la manera de inyectar agua a fin de conseguir una cierta lubricación y enfriamiento al equipo. Esta máquina era accionada por otro cilindro de vapor que no se aprecia en la imagen. Se instaló en la mina de Acosta en 1876.

Fuente: HISCOX, Gardner, D, *Compressed Air Its Production, Uses and Applications*, Norman W Henley & Co. New York, 1903.



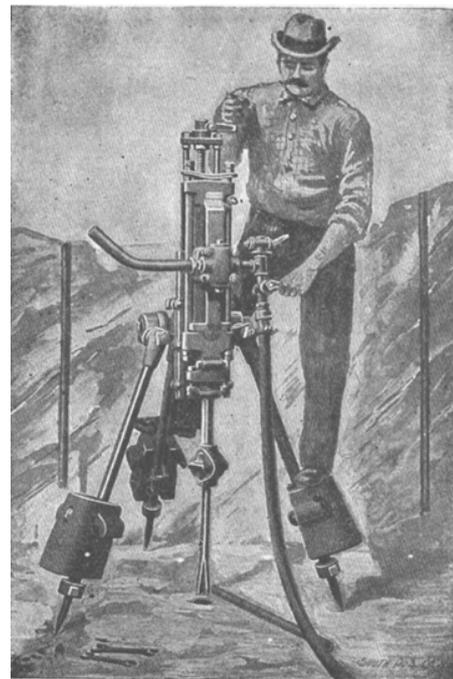
a)

Figura 3.4

Equipos norteamericanos Ingersoll introducidos a fines del siglo XIX.

- Compresor que, incorporaba mejoras en lubricación y accionamiento.
- Perforadora en posición de barrenación vertical, obsérvese la cureña de soporte con pesas a fin de asegurarla en posición.

Fuente: HISCOX, Gardner, D, *Compressed Air Its Production, Uses and Applications*, Norman W Henley & Co. New York, 1903.



b)

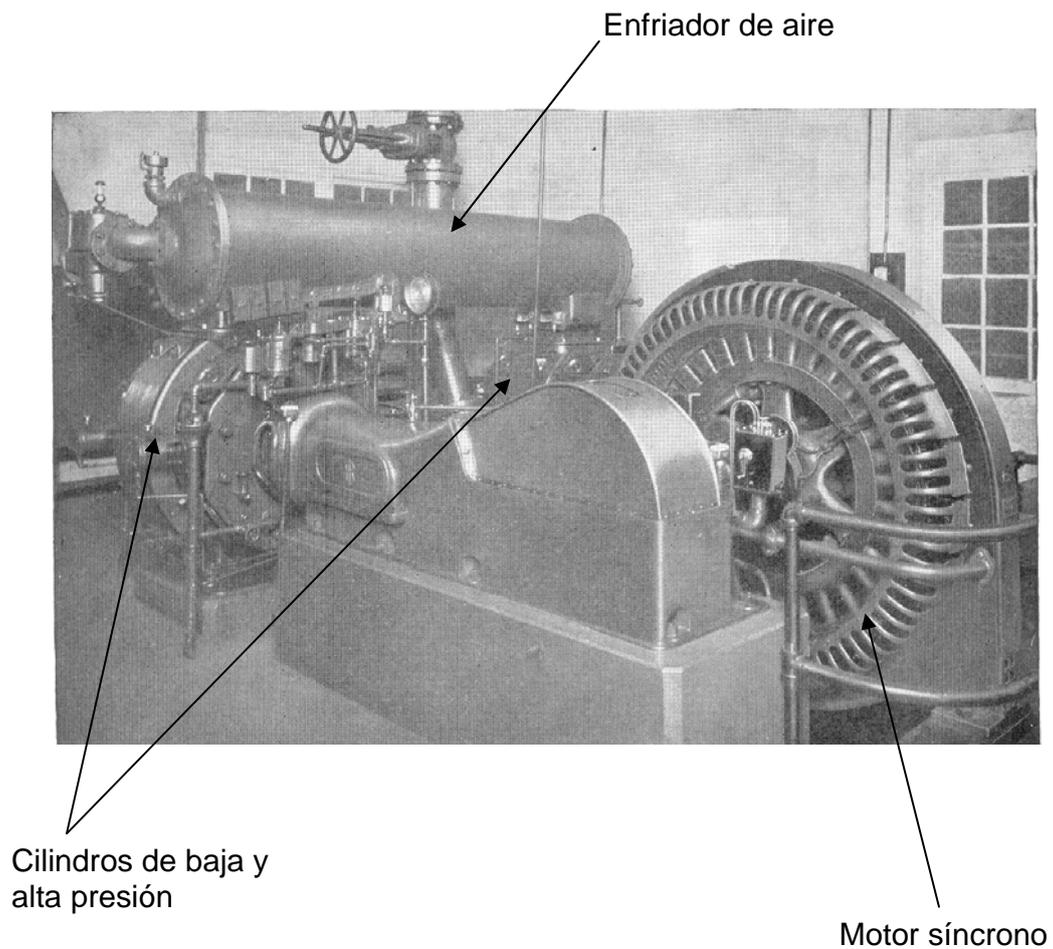


Figura 3.5

Anuncio en el que se muestra un compresor con dos etapas y enfriador superior, accionado por motor eléctrico tipo síncrono. Este fue el esquema que se generalizó durante el período norteamericano, permitía una operación más económica del sistema eléctrico de la empresa.

Fuente: *Compressed Air Magazine*, New York, Marzo 1930.

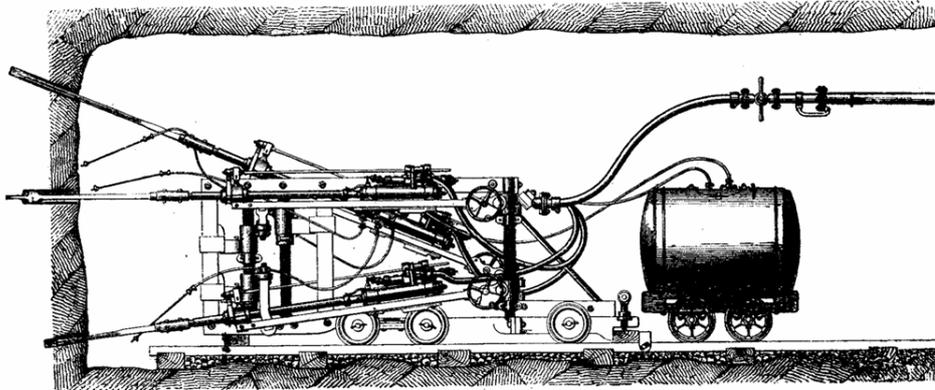


Figura 3.6

Arreglo para perforación horizontal con máquinas máquinas Dubois-Francois, a la izquierda se pueden apreciar las boquillas para rociar agua. El depósito de ésta, va sobre ruedas en un carro específico. Este esquema no se aplicó en el momento en el distrito Pachuca Real del Monte pero una versión modernizada puede verse en la figura 6.5.

Fuente: de la Goupillière, Hatón, *Cours d'Exploitation des Mines*, tomo 1, Vve. Ch. Dunod et P. Vicq Editeurs, Paris, 1896.

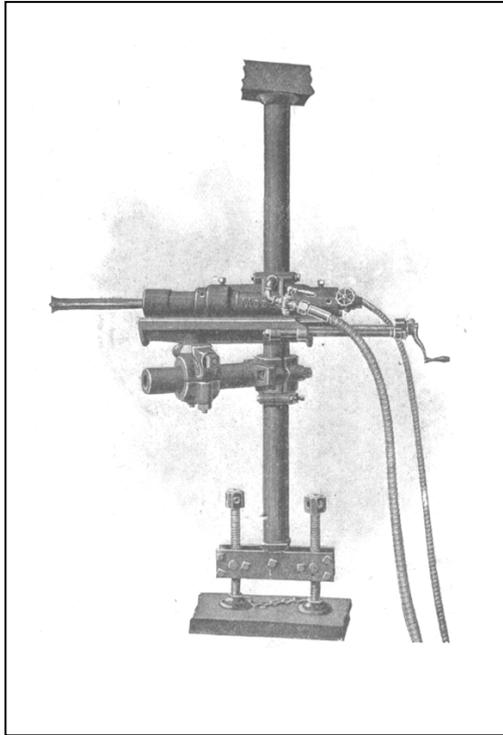


Figura 3.7

Perforadora Leyner, se aprecian dos mangueras, una para aire y la otra para el agua. En la región Pachuca Real del Monte se ocuparon a partir de 1916.

Fuente: HISCOX, Gardner, D, *Compressed Air Its Production, Uses and Applications*, Norman W Henley & Co. New York, 1903.

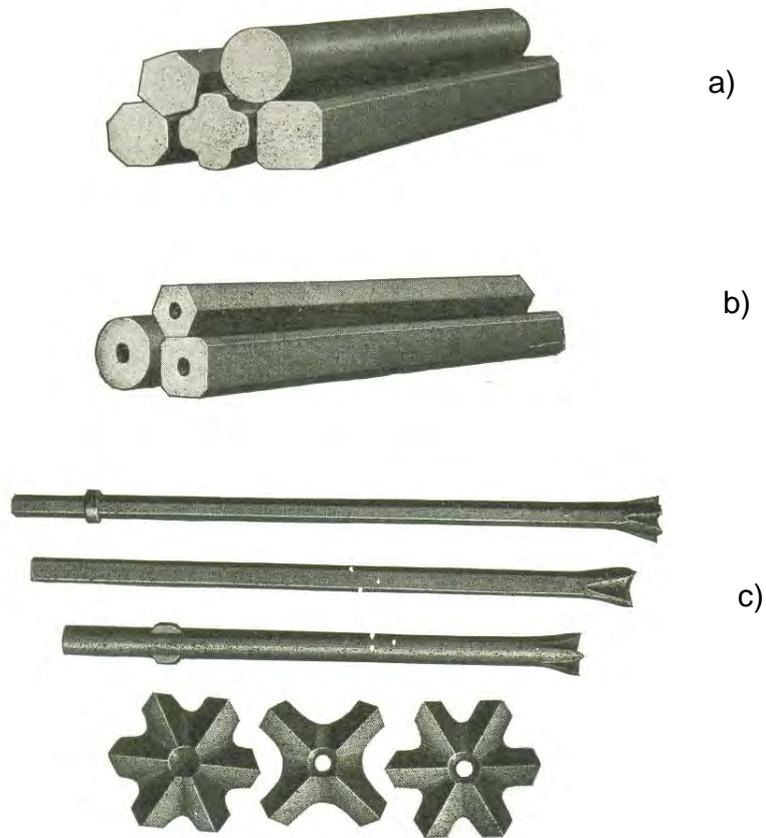


Figura 3.8

Fotografías de un anuncio de un fabricante de acero en el que se muestran sus productos para barrenación.

a) Barras de acero sólidas utilizadas en máquinas antiguas.

b) Barras con perforación para permitir el paso de agua, utilizadas en las máquinas modernas.

c) Barrenas terminadas con el zanco o reborde del lado izquierdo que sirve para sostenerlas a la máquina. También se aprecian diversas formas de puntas con diferentes maneras de afilado.

Fuente: Keystone Metal Quarry Catalog 1927, McGraw-Hill Catalog and Directory Co.

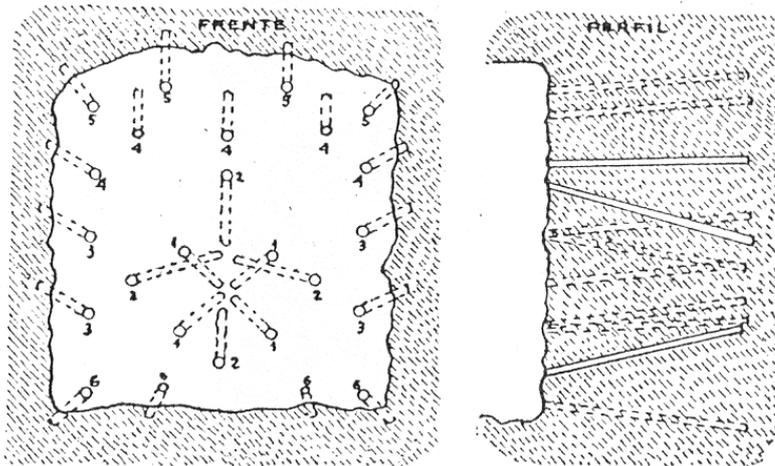
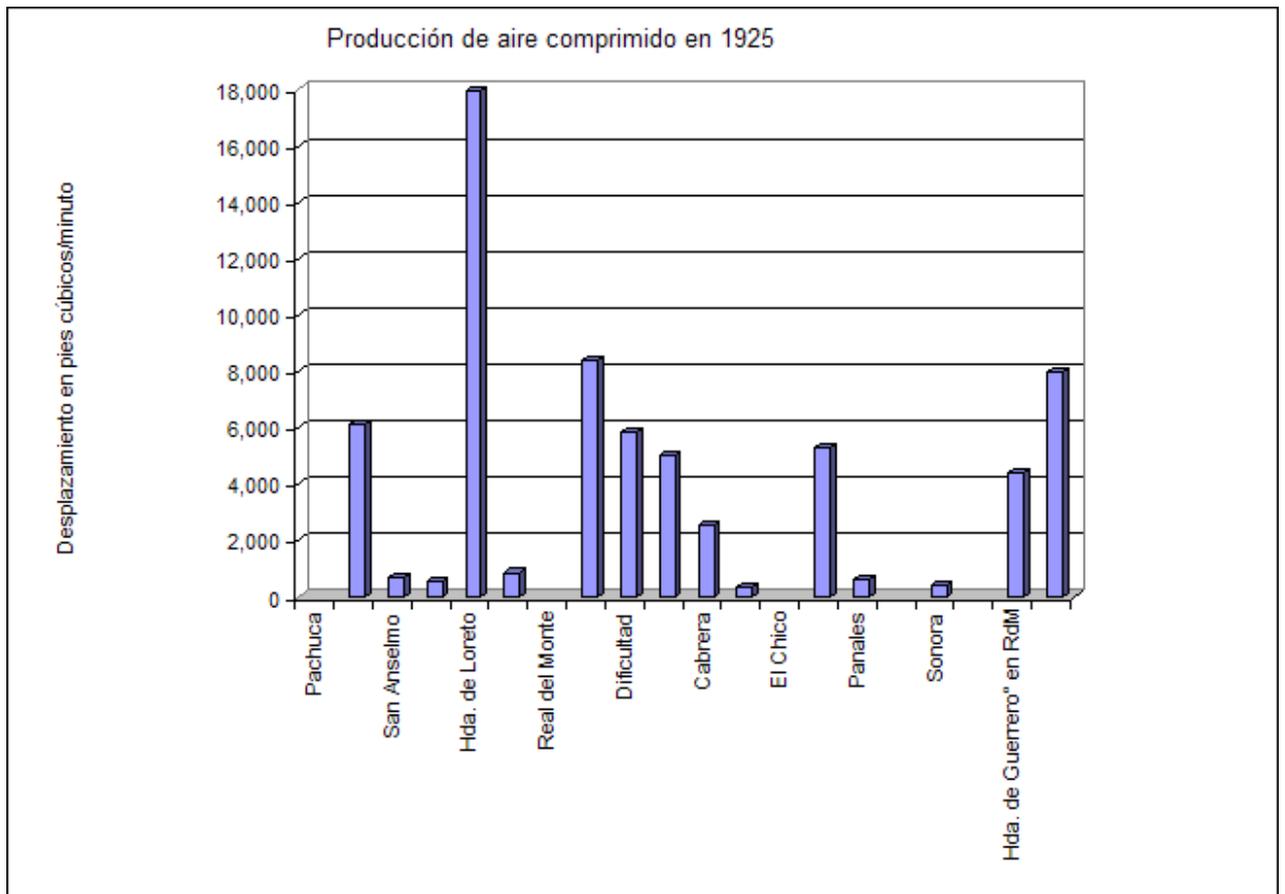


Figura 3.9

Esquema de una plantilla de perforación típica para terrenos rocosos. Presenta 26 barrenos, En el perfil se aprecian las inclinaciones dadas a la perforación, eso permitía la salida del material. Muchas veces se dejaban algunos barrenos sin cartucho a fin de facilitar la fractura de la roca en un sentido preferente. Estas disposiciones con variantes se han utilizado desde la introducción de los cartuchos de pólvora en el siglo XVIII hasta nuestros días.

Fuente: REMIREZ, Teodoro J. *Manual del minero práctico*, México, 1948.



Población	Dependencia	Número de Compresores	Desplazamiento pies cúbicos/min
Pachuca	Santa Ana	6	6,124

	San Anselmo	1	688
	Bartolomé de Medina	1	514
	Hda. de Loreto	4	17,941
	Talleres Maestranza	1	854
Real del Monte	Purísima	2	8,390
	Dificultad	4	5,837
	Dolores	2	4,997
	Cabrera	2	2,522
	San Carlos Reunión	1	331
El Chico	Tiro Alto	2	5,267
	Panales	1	584
Mineral de la Reforma	Sonora	1	388
Equipos baja presión	Hda. de Guerrero° en RdM	2	4,375
	Hda. de Loreto°	4	7,979
	Suma:	34	

Figura 3.10

Compresores en dependencias de la Cía. de Real del Monte y Pachuca en 1925.

Fuente: AHCRdMyP, Correspondencia de E: I: Young, vol. 45, exp. 15.



Figura 3.11

Grupo de trabajadores de la década de 1920, en primer plano se aprecia una máquina perforadora con inyección de agua, el perforista acciona con la mano derecha la manivela del avance de la máquina. El depósito de agua está a la derecha. A la izquierda está un trabajador con máquina de espiga y al fondo otro con un martillo neumático.

Fuente: *Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca*, Archivo Histórico y Museo de Minería, Pachuca, 1997.



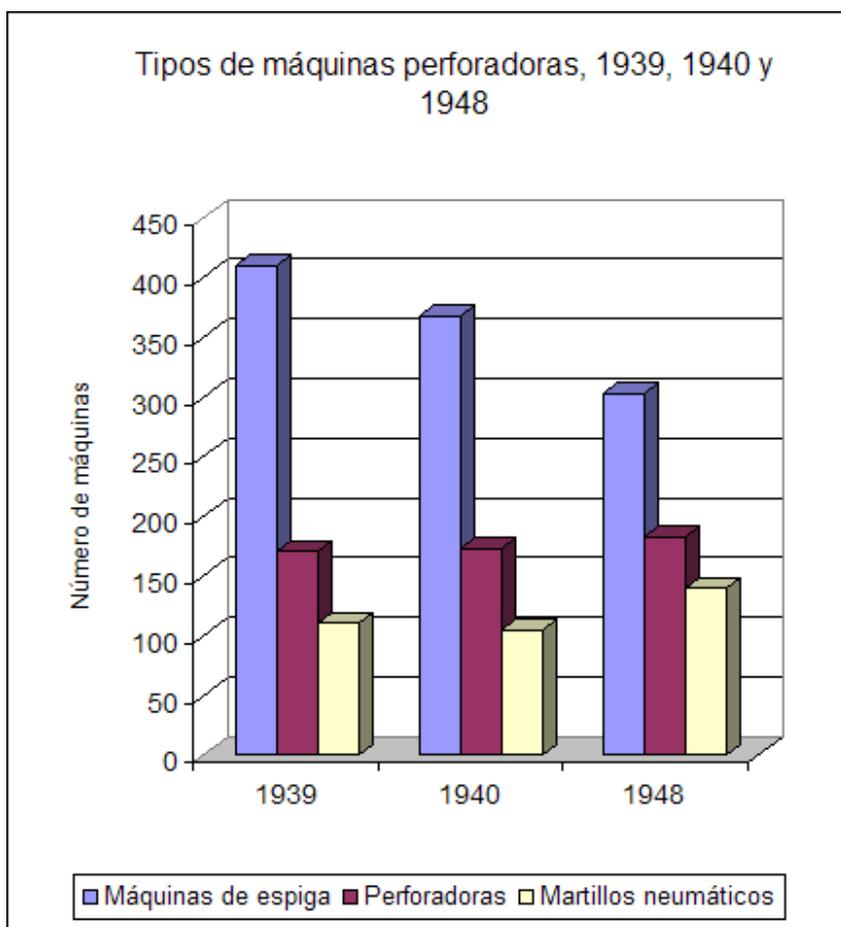
Figura 3.12
Perforistas con máquina de espiga en
la mina La Rica.
Fuente: SKEWES, J.H., "History of
Mexico Richest Silver Mines", Part II,
en: Compressed Air Magazine, New
York, March 1930, p. 3067



Figura 3.13

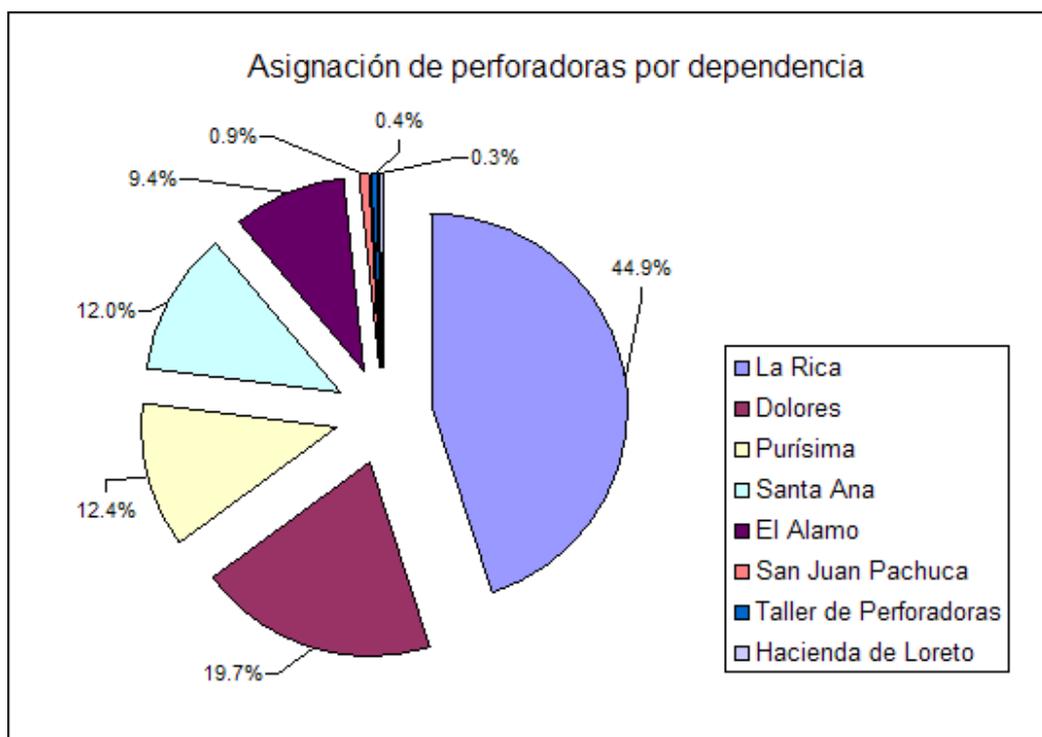
Dos trabajadores con martillos neumáticos, en mina de San Juan Pachuca. El que aparece a la derecha parece ser un niño.

Fuente: SKEWES, J.H., "History of Mexico Richest Silver Mines", Part II, en: *Compressed Air Magazine*, New York, March 1930, p. 3067



Tipo de máquina	1939	1940	1948
Máquinas de espiga	410	368	303
Perforadoras	171	173	183
Martillos neumáticos	111	105	140
Total	692	646	626

Figura 3.14
 Tipos de máquinas perforadoras utilizadas por la Compañía de Real del Monte y Pachuca en 1939, 1940 y 1948.
 Fuente: AHCRdMyP, Archivo Dirección, vol. 71, exp. 85.



Población	Mina	Cantidad
Real del M	La Rica	311

	Dolores	136
	Purísima	86
Pachuca	Santa Ana	83
	El Alamo	65
	San Juan Pachuca	6
	Taller de Perforadoras	3
	Hacienda de Loreto	2
	Total	692

Figura 3.15

Asignación de máquinas perforadoras por Dependencia en el año de 1939.

Fuente: AHCRdMyP, Archivo Dirección, vol. 71, exp. 85.

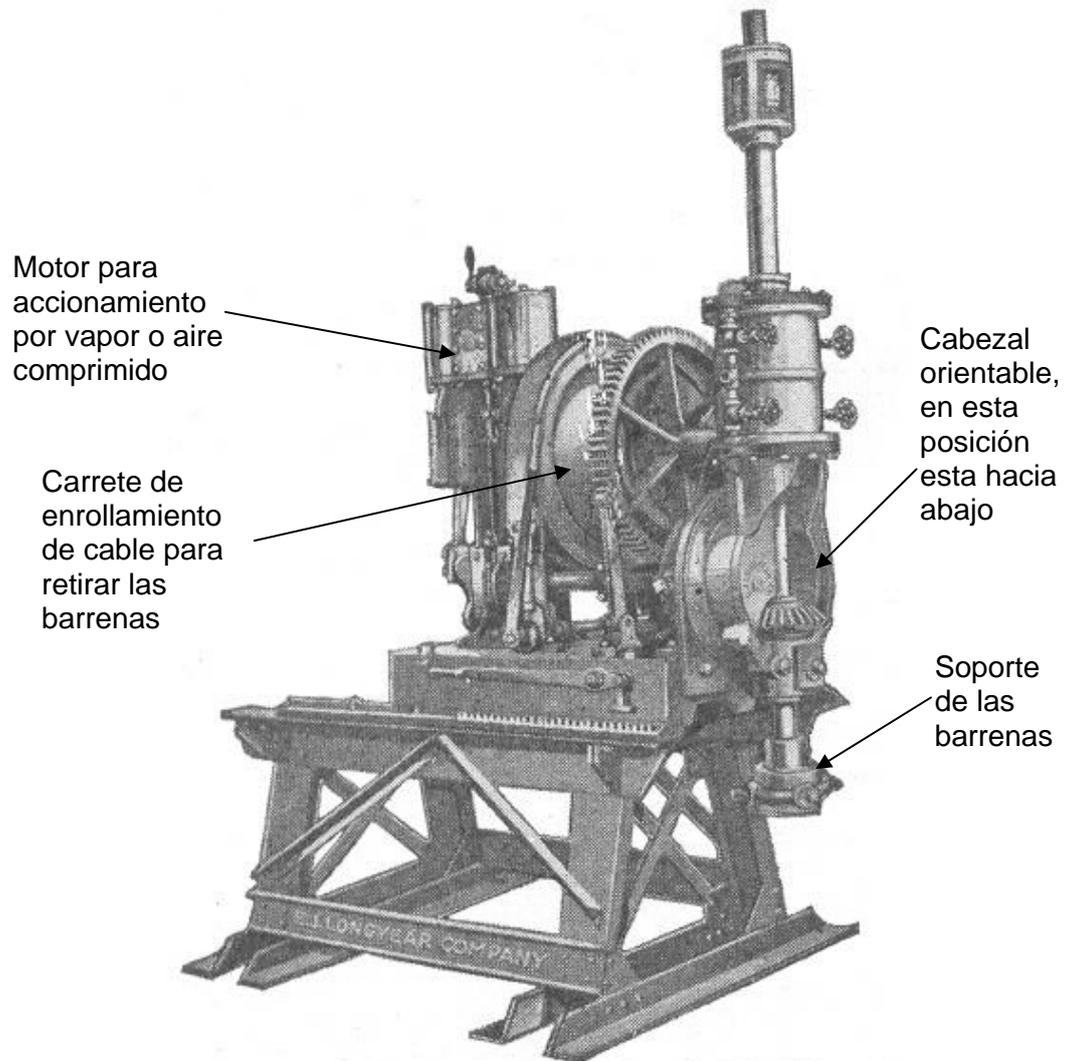


Figura 3.16
Perforadora exploradora montada en soporte.
Fuente: Keystone Metal Quarry Catalog 1927, McGraw-Hill Catalog and Directory Co., New York.

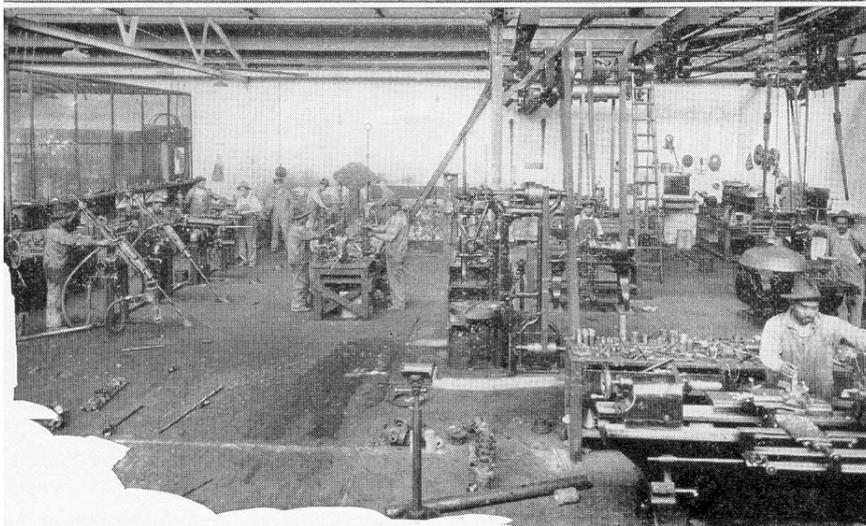
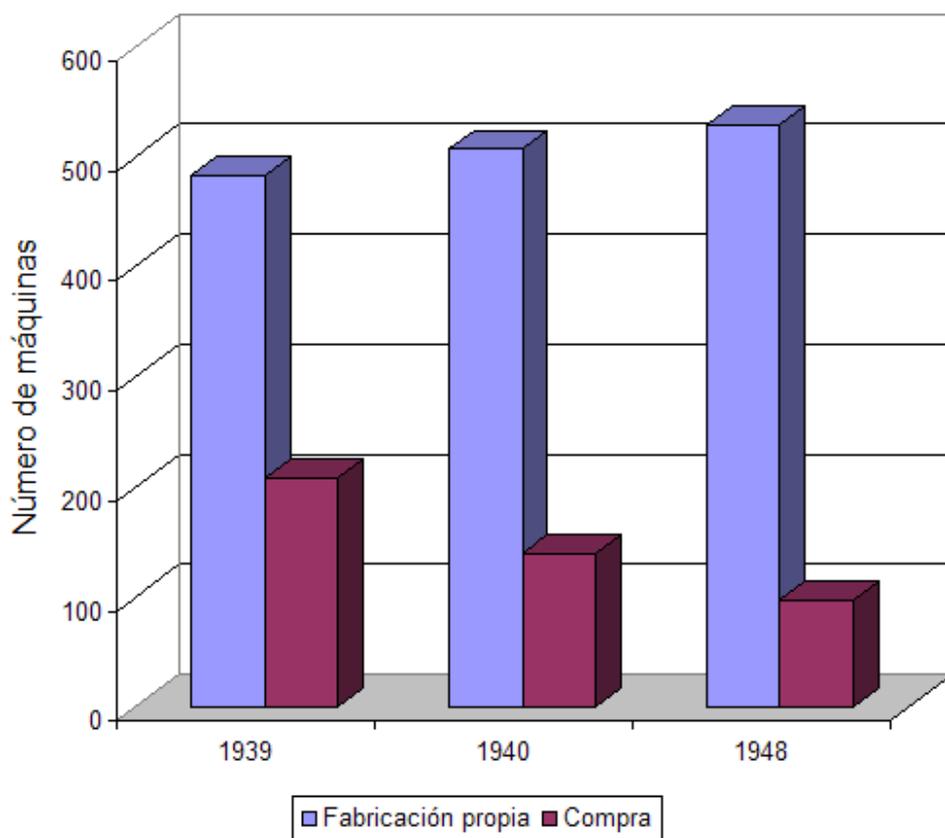


Figura 3.17

Fotografía del taller de perforadoras de la Cía. de Real del Monte y Pachuca. A la derecha se observa un grupo de máquinas rectificadoras y tornos, al centro un banco para montaje y desmontaje, y a la izquierda se aprecian máquinas en prueba.

Fuente: SKEWES, J.H., "History of Mexico Richest Silver Mines", Part II, en: *Compressed Air Magazine*, New York, March 1930, p. 3067

Máquinas perforadoras de fabricación propia y de compra, 1939, 1940 y 1948



	Fabricación Propia	Compra	Total
1939	484	208	692
1940	507	139	646
1948	529	97	626

Figura 3.18

Grafico que muestra la relación de máquinas de fabricación propia y de compra en los años considerados.
Fuente: AHCRdMyP, Archivo Dirección, vol. 71, exp. 85.

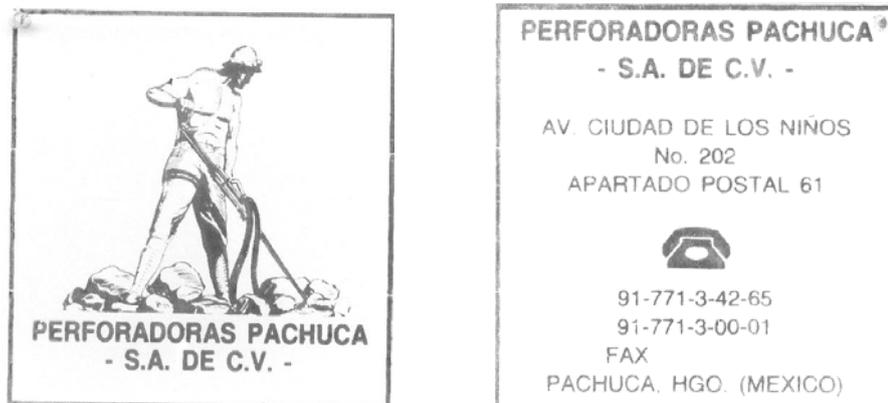


Figura 3.19
 Frente y anverso de un llavero publicitario de Perforadoras Pachuca. Es significativo que la figura corresponde al monumento al minero de Real del Monte que representa a un perforista. La empresa ha dejado de operar.
 Fuente: Llavero publicitario, década de 1990.



Figura 3.20
 Nave del taller de Refacciones Neumáticas Venegas, localizada en la comunidad de Benito Juárez, Mineral de El Chico, el sitio puede considerarse conturbado a Pachuca. Se dedican a fabricación de máquinas y refacciones para todo tipo de perforadoras neumáticas y entregadas a cualquier parte de la República.

Fuente: Fotografía del autor, agosto 2007.

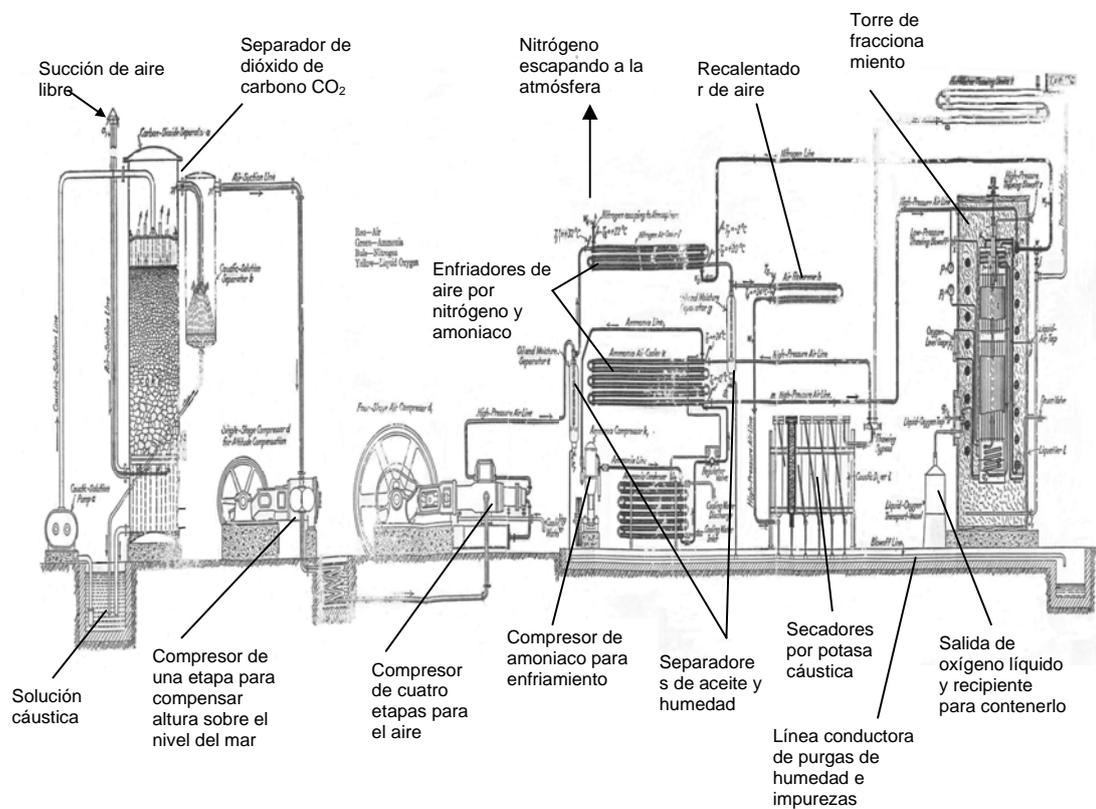


Figura 3.21

Esquema de la planta para producción de oxígeno líquido.

Fuente: KURLA, Michael H, CLEVENGER, Galen H, "Liquid-oxygen explosives at Pachuca", en: *Transactions of American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, Reunión en Nueva York, Febrero de 1923. Separata de publicación, 51 pp.

CAPÍTULO 4 DEL MINERAL AL METAL, LA MAGIA DE LA METALURGIA.

En este capítulo se analizan los métodos de beneficio de los metales por fundición y por amalgamación con mercurio, que fueron desplazados en los inicios del siglo XX. Asimismo, se revisa la manera en que el beneficio de patio fue mecanizado aprovechando los elementos tecnológicos disponibles en ese momento. Estas mejoras son las últimas innovaciones realizadas al beneficio por amalgamación antes de que éste fuera sustituido por el método de cianuración. Lo anterior muestra que los sistemas de beneficio utilizados hasta la llegada del proceso de cianuración fueron actualizados con los elementos tecnológicos disponibles en los inicios del siglo XX. Estas mejoras posibilitaron la adecuación de los procesos de amalgamación y fundición a las características particulares de los minerales extraídos por la empresa.

4.1.- La necesidad de los métodos de beneficio.

4.1.1 Consideraciones sobre las operaciones de beneficio

Los metales son materiales que rara vez existen en la naturaleza en forma pura o nativa, la mayoría de las veces están ligados formando óxidos, sulfuros u otros compuestos, estos son conocidos como minerales y constituyen la materia prima para la obtención de un metal. El material obtenido en la mina está formado por dos componentes, en primer lugar la mena que incluye uno o varios minerales que tienen importancia económica por contener en su composición el metal que se pretende aprovechar. La otra parte denominada ganga, son compuestos estériles y rocas. Las menas procedentes de diferentes minas y aún de una misma, pero de diferentes sitios, pueden tener composiciones diferentes por lo que se deben estudiar específicamente sus características a fin de conseguir su mejor aprovechamiento.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El beneficio de minerales consiste en una serie de operaciones físicas y químicas encaminadas a obtener el metal en el grado de pureza requerido para su aprovechamiento. En el caso particular de la Compañía de Real del Monte y Pachuca durante el siglo XIX, se pueden señalar dos aspectos generales del beneficio que se enlistan a continuación:

La primera fase consiste en una reducción del tamaño de partícula. El mineral era sometido a operaciones de quebrado y molienda hasta conseguir una finura adecuada a fin de favorecer la acción de los reactivos. Esta parte del proceso requería de gran cantidad de energía humana, de animales o de motores diversos. Por esto se buscó aprovechar corrientes o caídas de agua a fin de impulsar el movimiento de la maquinaria y reducir los costos. Eso fue la razón de establecer sitios de beneficio en la región de Huasca que cuenta con corrientes de agua permanentes, de tal modo que aunque distante a 35 kilómetros de Pachuca y Real del Monte, permitía procesar de manera económica los minerales en ese sitio y justificar el costo de transporte.

La segunda fase eran las operaciones químicas. Estas discurrían de dos maneras: los procedimientos llevados por vía húmeda o hidrometalurgia y aquellos en que el material era sometido al fuego y calentamiento o pirometalurgia. Según el análisis de los componentes y la cantidad porcentual de los mismos, era seleccionado un procedimiento u otro. Un factor importante era la riqueza o ley de los minerales, que a fines del siglo XIX con la adopción del sistema métrico decimal era señalada en kilogramos de plata por tonelada de la mena. Considerando ese factor se podía hacer una primera consideración de los métodos de beneficio a utilizar para una cierta mena. Las más ricas (a partir de 1.66 kg de plata por tonelada) se procesaban por fundición directa, pero conforme disminuía el contenido metálico de valores, se debía recurrir a una serie de pasos hidrometalúrgicos para “recuperar” en las mejores condiciones económicas el metal de la mena.

La amalgamación con sus variantes de patio y toneles entre otras, permitía procesar minerales de mediana y baja ley. De acuerdo a la composición, se consideraban “dóciles” los formados principalmente por sulfuros como la argentita y la acantita (ambas de fórmula Ag_2S pero con diferente configuración cristalina), los cuales recibían esta denominación ya que fácilmente se beneficiaban por patio. Los minerales más complejos o con presencia en la ganga de compuestos acompañantes con manganeso, se denominaban “rebeldes” o “refractarios” al patio y se debían procesar por toneles. Los procesos destinados al apartado de oro contenido en la plata conseguida ya sea por amalgamación o por fuego entraban en la categoría de hidrometalúrgicos. Cabe mencionar que al término de los procesos por vía húmeda se debía aplicar la fundición a fin de entregar el metal en forma aprovechable.

El sitio donde se llevaban a efecto los procesos de beneficio, era la hacienda. Dadas las cantidades que se producían en la región, existían diversas haciendas, las cuales se especializaban en distintos procesos específicos de trabajo. Por lo anterior, habían diferentes tipos de hacienda, las dedicadas a procesamiento por fundición y aquellas destinadas a la amalgamación en sus diversas variantes. La ubicación de las haciendas de beneficio dependían de varios factores a considerar, entre ellos: la cercanía de las minas, la disponibilidad de terrenos llanos junto a pendientes ligeras del terreno, y de manera fundamental, del abastecimiento de agua. Desde el siglo XVIII Pachuca y la región de Huasca eran los sitios donde se encontraban las principales haciendas. Otras haciendas se situaban en Omitlán y en El Chico. La figura 4.1 muestra la localización de las haciendas de la Compañía de Real del Monte y Pachuca antes del período norteamericano.

4.1.2 Equipos para quebrado y molido del mineral

Entre los equipos que se habían venido utilizando desde tiempo atrás para el quebrado y molido, se pueden señalar los mazos, las tahonas y las voladoras, (ver figura 4.2). El uso de las baterías de mazos, era muy antiguo, a pesar de que su operación ocasionaba severos problemas de ruido y polvo (ver figura 4.3). La selección del mineral o pepena se realizaba manualmente, y en general era realizada por mujeres, ya fuera en los patios de la mina o después de cierto grado de quebrado, (figura 4.4). Esa selección del material a simple vista era posible en ese tiempo por los altos valores que se obtenían en las minas, y era también necesaria porque los minerales pobres no pagaban los altos costos de las operaciones de beneficio de la época.

En la región, importantes mejoras tecnológicas, procedentes del proceso de la Segunda Revolución Industrial, no se aplicaron sino hasta finales del siglo XIX y fueron adaptados en un primer momento a la reducción del tamaño de partícula. El empleo creciente del hierro y el acero permitió además la construcción de equipos con mayor capacidad, resistencia y duración. Por otro lado, los motores eléctricos, sustituyeron a las máquinas de vapor o sistemas hidráulicos, y conformaron un escenario diferente al de los siglos anteriores. Para el quebrado inicial, que se hacía con los mazos, se incorporaron las quebradoras de mandíbulas de los tipos Dodge o Blake las cuales tenían una operación continua a alta velocidad y con ello un mayor rendimiento.¹ Los llamados molinos chilenos de fabricación enteramente metálica, vinieron a sustituir a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX a los equipos de las antiguas ruedas de piedra sobre piso de lozas. Finalmente para el molido fino, hecho antes con las voladoras, se dispuso de los molinos de cuerpo cilíndrico con bolas o barras de acero en su interior, los cuales podían manejar mayores tonelajes. En la figura 4.5 a 4.7 se muestran esquemas de estos equipos.

¹ La quebradora Blake fue inventada por Ely W. Blake de New Haven, Connecticut en 1858 y se aplicó inicialmente para abastecer materiales de tamaño controlado en la construcción de caminos. YOUNG Jr., Otis E. *op. cit.* p. 195.

En 1898, las diferentes empresas establecidas aplicaban diversos métodos de beneficio los cuales se muestran en la figura 4.8. Se observa que la mitad del mineral extraído se procesaba por patio y el resto se repartía en las variantes de la amalgamación y la fundición. La Compañía Real del Monte no procesaba con el sistema Krönke ni con el de panes, la referencia que anota “en crudo”, es para distinguirlo del proceso de Freiberg que requiere una previa aplicación de sal y tostación en hornos de reberbero. El tratamiento por fuego o fundición directa, se había cancelado desde la década de 1880 por la disponibilidad de ferrocarriles que transportaban los minerales a Monterrey u otras ciudades donde se localizaban fundiciones especializadas que hacían el proceso con menor costo.²

4.2.- Los procesos desplazados: fundición y amalgamación.

4.2.1 La fundición directa

La obtención de plata por medio de fundición es un proceso pirometalúrgico relativamente simple en cuanto a que se obtiene el producto en una sola operación. Como consume gran cantidad de energía solo se justifica cuando la ley del mineral es lo suficientemente rica para compensar el costo del combustible. Este proceso se basaba en el calentamiento del mineral con compuestos aportadores de plomo, de modo que cuando se alcanza una temperatura adecuada, se forma una masa fundida de plomo que incluye la plata, el oro y los metales no nobles; el plomo se oxida fácilmente formando una escoria que atrae las impurezas quedando libre la plata y el oro que lo acompañan. De manera adicional, la plata tiene la característica de que al solidificarse, expulsa el oxígeno. Por ello el metal resultante del proceso tenía una pureza del 99 %. Si el contenido

² CRESPO y MARTÍNEZ, Gilberto, “La Evolución Minera”, en: SIERRA, Justo, editor *México y su Evolución Social*, José Ballescá y Sucesores, México, 1901, México, 1901, tomo 2, pp. 42, 43. La tesis de maestría del que esto suscribe hizo referencia al movimiento de mineral de Pachuca a fundidoras especializadas en otras partes del país: ORTEGA MOREL, Javier, *op. cit.* 2002, pp. 142-146.

de oro lo justificaba, el producto podía ser enviado al apartado para la separación del áureo metal³.

Cómo se mencionó anteriormente, la fundición dejó de practicarse en el distrito de Pachuca Real del Monte en las últimas décadas del siglo XIX. Antes de eso, la hacienda de Santa María Regla había sido la encargada de realizar este proceso. La figura 4.9 muestra una panorámica de la mencionada hacienda que aprovechaba su localización en una cañada a fin de recibir las corrientes de agua para el accionamiento de la maquinaria. Una comisión del Instituto Geológico que en esa época estudió la minería de la región, refiere que se tenían 14 ruedas hidráulicas de diseño antiguo, con poca eficiencia si se comparaban con los adelantos que ya estaban disponibles. Por lo cual, la comisión indicaba el uso de modernas quebradoras de mandíbula Blake y molinos chilenos ya que la mayoría del proceso se realizaba en las máquinas antiguas. La capacidad de moler se estimó en 1,000 toneladas al mes.⁴ Pese a que el beneficio de la plata por fundición ya no se operaba para ese momento, los miembros de la comisión realizaron una reseña de cómo se realizaba en esa hacienda: Describen que se formaba una revoltura del mineral con los agentes reductores y fundentes, se añadía la greta (óxido de plomo) en una proporción del doble en peso del mineral de plata, la cenra, que era el material que absorbía impurezas constituía un cuarto del mineral. En cuanto al combustible, como se menciona abajo, la cantidad era notable.

La fundición se hacía en hornos alemanes a los que se suministraba el aire necesario por medio de ventiladores movidos por ruedas hidráulicas. Buchan dice que había ocho de estos hornos, pero los últimos años solo marchaban tres, a los que se introducía el viento empleando un ventilador Roots que exigía una fuerza capaz de producir un trabajo de 9.67 caballos de vapor, la que se obtenía de una rueda hidráulica de 9.67 m de diámetro. La capacidad de estos hornos variaba de 2.5 a 2.75 ton en 24 horas.

³ MORRAL, Facundo, JIMENO, Emilio, MOLERA, P. *Metalurgia General*, Editorial Reverté, Barcelona, 1988, vol. 1, pp. 334-336.

⁴ ORDOÑEZ, Ezequiel, RANGEL, Manuel, *op. cit.*, pp. 86, 87.

El consumo de combustible era un poco elevado, 3.5 a 6 toneladas de carbón de madera por cada tonelada de mineral fundido.

Los resultados eran muy satisfactorios desde el punto de vista del rendimiento en plata pues se obtenía el 95 % de la ley dosimásica del mineral; pero el elevado precio del combustible y del plomo hacía muy costoso este tratamiento pues según Buchan salía la carga de 12 arrobas [138 kg] fundida a \$ 9.206 o a \$ 66.67 por tonelada. El precio del combustible fue en aumento y en los últimos años el costo del tratamiento llegó a elevarse por esta circunstancia hasta \$ 95.38 por tonelada de mineral. Esta fue la causa que motivó la suspensión de este tratamiento [...] ⁵.

Debe tenerse en cuenta que para contar con la cantidad requerida de carbón vegetal, debía disponerse inicialmente del doble de leña y carbonizarla previamente. La figura 4.10 muestra el tipo de horno referido para fundir mineral de plata. Cabe mencionarse que en las fundiciones especializadas que se fueron estableciendo a fines del siglo XIX en diversos sitios del norte del país, el combustible utilizado era carbón mineral. Estos establecimientos al dar servicio a diferentes empresas mineras, tenían una economía de escala y como podían recibir minerales de diversos orígenes, tenían la posibilidad de combinar minerales argentíferos con los plomosoargentíferos que de origen aportaban el plomo utilizable como fundente, lo cual reducía los costos del proceso.⁶

4.2.2 La amalgamación mecanizada

Pese a la gran aceptación de la amalgamación, existía la inquietud de superar algunos inconvenientes de los procesos implicados, sobre todo, la lentitud del beneficio por patio y la obtención de mejores rendimientos en la recuperación de plata. Entre 1851 y 1852 la Real del Monte había hecho el intento por establecer el método de disolución o de Augustin en el cual no se utilizaba mercurio. Sin embargo, la dificultad que representó el control de algunas etapas del proceso

⁵ *Ibidem* pp. 84, 85.

⁶ El establecimiento de las empresas fundidoras referidas es descrito en las siguientes referencias: BERNSTEIN, Marvin D. *op. cit.*, pp. 38-40., UHTHOFF LÓPEZ, Luz María, *op. cit.*.

ocasionaron que no se adoptara después de haberse beneficiado en pruebas 1,794.96 toneladas.⁷

Al inicio del siglo XX, las dos variantes de amalgamación que la empresa utilizaba eran el patio para los minerales comunes y del que se presenta una descripción en el anexo 1 y el método de toneles para los minerales refractarios o rebeldes. En 1901 y en parte del año siguiente operaban con el método de patio las haciendas de Loreto, Sánchez y Santa María Regla. Por su parte las de Velasco y San Antonio lo hacían con toneles y la de San Miguel Regla operaba de manera mixta.⁸

Otras empresas del país o de la misma región ya habían incorporado variantes en el beneficio que les permitían mayor competitividad. Pueden señalarse los métodos de Krönke, de panes y otros procesos que empleaban maquinaria especializada y que en ese momento tecnológico podía ser accionada por los nuevos motores eléctricos. En otros sitios mineros, como El Oro y Tlalpujahuá, la cianuración había sido puesta a punto hacía poco para minerales de oro, sin embargo, no permitía aún rendimientos adecuados para el blanco metal. Si bien, las experiencias con el novedoso proceso eran conocidas, no se contempló por parte de la Compañía de Real del Monte y Pachuca el explorar por ese rumbo, aspecto que hubiera implicado investigaciones específicas en ese campo. En vista de lo señalado en líneas anteriores y con objeto de reducir sus costos de beneficio, se optó por adecuar las novedades tecnológicas que estaban apareciendo al sistema, que por más de tres siglos había servido para el procesamiento de minerales en la región.

⁷ En ese procedimiento el mineral previamente molido, era tostado con sal a fin de para pasar los compuestos argentíferos a cloruros. Después se disolvía en una solución saturada de sal. Una filtración permitía retirar la matriz terrosa y la plata se precipitaba depositándose en cobre sumergido en la solución. ORDÓÑEZ, Ezequiel, RANGEL, Manuel, *op. cit.* pp. 74, 75

⁸ ZÁRATE RUIZ, Francisco, GARCÍA ALVA, Federico, *op. cit.*, p. 37.

En 1898 el administrador del Distrito de Pachuca, Ing. Edmundo Girault propuso una serie de cambios vinculados a las operaciones de beneficio, sin embargo, las condiciones económicas de la compañía no permitieron su aplicación, lo que no impidió que se continuara con los estudios. Un aspecto básico fue la propuesta de centralizar el beneficio de minerales dóciles y rebeldes en la hacienda de Loreto para reducía los costos de transporte.⁹

Para el año de 1900, la Junta Directiva de la empresa aprobó el proyecto, aunque su ejecución quedaría supeditada a los recursos operativos de la propia hacienda. En ese año se instalaron 10 molinos chilenos accionados por motores eléctricos.

Se gastaron \$ 53,742.56 para introducir reformas de gran importancia, que quedaron casi terminadas a fines del año [1900]; pues se montaron 12 molinos chilenos con 2 electromotores. De estos molinos cuatro se pusieron en trabajo el 8 de septiembre; otros cuatro el 24 de noviembre y los restantes en diciembre. En los primeros días de abril de este año se completaron las instalaciones con una quebradora y alimentadores automáticos para los molinos chilenos. Pronto funcionarán cuatro concentradoras para recoger una parte de la plata y del oro que queda en los residuos. En la última semana de mayo se molieron 5,767 cargas de 12 arrobos, cantidad superior a la que durante muchos años se molía en cuatro o cinco haciendas. [...].

Se redujo el costo del beneficio por carga de \$ 7.71 promedio en los últimos 20 años a \$ 6.37.¹⁰

La referencia hace mención de la próxima instalación de concentradoras, las cuales fueron un aporte importante al proceso. Estos equipos trataban de repetir los movimientos que los gambusinos impartían a las bateas usadas para lavar y separar arenas de granos de oro, tenían la ventaja de ser de operación continua y estar accionadas por motores eléctricos. Las del tipo Johnston fueron

⁹ AHCRdMyP, Fondo Siglo XIX, Libro de Actas de las Juntas Generales, julio 1, 1899. p. 188.

¹⁰ AHCRdMyP, Fondo Siglo XIX, Libro de Actas de las Juntas Generales, julio 1, 1901, pp. 232, 233, 249.

desarrolladas en California en 1867 y utilizaban una banda donde se sometía el material al movimiento.¹¹ En Pachuca, se utilizaron con mas frecuencia las Wilfley que se muestran en la figura 4.11 y consistían básicamente en una mesa con cubierta ondulada y ligeramente inclinada a la que se le aplicaba un movimiento oscilatorio. La concentradora recibía el material molido en solución acuosa y debido a la inclinación de la mesa se propiciaba una ligera corriente de la pulpa; el movimiento de la mesa y la diferente masa de las partículas de mineral y de materiales estériles, producía una separación que permitía eliminar los materiales inútiles para el proceso y aumentar la concentración de valores. Lo anterior facilitaba las operaciones de beneficio, ya que implicaba un menor movimiento de los materiales y disminuía la pérdida de reactivos entre otras cosas.

Las concentradoras daban muy buenos resultados, en dos partes del proceso: 1) después de la molienda final del mineral que debía ser sometido a la amalgamación, 2) para recuperar valores de los residuos del lavado de las tortas de amalgamación.

A fin de atender la mayor capacidad de la hacienda de Loreto, se realizaron diversas obras que incluyeron la ampliación de la bóveda que cubría el río, solución ya antes aplicada en el siglo XIX a fin de comunicar los terrenos localizados en ambas márgenes.

Se hizo también un buen rebaje para prolongar el salón de las concentradoras inmediatas a la molienda y establecer ahí otras cinco concentradoras a fin de que corresponda una a cada molino. [...]

Se cubrió el río en una extensión de 50.36 m con viguetas de acero y lámina acanalada prolongando así la bóveda actual hasta el limite de la

¹¹ Estas máquinas concentradoras fueron aplicadas inicialmente en California para separar oro en granos de arenas. George Johnston y E.G. Smith obtuvieron una patente en julio de 1867 por los aspectos básicos, en 1874 vendieron los derechos y la máquina se comercializó como *Frue Vanner*. Finalmente en 1893 George Johnston incorporó mejoras a los equipos, entre ellos un movimiento ondulatorio que evitaba acumulaciones de arena. JOHNSTON, George, "A brief history of concentration and Johnston concentrator", en: BENJAMIN, Edward H. (Director), *op. cit.* pp. 439-441.

ampliación. Se hizo un rebaje para hacer un gran salón a nivel conveniente y se techó con lámina de zinc. Se instalaron en él 22 mesas concentradoras en dos series de 11 unas Wilfley y las otras Johnston [...]

Se han comprado 26 Johnston y 1 Wilfley. [...] En el mismo terreno se están construyendo otros dos tanques para jales. [...] el año pasado [1902] se recogieron con las [anteriores] 8 concentradoras 4,104 Kg. de pella que valen unos \$ 37,000 y 221,830 Kg. de polvillos que produjeron líquidos \$ 33,328.05 y antes de establecer estas mesas la mayor parte de esos productos no se aprovechaban por la compañía.

Se ha instalado un lavadero mecánico de tres series de tres tinajas cada uno movidos por un motor de 10 Hp.¹²

La mecanización del proceso de amalgamación fue un logro importante. Lo cual implicó el cambio del esquema de las tortas circulares en las que el material se ponía en movimiento o repaso por medio de caballos, como se muestra en la figura 4.12. El nuevo sistema era un área rectangular encementada y delimitada por pequeños muros, donde se apoyaban los aparatos repasadores. La figura 4.13 exhibe una fotografía en la que se muestra la nueva disposición requerida por el método de patio. Al respecto, el libro de Actas de las Juntas Especiales registra lo siguiente:

En mayo del año pasado se montó un aparato repasador de tortas movido por electricidad que es invención de dos empleados de la Compañía D. Aquilino M. de Parres y D. Esteban Waters, y tiene por objeto suprimir los caballos y peones en el trabajo del patio. En los experimentos comparativos hechos ya con varias tortas, tratadas al mismo tiempo con minerales casi idénticos, una con el aparato y la otra con el sistema antiguo, han sido siempre los resultados a favor del aparato y esto es aun mas interesante en la época actual en que se advierte cada día mas escasez de peones. Habiendo determinado en vista de los resultados, establecer el sistema en todas las tortas; se están haciendo los aparatos en la maestranza [...].¹³

Una relación del proceso aparecida en una publicación minera de la época refiere que:

¹² AHCRdMyP, Fondo Siglo XIX, Libro de Actas de las Juntas Generales, julio 1, 1903, pp. 299, 300.

¹³ *Ibidem*, p. 300, 301.

Como esta establecido en Loreto, el procedimiento de patio disfruta de todos los beneficios de los métodos modernos. El mineral que ensaya de 1 a 1.25 kg. de plata y de 5 a 6 gramos de oro por tonelada, es triturado en molinos de acero sistema chileno y se hace pasar por una criba de 80 mallas. Los repetidos experimentos que se han hecho han demostrado que la pulverización del mineral es de la mayor importancia para la extracción de la plata. El mineral que se extrae de los molinos chilenos se concentra en mesas sistema Johnston y el concentrado ensaya 10 kg. de plata y 60 gr. de oro por tonelada; de modo que contiene 35 % del total de plata y oro en el mineral; éste se exporta a Alemania.

El residuo que ensaya 800 gramos de plata y 4 gramos de oro por tonelada se beneficia en patio en la forma usual, solo con sulfato de cobre y azogue. La torta se tiende sobre un terreno rectangular de gran longitud hasta formar una capa de 10 pulgadas de espesor, que a la vista parece un tramo de camino fangoso. En vez de caballos se emplean arados movidos por electricidad, que voltean la torta exponiéndola a los rayos del sol. En esta forma se extrae el 90 % de la plata y el 30 % del oro que contiene el mineral después de la primera concentración.

Después de la amalgamación en el patio, el residuo se concentra dos veces en las mesas sistema Wilfley y Johnston y el concentrado fino que se extrae de esta manera ensaya 1.25 kg. de plata y 25 gr. de oro por tonelada, todo lo cual se manda a las fundiciones de México. El mineral que se obtiene por el sistema de patio se aparta en el Molino de Loreto con ácido sulfúrico, precipitándose la plata por medio de cobre. El ácido sulfúrico se manufactura sobre el mismo terreno y el sulfato de cobre que se obtiene se usa también en el patio.

[...]

En todo el molino se usa potencia eléctrica, no necesitándose combustible sino para la retorta [de destilación] de la amalgama de plata.

No es del todo improbable que la introducción de la potencia eléctrica vuelva a poner el sistema de patio a la cabeza de todos los demás para el tratamiento de minerales de plata limpia en los climas cálidos y secos como el de México, donde hay gran escasez de combustible barato; el rejuvenecimiento y renovación del procedimiento en Pachuca, que es el lugar donde se originó, dice mucho a favor de la habilidad de los metalúrgicos de ese distrito que se han adaptado a las circunstancias, haciendo un uso muy eficaz de las nuevas condiciones.

El autor de este artículo está muy obligado al Sr. Carlos F. de Landero, Director de la Compañía de Real del Monte, por los datos obtenidos.¹⁴

Después de describir el sistema de patio, el mismo artículo refiere:

¹⁴ SOUTHWORTH, John R., *Las Minas de México*, edición del autor, México, 1905, pp. 139, 140.

El molino de Loreto, tiene una capacidad de más de mil toneladas por semana y más de la mitad de eso se beneficia en el patio con aparatos mecánicos, aunque la parte de la operación que requiera una mezcla de sal se hace todavía con ayuda de caballos. El mezclador mecánico produce un ahorro de jornaleros y de azogue si se compara con el empleo de animales. Pero no se ahorra tiempo. Se hace mención del mezclador mecánico en los libros de texto como un experimento poco satisfactorio y se dice que ésta es la primera vez que su aplicación ha tenido éxito. [...]¹⁵

Los mezcladores mecánicos pueden considerarse, de acuerdo a las propuestas de Bertrand Gille y de Santiago Riera i Tuèbols que se discutieron en el apartado de metodología de la introducción como un sistema técnico en continua evolución.¹⁶ En la figura 4.14 se muestra un detalle de las áreas mencionadas en las que se puede apreciar los aparatos mezcladores, con una estructura de rieles que tienen recorridos longitudinales en las superficies de amalgamación. No se ha localizado mayor información sobre el equipo, pero en los extremos de las superficies se ven unas estructuras que parecen alojar los motores de accionamiento. Un aspecto que aún no se había mejorado era el movimiento de las tortas de las áreas de mezclado a los lavaderos. Esta tarea se realizaba colocándola en tablas grandes de madera llamadas camones y las cuales eran arrastradas por caballos. Como se refirió al inicio de este apartado, en el anexo 1 se detalla el proceso de patio convencional tal como se realizaba a fines del siglo XIX.

A partir del proyecto de centralización establecido en Loreto y a medida que la capacidad de procesar el mineral aumentaba en Pachuca, dejaron de operar algunas haciendas de beneficio. El 30 de noviembre de 1901 se cerró la hacienda de Sánchez en Omitlán y el 30 de mayo de 1902 sucedió lo mismo con la de Santa María Regla en Huasca, en esta población continuó operando la hacienda

¹⁵ *Ibidem*, p. 141.

¹⁶ GILLE, Bertrand, *op. cit.* pp. 10-12.

de San Antonio, en la cual se realizaron experimentos sobre lixiviación.¹⁷ En esta última también eran tratados los metales rebeldes al patio por el método de toneles. Una descripción de este proceso tal como se efectuaba en la hacienda de La Unión de Pachuca, nos permite darnos una idea de las operaciones implicadas. La figura 4.15 muestra el dibujo de un tonel de los utilizados en este proceso.

El beneficio se hace en 13 toneles, cada uno de los cuales tiene una capacidad de 4 toneladas 460 kilos, con longitud de 2.5 metros y diámetro de 1.90 metros. Durante el beneficio giran con una velocidad de 4 1/2 revoluciones por minuto.

La cantidad de lama que corresponde a cada tonel se deposita en las tolvas de carga. Se introduce en el tonel la cantidad de agua hirviendo que sea necesaria para que la lama en beneficio tenga una humedad del 30 %, se añade la sal y el reactivo, se tapa y se hace girar para disolver la sal y extender el reactivo a toda la solución, persiguiendo la repartición igual para obtener un incorporo homogéneo de las lamas. Esta operación dura una media hora. Se para el tonel para introducir las lamas y se continúa el movimiento. Una hora después se reconoce si las lamas tienen la humedad indicada. Satisfechas las condiciones requeridas, se agrega todo el mercurio, cuya cantidad depende naturalmente de la ley. [...]

Se prepara el reactivo usado en este procedimiento de la manera siguiente: Se pone sulfato de cobre con el doble de su peso de sal marina en agua ligeramente acidulada con ácido sulfúrico, y en cantidad suficiente para que se disuelvan. [...] Se calienta inyectando vapor por medio de un tubo de madera y se suspenden unas láminas de cobre. Pasado algún tiempo se inicia la formación del subcloruro de cobre, lo cual se conoce por el cambio de color de la solución, y el final de la reacción se acusa por el precipitado lechoso abundante que forma una gota sobre agua fría exenta de sal y ácido. Se reconoce igualmente el fin de la reacción por el amoníaco. [...]

La cantidad de sal empleada para metales cuya ley no exceda de 1.5 a 2 kilos de plata por tonelada, es generalmente de 3.3 a 4.2 %

Terminado el trabajo de toneles se lava para recoger la amalgama. Se filtra enseguida para separar el exceso de mercurio y se destila. La plata rosca obtenida se funde con nitro y bórax.¹⁸

¹⁷ No se tienen referencias posteriores sobre la naturaleza de los experimentos que aquí se refieren. AHCRdMyP, Fondo Siglo XIX, Libro de Actas de las Juntas Generales, julio 1, 1902, p. 269.

¹⁸ ORDOÑEZ, Ezequiel, RANGEL, Manuel, *op. cit.* pp. 178, 179.

Como la realización del beneficio de los metales rebeldes en Loreto era fundamental, después de varias pruebas se decidió hacer una modificación al método de Franke o de tinas que había establecido en ese lugar años atrás un metalurgista peruano. Es importante notar que también se incorporaron al proceso quebradoras, molinos y equipo moderno de manejo de materiales. A continuación se anota una breve reseña del sistema de tinas que inició operaciones el 5 de marzo de 1905.

Se reciben los minerales en 6 grandes tolvas de madera, de capacidad de unas 200 toneladas cada una, después de grancearlo en dos quebradoras Blake que están arriba de ellas. De allí se lleva el metal por vía herrada al salón de molienda en el que se tiene instalado un cedazo separador de granzas, dos molinos de cilindro y un aparato remolador de tubo sistema Krupp, un aparato muestreador y las correspondientes tolvas y elevadores de cubos para la distribución de metales, moviendo todos esos aparatos un motor eléctrico de 90 caballos. Viene en seguida el salón de cloruración en que hay hornos, cuatro de ellos de doble mesa. Sigue otro salón para enfriadero de los minerales y después otro en que se colocaron tres tinas amalgamadoras de 10' [3 metros] de alto por 8' [2.44 metros] de diámetro, y dos tinas lavadoras de igual tamaño, moviéndose los agitadores de las cinco tinas con un electromotor de 42 caballos. Se construyeron además las otras dependencias como despacho, azoquería, depósito de leña y para el tiro de los hornos un conducto ascendente con su correspondiente cámara de polvo ligado con la chimenea que tiene 15 metros de alto., midiendo el conducto 205 metros de longitud, 1.8 de altura por 1.4 de ancho de claro libre quedando la salida a 64 metros de altura libre sobre los hornos.¹⁹

No se ha localizado hasta ahora un diagrama de estas instalaciones que operaron por un tiempo breve, ya que la empresa antes de un año fue vendida a los norteamericanos. En la figura 4.16 se muestra una ilustración de tinas de amalgamación. La figura 4.17 muestra un lavador mecánico de la época.

Otras modificaciones que se realizaron fueron las siguientes:

¹⁹ AHCRdMyP, Fondo Siglo XIX, Libro de Actas Juntas Generales julio 1 de 1905, pp. 364, 365.

Se limpió el subsuelo en algunas partes a bastante profundidad, rellenándolo después y arreglando con cemento el piso para 7 aparatos repasadores, estando ya en trabajo 14 de ellos. Se ampliaron mucho las 9 tolvas que reciben el metal de pinta limpia, poniendo vías herradas a la entrada y a la salida de los minerales.

Se construyó otro lavadero mecánico de dos series de tres tinas cada serie. Se hicieron tanques decantadores y un amplio muestreo con piso de cemento para las concentradoras, y otras varias reparaciones que sería prolijo enumerar.²⁰

Lo anterior nos permite conocer el estado de cosas en cuanto al beneficio en el último año de la administración mexicana. Se puede considerar que no había un conformismo tecnológico, ya que se pusieron al día los métodos de amalgamación en cuanto a la incorporación de máquinas nuevas y motores eléctricos. Así mismo el concepto de la centralización del beneficio fue importante, y nuevamente se volvió a aplicarse pasados veinte años.

Los norteamericanos recibieron la empresa en febrero de 1907 y continuaron con la amalgamación al tiempo que elaboraban planes para el establecimiento del nuevo proceso de cianuración que había sido puesto a punto en 1903 para minerales de plata en Guanajuato. El reporte del primer administrador norteamericano de la hacienda, comenta detalladamente el proceso de amalgamación incluido el equipo. Con relación a los agitadores mecánicos documenta que se obtenía un gran ahorro en comparación al uso de los caballos y resalta el mérito del Sr. Aquilino M. de Parres por haber inventado tan ingeniosa máquina. Los informes de este nuevo administrador también nos permiten conocer que en poco menos de cuatro meses se procesaron 21,145.5 toneladas con una recuperación del 76.6 % al 89.9 % de la plata contenida en la mena. Los registros consignan que el costo del procesamiento se redujo de \$ 12.25 a \$ 8.71 pesos. Sin embargo, no hay datos que expliquen cómo se consiguió tal ahorro, aunque podría pensarse que la suspensión de la molienda a partir del 7 de junio para proceder con las adaptaciones necesarias para iniciar la utilización del método de

²⁰ *Ibidem*, p. 364.

cianuración, incidió favorablemente en los costos de beneficio.²¹ Las Actas de la Junta Directiva del mes de agosto de 1907, señalan que:

*Con las cinco tortas lavadas en la semana anterior [la última de julio de 1906] se acabó el tratamiento de minerales por patio.*²²

Una personalidad del ambiente metalúrgico de la época. El Ing. Hermenegildo Muro comentó:

*[...] el sistema de Bartolomé de Medina no solamente sobrevivirá en nuestros recuerdos, sino que se mantendrá en pie mientras no venga otro más sencillo y fácil de adaptarse en cualquier parte. No requiere maquinaria especial y cualquier lugar de la sierra se puede establecer, sin que exija grandes conocimientos técnicos para su aplicación.*²³

Sin embargo, las muestras de simpatía expresadas al sistema de amalgamación, no bastaron para detener su rápida sustitución por la cianuración como método industrial. En ello tendría mucho que ver la disposición de mejores medios de transporte, entre ellos: ferrocarriles, sistemas de cable aéreo e incluso carreteras y camiones que permitieron mover con economía cargas que fueron procesadas en plantas de cianuración. Este fue el fin del beneficio con mercurio y sólo Juan Luis Sariego ha registrado recientemente algunos usos marginales de la amalgamación entre los gambusinos de la Sierra de Chihuahua.²⁴

²¹ En la relación del equipo se indica que se tienen 3 quebradoras Blake y 14 molinos chilenos. La primera concentración se efectuaba en 34 mesas Johnston. Después de la amalgamación, los residuos se concentraban en 18 concentradoras Wilfley y 15 mesas Johnston. AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, Reportes Anuales, vol. 137, exp. 54.

²² AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, tomo 1902-1906, pp. 457-458, agosto 1 de 1906.

²³ MURO, Hermenegildo, "Informe sobre los minerales de Pachuca y Real del Monte", en: *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 5ª época, pp. 135-140, 1907.

²⁴ SARIEGO RODRIGUEZ, Juan Luis, "El patrimonio tecnológico de los mineros de la Sierra Tarahumara", en: <http://morgan.ia.unam.mx/ust/Industrial/BOL05/ARTICULOS/SARIEGO.html>

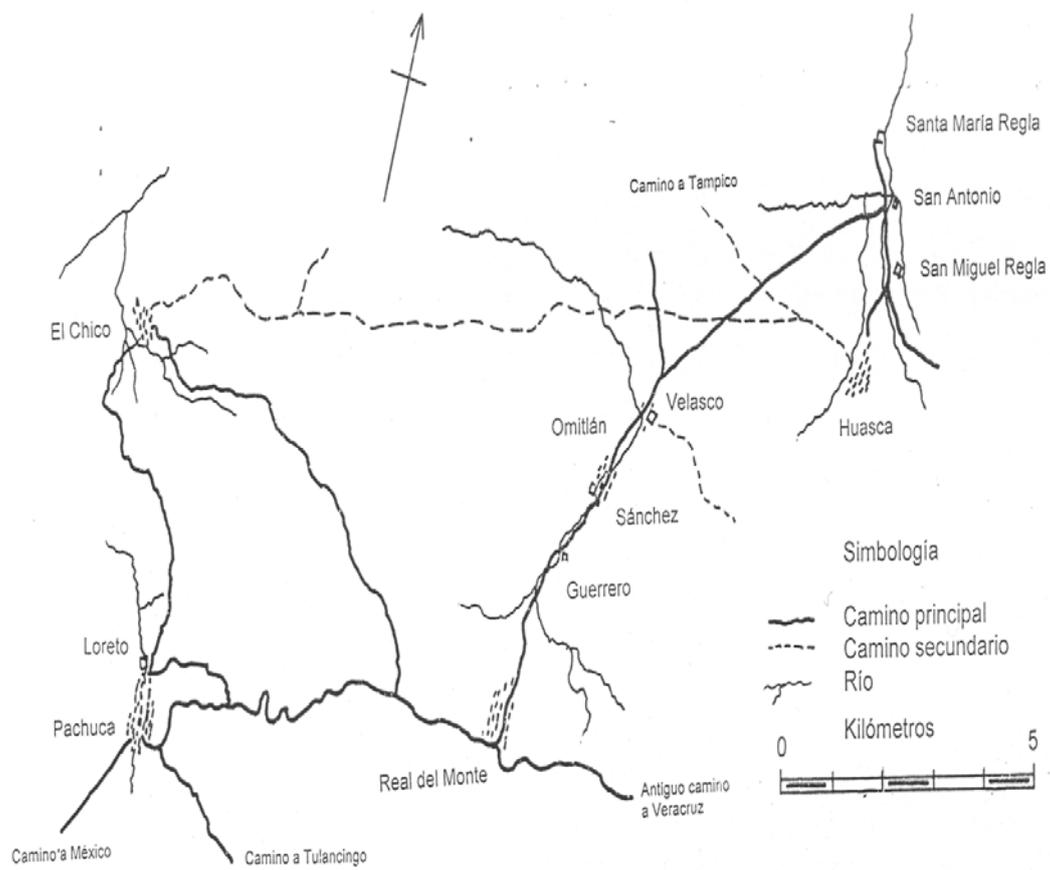
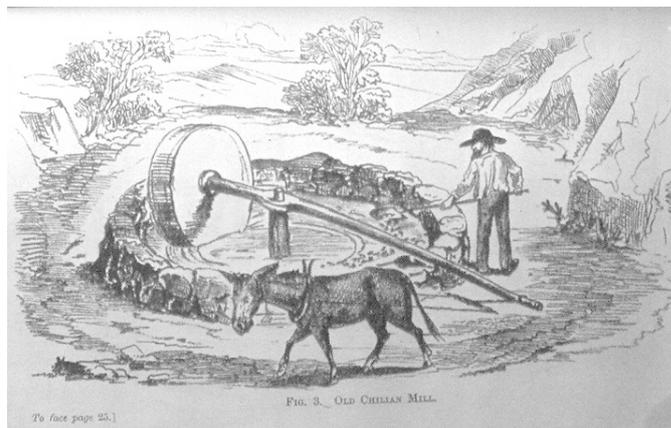


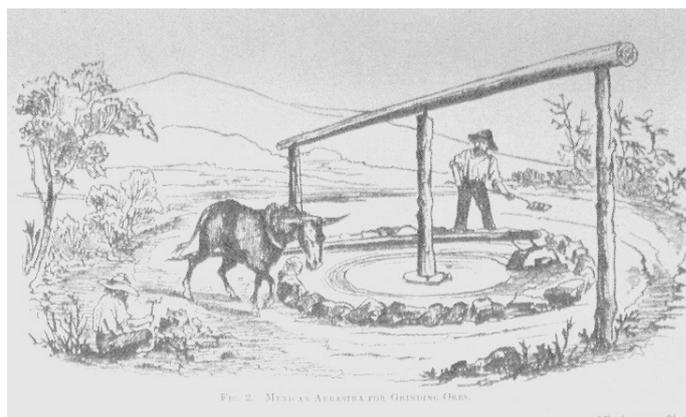
Figura 4.1
 Localización de las haciendas de la Cía. de Real del Monte y Pachuca al inicio del siglo XX.
 Fuente: Elaboración propia sobre mapa aparecido en: ALMARÁZ, Ramón, *op. cit.* 1993.



a)



b)



c)

Figura 4.2

Ilustraciones de equipo antiguo para reducción de tamaño de mineral:

- a) Quebradora rústica
- b) Molino con ruedas de piedra y
- c) Voladora.

Fuente: PERCY, John, *Metallurgy: The art of extracting metal from their ores, Silver and Gold, Part I*, London, 1880.

Figura 4.3

Batería de mazos. Este equipo disponía de una serie de pesas o mazos que eran levantados alternativamente por medio de un mecanismo giratorio. A su caída, golpeaban y rompían el mineral.

Fuente: COLLINS, Henry F. *The Metallurgy of Lead and Silver*, Part II: Silver, Charles Griffin & Co. Ltd. London 1900.

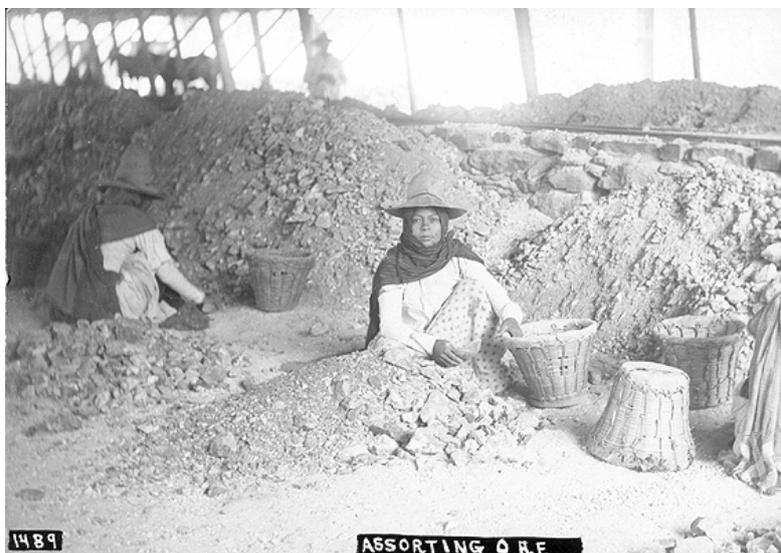
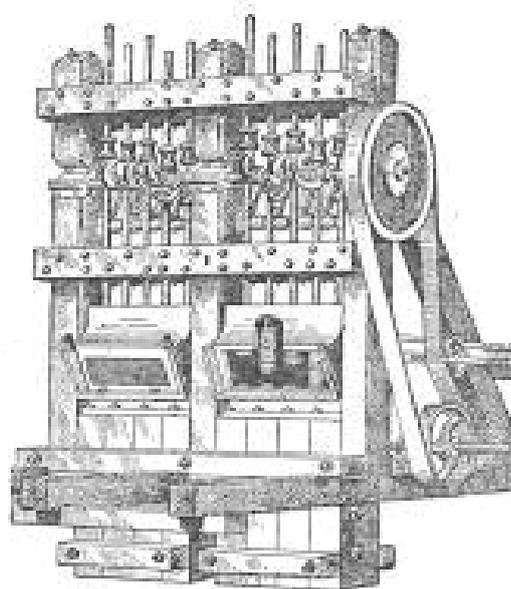
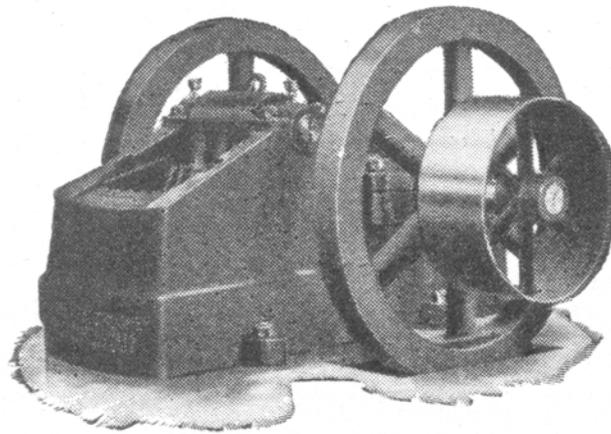


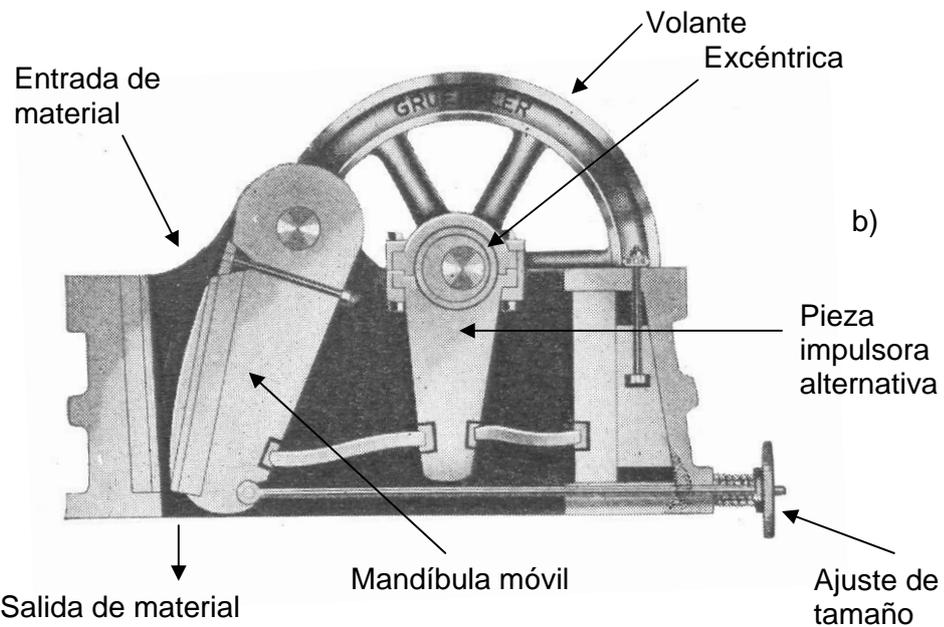
Figura 4.4

Pepenadora seleccionando mineral después de quebrado, De esa manera se clasificaba el material por su calidad, desechando los trozos estériles o de leyes bajas.

Fuente: Fotografía de Waite, página electrónica del Archivo General de la Nación.



a)



b)

Figura 4.5

a) Quebradora de mandíbula, el material se introduce por la parte superior y se descarga fragmentado por abajo, se aprecia la polea de accionamiento y dos grandes volantes de inercia.

b) Mecanismo de quebradora. El movimiento giratorio es recibido por una pieza excéntrica que ocasiona un movimiento lineal alternativo de la mandíbula móvil que en posición angular va rompiendo el material que descende y solo puede salir cuando su tamaño le permite salir por la abertura inferior.

Fuente: *Keystone Metal Quarry Catalog 1927*, Mc. Graw Hill, New York.

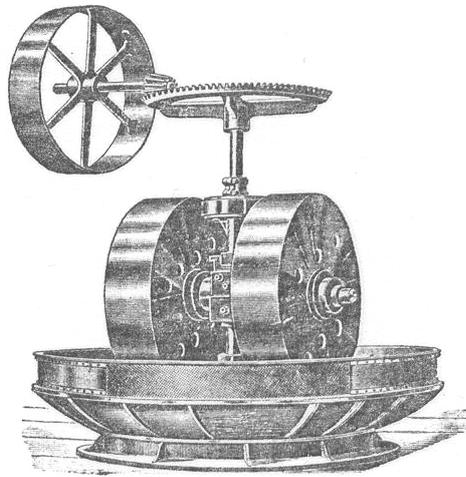


Figura 4.6

Molino chileno. Este equipo es de construcción completamente metálica. El volante superior recibe el movimiento de accionamiento.

Fuente: COLLINS, Henry F. *The Metallurgy of Lead and Silver*, Part II: Silver, Charles Griffin & Co. Ltd. London 1900.

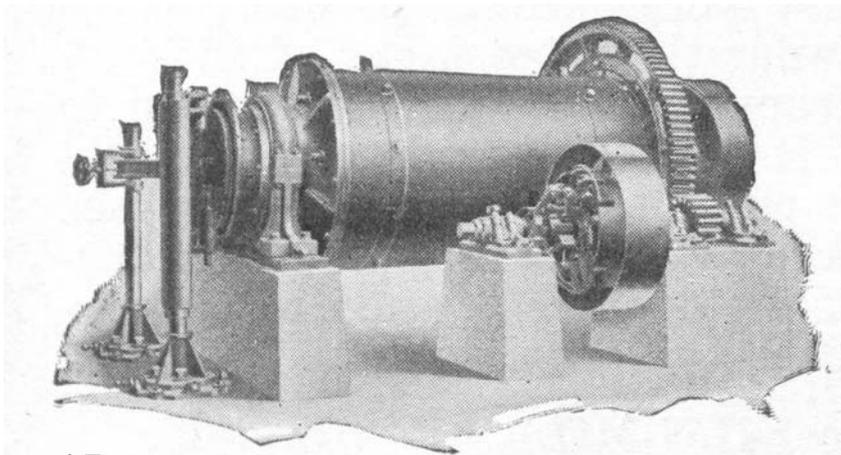
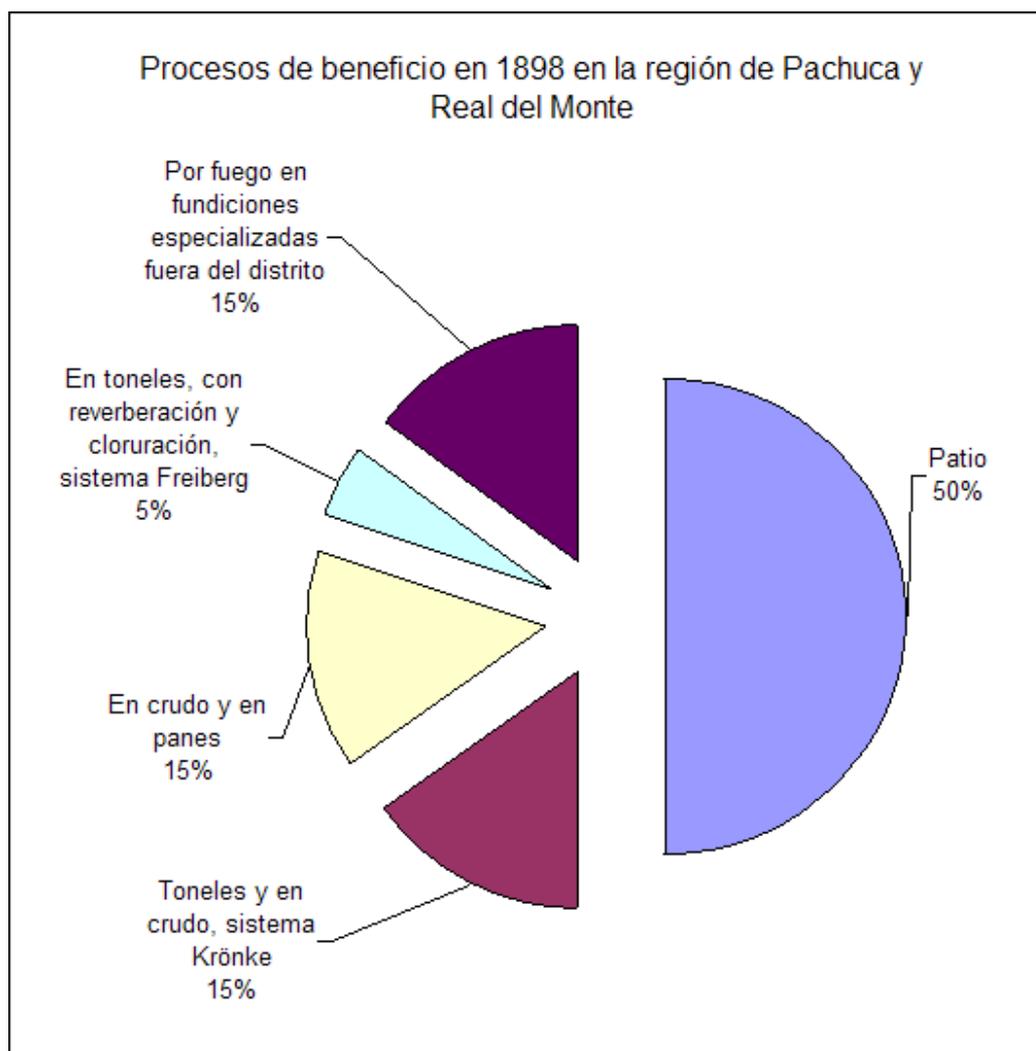


Figura 4.7

Molino cilíndrico. Estos equipos en su interior cargan bolas o barras de acero que al ir girando ocasionan que la carga se vaya moliendo finamente.

Fuente: *Keystone Metal Quarry Catalog 1927*, Mc. Graw Hill, New York.



Método	Porcentaje
Patio	50
Toneles y en crudo, sistema Krönke	15
En crudo y en panes	15
En toneles, con reverberación y cloruración, sistema Freiberg	5
Por fuego en fundiciones especializadas fuera del distrito	15

Total	100
-------	-----

Figura 4.8

Distribución de procesos de beneficio de mineral procedente de la Región Pachuca Real del Monte para el año de 1898.

Fuente: México y su Evolución Social, tomo 2, p. 92



Figura 4.9

Panorámica de la hacienda de Santa María Regla desde la parte superior de la cañada.

Fuente: Archivo Histórico y Museo de Minería, A.C., *Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca*, Pachuca, 1997.

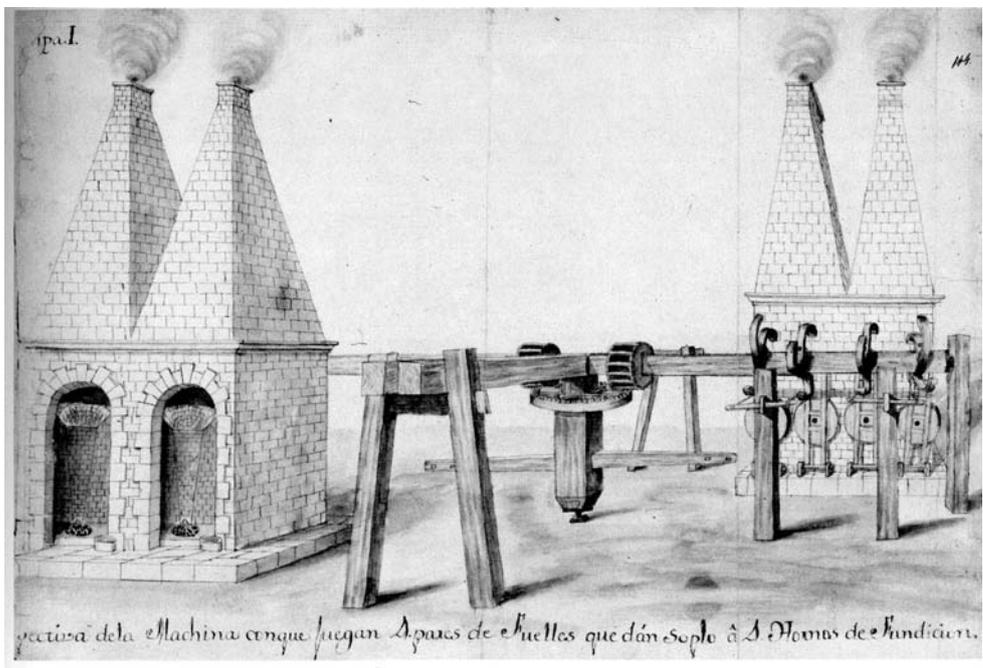


Figura 4.10

Horno alto para fundir plata. Esta ilustración corresponde a mejoras propuestas por Joaquín Velázquez de León, referidas al sistema para abasto del soplo. Este tipo de hornos continuó en uso hasta fines del siglo XIX. En la hacienda de Santa María se utilizaba energía hidráulica para accionar ventiladores mecánicos.

Fuente: VILCHIS, Jaime, ARIAS, Victoria, *Ciencia y técnica entre Viejo y Nuevo Mundo*, Quinto Centenario, Madrid, 1992.

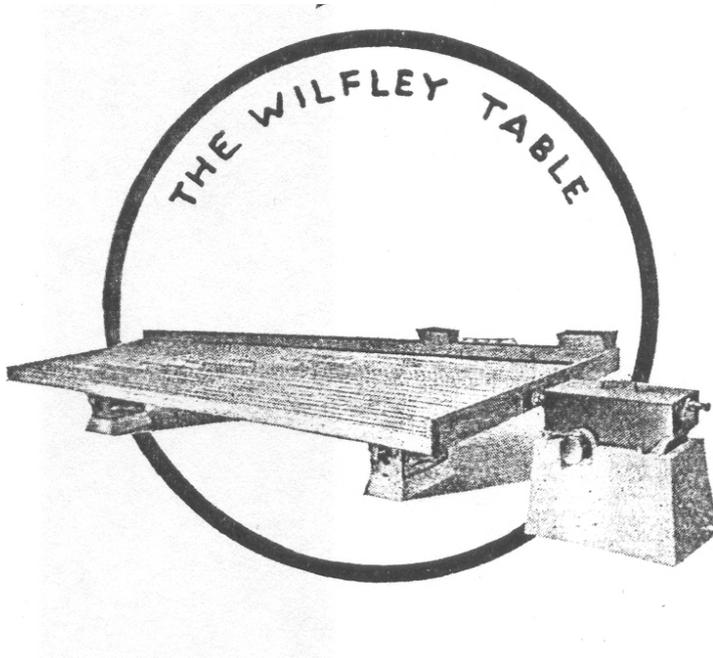


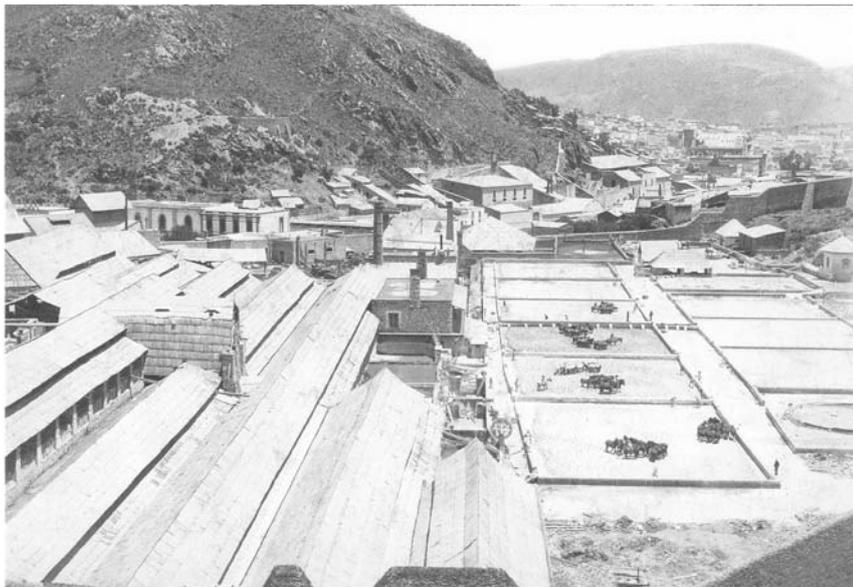
Figura 4.11

Mesa concentradora. Estos equipos permitían clasificar las partículas de la mena en función de la masa de las mismas, los valores más pesados podían separarse y desechar los estériles.

Fuente: *Air Compressed Magazine*, New York, october, 1927.



a)



b)

Figura 4.12

Vistas de la hacienda de Loreto con el método de patio antiguo, se aprecian las caballerías haciendo repaso en las tortas de mineral.

Fuentes: a) *Imágenes del distrito minero Real del Monte y Pachuca*
b) WRAY, María Fernanda, *Hidalgo y el nacimiento del tenis mexicano*, Gobierno del Estado de Hidalgo, Pachuca, 2004.



Figura 4.13

Panorámica de la hacienda de Loreto con el sistema de patio modernizado, las áreas de repaso aparecen a la izquierda de la fotografía con forma rectangular.

Fuente: Archivo Histórico y Museo de Minería A. C. *Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca*, Pachuca, 1997.

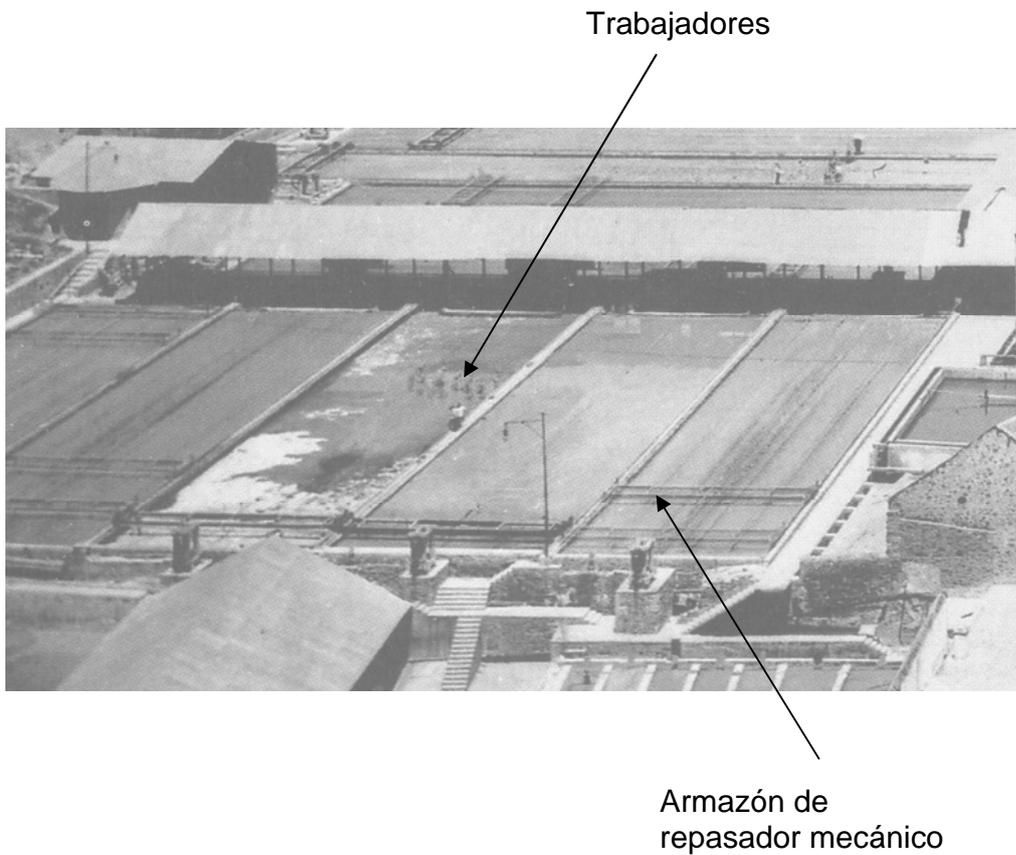


Figura 4.14

Detalle del patio con las áreas de repaso, el sistema mecanizado utiliza los armazones que recorren cada área longitudinalmente. En la superficie central, unos trabajadores realizan movimientos ya sea de retiro o de extensión de la carga.

Fuente: Archivo Histórico y Museo de Minería A. C. *Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca*, Pachuca, 1997.

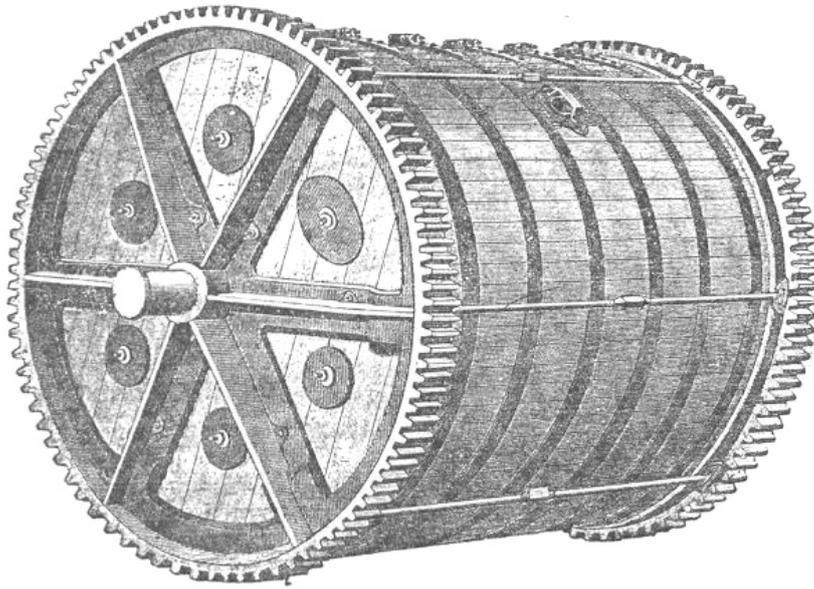


Figura 4.15

Tonel para amalgamación. Está construido en madera con un armazón metálico, los extremos están formados por grandes coronas dentadas que permiten recibir el movimiento giratorio necesario para el proceso.

Fuente: COLLINS, Henry F. *The Metallurgy of Lead and Silver*, Part II: Silver, Charles Griffin & Co. Ltd. London 1900.

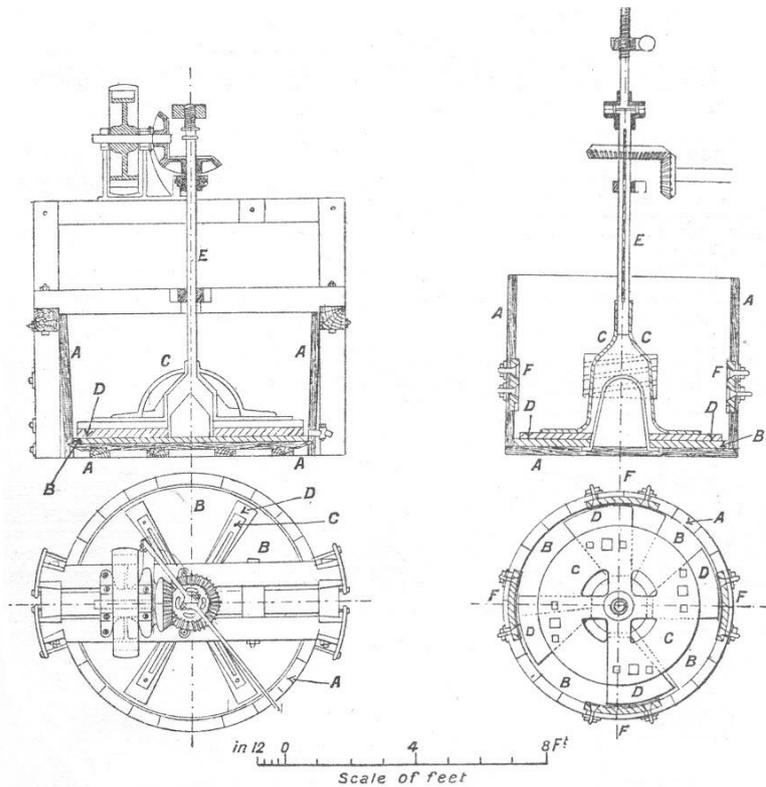


Figura 4.16
Tinas para amalgamación, están construidas de madera y las piezas giratorias son metálicas.

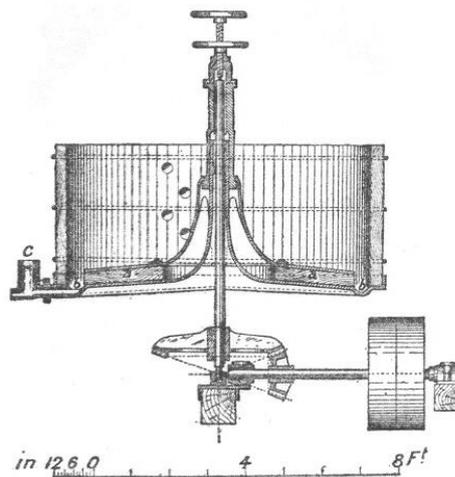


Figura 4.17
Lavadero mecánico, la carga después del proceso de amalgamación es lavada con agua para retirar arenas, la amalgama se precipita y se descarga por la parte inferior izquierda.

Fuente de ambas figuras: COLLINS, Henry F. *The Metallurgy of Lead and Silver*, Part II: Silver, Charles Griffin & Co. Ltd. London 1900.

Capítulo 5 EI BENEFICIO POR CIANURACIÓN.

En el capítulo se revisa el desarrollo del nuevo método de cianuración, la obtención del reactivo que requería, su aplicación en México a los minerales de plata, y el establecimiento de este proceso en Pachuca. Se describen las mejoras en el beneficio de cianuración y su evolución en las haciendas de la Compañía de Real del Monte y Pachuca. Asimismo, se proporciona información sobre la refinación de la plata y el oro, el antiguo proceso del apartado con ácido, y acerca del nuevo sistema por electrólisis. Por otro lado, se comenta el proceso de flotación introducido para subsanar la escasez de cianuro a consecuencia de la Primera Guerra Mundial, y se discute el tratamiento de los jales o desperdicios del proceso. Para finalizar, se analiza un documento elaborado por los norteamericanos antes de su partida, que contiene unas consideraciones generales sobre el beneficio. A partir de lo anterior se puede afirmar que la implementación del método de cianuración, permitió el aprovechar todos los tipos de minerales de la región en tonelajes superiores a los alcanzados hasta entonces. A ello coadyuvaron, el método electrolítico de refinación y el adecuado manejo de los jales, todo ello permitió hacer más eficientes las tareas del beneficio de los minerales.

5.1 Adaptación del nuevo proceso.

La cianuración es un proceso que se ha aplicado para el beneficio de minerales de plata y oro desde finales del siglo XIX hasta la fecha. Como reactivos principales emplea cianuro de sodio, de potasio o de calcio, para disolver los metales preciosos y recuperarlos posteriormente por medio de su precipitación utilizando zinc metálico. Adicionalmente a la introducción de este proceso, se desarrollaron



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

mejoras en las operaciones de molienda, manejo de materiales y el resto de operaciones requeridas en el beneficio del mineral.

El radical cianuro es designado por la fórmula $(\text{C}\equiv\text{N})^-$ y en forma abreviada (CN). Su nombre viene del griego *κυανος* (cianós) = azul, debido al color característico de algunos de sus derivados. En la antigüedad, los egipcios conocían los efectos altamente tóxicos de los preparados de hierbas de laurel, los cuales ahora se sabe contienen cianuro.¹ El primer compuesto con aplicaciones comerciales conteniendo tal radical fue el colorante llamado azul de Prusia, preparado en 1704 por Diesbach.² Diversos investigadores trabajaron a partir de entonces con compuestos cianógenos, conociendo sus propiedades y mejorando la forma de obtenerlos. El ácido prúsico, hoy identificado como ácido cianhídrico (HCN) fue conocido desde 1782. Los conocimientos de química de la época eran insuficientes para conocer las estructuras moleculares, aspecto que sería determinado mucho tiempo después. Por esos años, Scheele observó la solubilidad que el oro, la plata y el cobre tenían en soluciones de lo que ahora conocemos como cianuro de potasio (KCN):

*Si algo de ese licor [solución de cianuro de potasio], es goteado en una solución completamente saturada de oro, el oro se manifiesta como un precipitado blanco, pero si se añade más de ese licor, nuevamente se disuelve. La solución es incolora como el agua; el precipitado es sin embargo, insoluble en ácidos. La plata precipita blanco, como queso; si mas licor es añadido, el precipitado es nuevamente disuelto.*³

¹ CLENNELL, J.E. *The Cyanide Handbook*, McGraw Hill Co. New York, 2a. edición, 1915, p. 3.

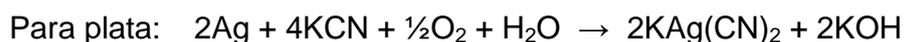
² El referido pigmento es el ferrocianuro férrico y su fórmula es: $[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3\text{Fe}_4$, se preparaba en esa época fundiendo carbonato potásico con residuos como sangre, lana y cuero, se trataba el producto de fusión con agua y se obtenía el colorante. HENGLEIN, F. A. *Tecnología Química*, tomo 2, traducido por J. Márquez Ferrer y José Manuel Partierra, URMO S.A. de Ediciones, Bilbao, 2a. edición en español, 1977, p. 175.

³ Cita de Scheele, en: CLENNELL, J.E. p. 5.

La anterior observación corresponde a la formación de los cianuros dobles de oro y plata, de los cuales depende la reacción que permite el beneficio de los metales preciosos por cianuro.

5.1.1 Desarrollo de la cianuración

La primera patente relacionada con la solubilidad del oro en soluciones de cianuro fue otorgada en 1840 al inglés Alexander Wright. En 1843 Prince Pierre Bagration observó que al dejar una hoja de oro parcialmente sumergida en una solución de cianuro de potasio, al cabo de tres días, la parte sumergida se había disuelto completamente. De lo anterior, señaló que la acción más enérgica había sido en la parte superior donde la solución y la hoja estaban en contacto con el aire. Encontró que también la plata y el cobre se podían disolver de esa manera. L. Elsner profundizó en la influencia del oxígeno en la disolución de metales.⁴ A continuación se anota la reacción fundamental del proceso y que se conoce como reacción de Elsner en honor al referido investigador.⁵



Otros investigadores como Michel Faraday también observaron la importancia del aire en la reacción. El estudio de H.C. Hahn señaló que no sólo las formas metálicas del oro sino que también los sulfuros de oro, plata, cobre y otros metales, son disueltos por el cianuro. A continuación se presenta la reacción

⁴ *Ibidem*, pp. 10, 11.

⁵ Se han propuesto diferentes mecanismos de reacción al respecto, los investigadores de la American Cyanamid Co. después de evaluar diversas propuestas, acordaron que la llamada reacción de Elsner era la más adecuada para el proceso. BRAY, John, L. *Metalurgia extractiva de los metales no férricos*, prólogo de Francisco Muñoz del Corral, traducción de José María Bermúdez, Ediciones Interciencia, Madrid, 1ª. edición en español, 1966, p. 406.

correspondiente para el sulfuro de plata con cianuro de sodio, que es el compuesto más usado en la actualidad para el beneficio de metales.⁶



Como esta reacción es reversible, hay una dificultad adicional en el proceso del beneficio de la plata.

En Estados Unidos, el siguiente paso fue utilizar el cianuro en la amalgamación. Sin embargo, más que aprovechar su efecto disolvente, se pensaba “propiciar” la acción del mercurio.⁷ Hacia 1840, J. R. y H. Elkington, introdujeron el dorado o plateado, que en términos de procesos es la galvanoplastia o la deposición de oro o plata en otros metales, utilizando el paso de electricidad en soluciones de los metales preciosos disueltos sobre todo por el cianuro de potasio.⁸

El establecimiento de un método industrial específico para beneficiar los metales preciosos utilizando únicamente cianuro, fue logrado por el equipo de investigación de J. S. MacArthur, R. W. Forrest, W. Forrest y G. Morton quienes trabajaban en Glasgow para la firma metalúrgica Cassel Gold Extracting Company. Ellos realizaron estudios para obtener los solventes del oro. Dos patentes emitidas en 1886 especificaron los aspectos principales siguientes: 1) El proceso se conseguía sólo por el uso de la solución de cianuro, sin la ayuda de otro compuesto ni de corriente eléctrica. 2) Podían utilizarse soluciones diluidas de cianuro, 3) Era necesario un medio alcalino (usualmente cal) para neutralizar la acidez del mineral, previo a la cianuración, 4) Los valores de oro y plata podían

⁶ CLENNELL, J.E. op. cit., p. 16

⁷ Se señalaba que las pequeñas gotas de mercurio usado en la amalgamación se cubrían con impurezas y el uso de una pequeña cantidad de cianuro “limpiaba” el mercurio y facilitaba su acción, *Ibidem*: p. 14.

⁸ KIRK, Raymond E., OTHMER, Donald F. (Directores) *Enciclopedia de la Tecnología Química*, tomo IV, UTHEA, 1ª. edición en español, México, 1962, p. 501.

precipitarse por medio de zinc metálico. La primera aplicación comercial del beneficio de minerales auríferos por cianuración se hizo en julio de 1889 en Karangahake, Nueva Zelanda. Una planta de mayor tamaño se estableció al año siguiente en Sudáfrica, en la proximidad de la mina Robinson en Johannesburgo.⁹

Las aplicaciones del proceso resultaron ser bastante difíciles, el metalurgista Louis Janin Jr. señalaba en 1890, lo siguiente:

En suma para exponer las desventajas del proceso de cianuración en pocas palabras, diré que para extraer un porcentaje razonable de oro y plata, se requiere un exceso tan grande de cianuro que la extracción no es por lo tanto ni económica ni redituable. Sin embargo, si ese exceso es usado, resulta imposible precipitar de manera completa por el método de la gente de MacArthur-Forrest. De hecho como medio de extraer oro, yo recomiendo más concientemente el agua regia que el cianuro de potasio.

Pese a lo anterior, el equipo de MacArthur-Forrest se aplicó en perfeccionar el proceso y en el registro y defensa de sus derechos de patente. También establecieron oficinas metalúrgicas en los principales países mineros para hacer los estudios requeridos a fin de establecer aplicaciones comerciales, en 1895 abrieron en México una oficina cuya publicidad se muestra en la figura 5.1.¹⁰

El resultado de la aplicación del beneficio por cianuración, junto con la apertura de importantes yacimientos de oro de Sudáfrica para su explotación, fue la duplicación de la producción del áureo metal en el decenio de 1886 a 1896. En los siguientes diez años nuevamente se observó un incremento similar.¹¹

⁹ CLENNELL, J.E. op. cit., p. 27-30. BOSQUI, Francis L. *Practical Notes on the Cyanide Process*, The Scientific Publishing Co., Nueva York y Londres, 2a. edición 1899. p. 162.

¹⁰ SOUTHWORD, John R., HOLMS, Percy G. op. cit., pp. 23.

¹¹ CLENNELL, J.E. op. cit., p. 27-30.

5.1.2 La fabricación del cianuro

El éxito obtenido por la cianuración disparó la demanda del cianuro, de tal modo que los antiguos métodos de fabricación de esos compuestos, a partir de materia orgánica fueron insuficientes. La investigación se avocó a definir nuevos métodos generados de materias primas de fácil disposición.¹² El desarrollo más importante fue dirigido en Alemania por Adolph Frank y Nikodem Caro, en una primera etapa entre 1895 y 1898. Ellos buscaron obtener como producto intermedio la cianamida cálcica (CaCN_2), que después era tratada para obtener el reactivo para la cianuración. Perfeccionamientos posteriores condujeron a un proceso que partía de la fabricación de Carburo de Calcio (CaC_2) por medio de horno eléctrico. El producto intermedio (CaC_2) se molía cuidadosamente y se exponía en un horno especial, desarrollado en 1906 por A. R. Frank, hijo de Adolph; a una corriente de nitrógeno procedente de una instalación de licuefacción de gases como la descrita en el capítulo 3. Como producto de lo anterior se obtenía la ya mencionada cianamida cálcica. También se definió un nuevo procedimiento en el que la cianamida cálcica (CaCN_2) se fundía con sal para pasar a cianuro de sodio (CNNa). En 1916, con las condiciones impuestas por la I Guerra Mundial, se produjo una gran escasez de cianuro en Estados Unidos y también en México. Como consecuencia de tal carencia se afectaron las operaciones de beneficio y se buscaron soluciones alternativas al proceso, las que se comentan en el capítulo siguiente. Con la intención de atender la demanda continental, la American Cyanamid Company perfeccionó el procedimiento de fusión y estableció una planta productora en Canadá, próxima a las plantas hidroeléctricas de las cataratas del Niágara en la que se consiguieron importantes mejoras entre 1917 y

¹² El cianuro utilizado al momento de su aplicación en beneficio era obtenido por el llamado método de F. y E. Rodgers que databa de 1834 y perfeccionado por Erlenmeyer por 1890. Ya utilizando materias primas más fáciles de obtener, se desarrolló el procedimiento de G.T. Beilby por el cual se producía la mitad del cianuro utilizado para el año de 1899. En el año referido también se desarrolló el método de Castner que con el perfeccionamiento en la obtención de amoníaco sintético y de sodio metálico tomaría creciente importancia. KIRK, Raymond, OTHMER, Donald F., directores, *op. cit.*, pp. 498, 501-504.

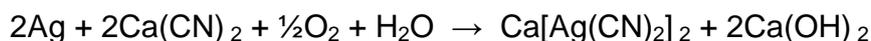
1919.¹³ Las reacciones para la obtención del producto a partir de la cianamida cálcica son las siguientes:



El carbono procede de las impurezas resultantes de la fabricación de la propia cianamida y 1000 °C requeridos se alcanzan en un horno eléctrico. La sal propicia la siguiente etapa en la que se obtiene cianuro de sodio:



El producto obtenido consistía en una mezcla de los cuatro compuestos anteriores, dependiendo de las condiciones precisas de la temperatura del horno y de la cantidad de sal añadida. Comercialmente se conocía como cianuro Aereo Brand y se asumía que podía contener hasta un 48-50% de cianuro de sodio, el resto era cianuro de calcio en su mayoría y pequeños porcentajes de cianamida cálcica y cloruro de sodio. La figura 5.3 b muestra una publicidad referida a este reactivo donde resalta sus materias primas: aire y sal. El cianuro de calcio, llamado cianuro negro, también presenta aptitud para disolver los valores de plata de acuerdo a una reacción semejante a la de Elsner.¹⁴



A partir de enero de 1918, la compañía Real del Monte y Pachuca recibió embarques de la American Cyanamid Co.¹⁵ El reactivo era enviado por barco o ferrocarril en tambores de lámina, se guardaba en grandes cantidades en los patios del Almacén General y de ahí se enviaba por camiones a las haciendas de beneficio. La lámina del recipiente se aprovechaba como elemento de construcción, se cortaba y ondulaba en la hacienda de Loreto, de esta manera la

¹³ *Ibidem*, op. cit., pp. 446-450, 498.

¹⁴ *Ibidem*., op. cit. pp. 447, 508, 510, 511.

¹⁵ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo Especial de la Dirección, vol. 89, exp. 74.

empresa contaba con un suministro de este material para tejados y muros de muchas dependencias mineras, incluyendo la propias haciendas de beneficio.

Antes de dejar lo correspondiente a la fabricación del cianuro, se debe mencionar que las compañías mineras establecidas en México contemplaron con alarma la autorización para la fabricación en el país de ese reactivo. Alegaban que la experiencia en la fabricación nacional de la dinamita, se había llevado a una situación de monopolio y no querían que con el cianuro ocurriera algo parecido.¹⁶ Puede considerarse que de acuerdo al liberalismo económico imperante en esa época, tal actitud era de esperarse. Muy diferente hubiera sido el plantear una sociedad con intereses comunes para fabricar el reactivo en México. Durante la Revolución y con el triunfo de los constitucionalistas, hubo un acercamiento entre el gobierno y los empresarios, por medio del Primer Congreso de Industriales. En ese evento, siguiendo la postura de los demás asistentes empresariales, el delegado por el estado de Hidalgo, se manifestó en oposición a que se diera una concesión para la fabricación del cianuro en México. En cambio se solicitó la liberación de impuestos.¹⁷ La idea de una industrialización considerando una diversificación de actividades no se tenía en la mente de las compañías mineras en ese momento.

Años después, la empresa consideró producir ella misma el cianuro que requería. En enero de 1933, se contempló la posibilidad de que al terminar el contrato con la American Cyanamid Co., en diciembre del siguiente año, esa empresa podría elevar el precio del reactivo. Previendo lo anterior, la Compañía de Real del Monte y Pachuca decidió realizar investigaciones para disponer de un abastecimiento alternativo del reactivo. Una primera etapa fue el acopio de

¹⁶ Se comentaba la posibilidad de que el gobierno otorgara concesión de fabricar cianuro en México a la Roessler & Hasslacher Chemical Co. y que eventualmente subiera el costo del reactivo. AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, correspondencia de S.M. Cancino, Dic., 1 de 1906, vol. 13, exp. 3.

¹⁷ SECRETARÍA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO, *Reseña y Memorias del Primer Congreso Nacional de Industriales*, Dirección de Talleres Gráficos, México, 1918. p. 246.

información sobre los procesos y las patentes relacionadas con el cianuro.¹⁸ En enero de 1934 se asumieron tres posibilidades para producir el cianuro:

- 1) Fabricarlo en Pachuca a partir del proceso completo: carburo – cianamida – cianuro.
- 2) Producir este reactivo en Pachuca a partir de cianamida destinada para ser usada como fertilizante, la cual sería comprada en los Estados Unidos.
- 3) Apoyar a fabricantes de cianamida alemanes, japoneses o de otros países europeos para que pudieran producir cianuro.

Ellos asumían que no se contaba con otro proveedor de cianuro del tipo que ocupaban, y si bien señalaban que existían proveedores de cianuro de sodio de alto grado de pureza, ese producto costaba el doble o más del que utilizaban.¹⁹ Continuando el proyecto, se hicieron pruebas de fabricación de cianuro a nivel laboratorio en la hacienda de Loreto, tanto del procedimiento utilizado por la empresa norteamericana como del denominado Beilby y otro a partir de carbonato de sodio, llamado proceso soda. El mejor costo, de \$ 14.64 dólares la libra de Cianuro de Sodio, fue obtenido del método análogo al utilizado por la American Cyanamid Co.²⁰ Posterior a esa primera fase se continuó a una escala mayor en un laboratorio de Cambridge, Massachussets. Eso permitió definir que la mejor opción sería una alternativa no prevista, el utilizar como materia prima carburo de calcio hecho en México, lo que representaba una etapa menos del proceso completo. Un elemento contemplado era el uso de la planta de oxígeno líquido para producir el nitrógeno que se necesitaba. En este caso se pensó en obtener la libra del reactivo a \$ 13.53 dólares.²¹

Sin embargo, las experiencias quedaron a nivel laboratorio, pues una limitante fue el alto costo de la energía eléctrica que no permitía tener una posición

¹⁸ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo Especial de la Dirección, vol. 60, exp. 21, f. 88, correspondencia Moore a Kuryla, enero 12, 1933.

¹⁹ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo Especial de la Dirección, vol. 67, exp. 17, f. 88-90 "Cyanide consideration of supply from january 1, 1935 to forward", enero 18, 1934. El método que se utilizaba sobre todo en Europa era el denominado m.

²⁰ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo Especial de la Dirección, vol. 60, exp. 21, f. 143-145, "The manufacture of Cyanide. Resume of testings done at Pachuca", septiembre 13 de 1934.

²¹ *Ibidem*, f. 153-159, "Black Cyanide from mexican carbide", enero 7 de 1936, correspondencia Clevenger a Marquand, f. 160, enero 9 de 1936.

competitiva con el reactivo fabricado en la región de las cataratas del Niágara, el cuál se ofrecía a la libra del reactivo a \$ 9.375.²²

5.1.3 Aplicación de la cianuración en México

En México las primeras aplicaciones del beneficio por cianuración se hicieron en la región aurífera de El Oro, Estado de México y en Tlalpujahua, Michoacán. La Compañía Minera Esperanza de la primera población, instaló en 1898 una planta de 60 toneladas diarias que se aumentó a 145 al poco tiempo.²³ Las demás empresas de ese distrito adoptaron el proceso en los años siguientes.

La cianuración para minerales de plata presentaba mayores dificultades que los auríferos y no resultaba rentable. La puesta a punto se consiguió en Guanajuato. El asunto se remite a la *Guanajuato Consolidated Mining and Milling Co.* que trabajando minerales por el método de amalgamación por panes, observó un descenso en el rendimiento del proceso, ya que lograba una recuperación de sólo un 60 % de plata y que el oro presente en leyes hasta de 10 milésimos, se perdía. Por ello contrató a una empresa especializada, la Charles Butters, Co. para investigar la viabilidad de aplicar la cianuración. E. M, Hamilton, comisionado por la empresa consultora, estableció una pequeña planta para 10 toneladas diarias y consideró en 1902 que había posibilidades de la aplicación, aunque no se procedió a trabajar una escala mayor por la incertidumbre de que el procedimiento no fuera adaptable a una escala comercial mayor.²⁴

En el estado de Sonora se introdujo la cianuración a fines del siglo XIX, Juan Manuel Romero Gil refiere el caso de las minas de Crestón y Colorada que utilizaban cianuro o quizá mas exactamente una variante con electricidad para

²² AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo Especial de la Dirección, vol. 67, exp. 17, f. 90.

²³ GROTHE, Albert, SALAZAR SALINAS, Leopoldo *et al. op. cit.*, p. 219.

²⁴ OROZCO, Rafael, Ing. *La Industria Minera de México, Distrito de Guanajuato*, Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, Depto. de Exploraciones y Estudios Geológicos, Talleres Gráficos de la Nación, México, 1922. p. 50.

beneficiar minerales rebeldes a la amalgamación convencional.²⁵ Después de insuficientes resultados, arrendaron la planta a la compañía de Charles Butters ya referida antes por su experiencia en Guanajuato, la cual ensayó directamente con cianuro, obteniendo éxito en 1903 y continuando su arrendamiento y operación por dos años más.²⁶ Las experiencias de la Charles Butters y el comisionado E. M. Hamilton merecen ser consideradas como pioneros en el desarrollo de la cianuración de minerales de plata.

En 1903, a petición de la *Guanajuato Consolidated Mining and Milling*, la oficina metalúrgica de MacArthur-Forrest en la ciudad de México externó la opinión en el sentido que la cianuración de minerales de plata no podría tener éxito comercial. Ante la divergencia de opiniones, la empresa guanajuatense decidió contratar al año siguiente a Bernard MacDonald quien tenía experiencia en el tratamiento de los minerales auríferos. Este personaje procedió a establecer una planta para cianurar 150 toneladas diarias. Los resultados favorables para minerales principalmente argentíferos con recuperación del 90 % de plata y oro, constituyeron un significativo éxito comercial. Eso animó a la construcción de una planta de 400 toneladas diarias, para lo cual el investigador agradeció la ayuda de Mr. Raymond, gerente de una compañía minera de El Oro, Estado de México. Desde su construcción en 1904, la planta procesó con éxito un millón y medio de toneladas de minerales y Guanajuato se convirtió en el punto focal de la atención de los estudiosos del método de cianuración para los minerales de plata.²⁷ Uno de los elementos que favorecieron la aplicación de la cianuración a los minerales argentíferos con el subsecuente auge en la construcción de haciendas de beneficio, fue la existencia en Guanajuato de importantes acumulaciones de

²⁵ A fines del siglo XIX la casa alemana Siemens desarrolló un método de electro cianuración que se apartaba de las patentes de MacArthur-Forrest. Sin embargo no superó el éxito que el proceso de los investigadores británicos.

²⁶ ROMERO GIL, Juan Manuel, *La minería en el Noroeste de México: Utopía y realidad 1850-1910*, Universidad de Sonora, Plaza y Valdés, México, 2001, pp. 199, 200.

²⁷ MACDONALD, BERNARD, "How Cyanidation Was First Applied to Silver Ores", en: *The Engineering and Mining Journal*, June 20, 1926.

minerales “a la vista”, procedentes de antiguos retagues y terreros en minas, además de jales en el curso del río que presentaban valores bajos pero que tenían la ventaja de estar ya molidos. Eso había ocurrido debido a la insuficiente recuperación que tenía el beneficio por amalgamación. Con el nuevo método se pudieron recuperar con facilidad y economía importantes cantidades de plata en minerales que antes habían sido desdeñados.²⁸

En una publicación técnica editada muchos años después se señalan los problemas de la cianuración de minerales de plata:

*Los puntos importantes de diferencia entre la cianuración del oro y de la plata son: 1) Un kilogramo de cianuro de sodio disuelve 1.1 kg. de plata contra 2 kg. de oro, y 1 parte de zinc precipita 3.3 partes de plata y 6 partes de oro; por consiguiente, el consumo de reactivo es mucho mayor con la plata que con el oro. 2) La mena de plata debe ser muy finamente triturada y el tiempo de contacto debe ser largo; la cuantía de disolución de menas de plata es aproximadamente la mitad de la del oro. 3) Con la plata se requiere aereación constante. 4) Con la plata deben emplearse soluciones más concentradas. Esto y el mayor tiempo de reacción conduce a varias reacciones que no ocurren con el oro y aumenta el consumo de cianuro.*²⁹

El interés que los experimentos sobre la cianuración habían despertado en diferentes sitios mineros, fue seguido por las publicaciones especializadas de la época. En 1903 una revista describía las experiencias realizadas en Sudafrica y reconocía los avances efectuados en el trabajo mecánico de reducción de partículas, mas no así en los aspectos químicos. También señalaba la importancia de evitar la contaminación de agua en el proceso de cianuración, dado que dificultaba la precipitación por zinc. Otros aspectos que comentaba la publicación eran los estudios sobre la finura de la molienda hechos en los Estados Unidos y

²⁸ ANTÚNEZ ECHEGARAY, Francisco, *Monografía histórica y minera sobre el distrito de Guanajuato*, Consejo de Recursos no Renovables, publicación 17-E, México, 1964, p. 548.

²⁹ “La plata y sus aleaciones”, en: KIRK, Raymond, OTHMER, Donald F., *op cit.* tomo p. 666.

los trabajos realizados en México sobre arenas y lamas, en los cuales los rendimientos habían sido muy buenos.³⁰

Durante el primer momento de aplicación del proceso de cianuración de la plata, a partir de las experiencias en Guanajuato, después de la molienda, el material se dividía en dos partes: las arenas (partículas medianas y finas) y las lamas (partículas muy finas). Las arenas se procesaban por cianuración, pero las lamas no podían procesarse con buenos rendimientos, incrementándose las pérdidas del proceso. Lo anterior era causado por la falta de sistemas adecuados de clasificación de partículas, los que aparecieron años después e implicaron un control riguroso del tamaño de partícula que permitió procesar el mineral bajo el concepto de “todo fino”.³¹

5.1.4 Establecimiento del proceso de cianuración en Pachuca

Considerando lo expuesto en las líneas anteriores, la adquisición en 1906 de la Compañía de Real del Monte y Pachuca por el grupo norteamericano, ocurrió en un momento de cambio tecnológico en materia del beneficio de los minerales. Varias compañías de Pachuca se habían interesado en aplicar la cianuración: la Compañía Beneficiadora de Metales, subsidiaria de la Negociación Minera de Maravillas, efectuó la rehabilitación de la Hacienda de San Francisco II para aplicar el proceso, la Negociación de San Rafael construyó una nueva hacienda para cianurar, la compañía de la Hacienda de La Unión también decidió adoptar el nuevo proceso y una compañía, la Blaisdell Coscotitlán, se organizó para trabajar por cianuración los jales antiguos acumulados en el río, al sur de la ciudad de Pachuca³². A excepción de la última, todas las empresas eran mexicanas, aspecto que refuta el rezago tecnológico que asume Marvin Bernstein sobre las compañías

³⁰ “Cyanidation Experiments”, en: *The Engineering and Mining Journal*, November 28, 1903, pp. 809.

³¹ BRAY, John L., *op. cit.* p. 410.

³² RICE, Claude T. “Cyanidation of silver ores” en: *The Engineering and Mining Journal*, oct. 3, 1908, pp. 647-654

pachuqueñas en ese momento particular.³³ Deben considerarse que las condiciones en Pachuca incluían empresas con altos niveles de operación por amalgamación, y en ellas, el cambio tecnológico implicaba inversiones cuantiosas. Una indicación de la preocupación por asimilar el método de cianuración en el ambiente pachuqueño fue la publicación de un libro cuya portada interior se muestra en la figura 5.2 dedicado a los procedimientos de análisis de muestras minerales para la determinación de parámetros de cianuración y que difundió en español los aspectos generales de ese procedimiento. El autor Manuel Mateos Ortiz refiere en su obra experiencias en la planta de beneficio de San Francisco II de Pachuca en agosto de 1906.³⁴

La administración norteamericana de la Real del Monte inició las pruebas para el nuevo proceso a partir del 8 de marzo de 1906. En un primer momento se trató de investigaciones preliminares de laboratorio a partir de pequeñas muestras de cada mina. Los resultados fueron alentadores, obteniéndose resultados favorables en todos los casos, excepto en los de una mina de Pachuca. Se encontró que los minerales con manganeso, conocidos como “quemazones” y que eran refractarios al método de patio, podían procesarse sin problema por cianuración. A partir de lo anterior, se procedió a establecer una planta piloto de 10 toneladas diarias a fin de trabajar los minerales de cada mina. Para tal fin, se acondicionó la anterior planta de amalgamación por tinas junto con las quebradoras y molinos asignados.³⁵ Su equipamiento se describió en el apartado 4.2.2.

La Compañía de Real del Monte y Pachuca, había desarrollado sus propias experiencias sin la intervención de la oficina metalúrgica de MacArthur-Forrest, Sin

³³ Este importante estudioso de la minería mexicana asume que los métodos de beneficio en Pachuca eran anticuados y que la no introducción de la cianuración fue consecuencia de la tardía llegada de empresas extranjeras. BERNSTEIN, Marvin D. *op. cit.*, p. 46.

³⁴ MATEOS ORTIZ, Manuel, *Los sistemas de Cianuración aplicados a la explotación de minerales de oro y plata*, Imprenta de Manuel León Sánchez, México, 1910, 107 pp.

³⁵ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, Reportes Anuales, vol. 137, exp. 54. pp. 12, 13.

embargo, a propuesta del apoderado legal Sr. Lic. Pablo Martínez del Río, y para evitar conflictos y posibles demandas, se acordó con la “Compañía del sistema patentado de cianuración MacArthur-Forrest” hacer un pago por regalías de \$ 12,000.00 pesos para una capacidad de molienda en las haciendas de 80 mazos y, el pago de \$ 101.4 pesos por cada mazo extra. Sin embargo, el documento no explicita la temporalidad del pago.³⁶

Después de realizadas las adaptaciones que se comentarán en el apartado 5.3, la hacienda de Loreto funcionó plenamente usando el proceso de cianuración en 1907. Para ese año se realizó un contrato con el proveedor de cianuro The Roessler & Hasslacher Chemical Co. por 300 mil toneladas del reactivo.³⁷ En la figura 5.3 a se puede ver la publicidad de esa firma.

En la figura 5.4 se muestra el diagrama simplificado de la cianuración aplicada por la Compañía de Real del Monte y Pachuca, se presentan con líneas punteadas las variantes de las operaciones. La complejidad de la operación aumentaba con el tonelaje procesado.

El primer paso consistía en tomar muestras del material y analizarlas en laboratorio. El control del tamaño de las partículas se conseguía haciendo pasar el material por mallas de alambre calibrado. En los procesos químicos era necesario tomar muestras en cada etapa y se procedía de acuerdo a algún indicador definido que permitía saber si ya se había conseguido el avance requerido en el proceso correspondiente. Para conocer lo anterior se analizaba los valores de oro y plata existentes en la solución durante la precipitación final. En este proceso la experiencia tenía un papel importante para establecer la duración de algunas operaciones, de este modo frecuentemente se daban indicaciones sobre el tiempo

³⁶ AHCRdMyP, Libro de Actas de la Junta Directiva, vol. 1902-1906, reuniones de junio 4 y 20 de 1906, pp. 430, 432.

³⁷ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, Correspondencia de Merrill B. Spaulding, vol. 48, exp. 41, f. 3.

que debían permanecer los materiales en cada paso de la cianuración. Tal era el caso de las agitaciones, del lavado de las tortas de los filtros y de otras operaciones. Sobre esto se señala que en comparación del tiempo ocupado en la amalgamación de meses, ahora eran sólo días. El personal técnico y de laboratorios tenía formación en su campo, sin embargo mucho del personal operativo aprendió de manera empírica y siguiendo las indicaciones de los jefes sobre las operaciones del método de cianuración. Una nota en las actas de la Junta Directiva indica lo siguiente:

El Sr. Merrill [director], ha distribuido entre varios empleados el libro “Beneficio de metales por cianuración” del Sr. MacCann, con el objeto de instruirlos en sus mismos trabajos.³⁸

En la figura 5.5 se presenta detalladamente el esquema de la molienda y de clasificación del mineral tal como se realizaba en la hacienda de Guerrero. La tolva inicial de 2,000 toneladas estaba dividida en 10 compartimentos a fin de que el producto de cada mina, que se recibía en cantidad limitada, se reunía por separado hasta tener cantidad suficiente para hacer una corrida del molino de acuerdo a las características de cada mena recibida. Para realizar la clasificación, se disponía de diversos equipos, para las rocas se usaban los cernidores *Callow*. Pero para separar las partículas finas de las gruesas, ya en forma de pulpa se utilizaban los conos clasificadores que por medio del movimiento del material y la forma del dispositivo, apartaban los granos más pequeños. También se ocupaban las mesas oscilatorias Wilfley y Johnston que se comentaron en el capítulo anterior.

Antes de 1910 la capacidad diaria de procesamiento en toneladas de mineral era de 350 en Guerrero y de 400 en Loreto, el documento de referencia indica que se tienen planes para aumentar la capacidad de la última a 650

³⁸ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, octubre 23 de 1909, f. 241.

toneladas.³⁹ Las figuras 5.6 y 5.7 ilustran el proceso de cianuración y el filtrado, precipitación y fundición en la hacienda de Loreto, de acuerdo a la descripción que se reseña en los siguientes párrafos:

La planta de Loreto es un ejemplo bien interesante de la aplicación del sistema a decantación en grande escala.

Todo el producto de la molienda, que se hace en húmedo, pasa a los molinos tubulares. Y después se concentra; consistiendo cada carga en 50 toneladas de lamas secas. Que son tratadas por cianuro de sodio. Hasta que la proporción de ese solvente es de 0.30 %, dándose desde luego principio a la agitación. A la vez que el cianuro, se ponen 20 kilogramos de acetato de plomo para precipitar los sulfuros alcalinos que puedan existir en la solución; agregándose 5 kilogramos de cal por cada tonelada de mineral.

La primera agitación dura 24 horas, comenzando la decantación después de 2 horas y bastando 5 a 6 para asentar y decantar toda la carga. Para la segunda agitación de 10 horas, se usa una solución de 0.20 % requiriendo, poco más o menos, el mismo tiempo que la anterior, para asentar y decantar. La tercera y cuarta agitaciones son de 5 horas cada una, con solución de 0.25 %. Las soluciones decantadas se distribuyen, según las necesidades, en los distintos aparatos de tratamiento.

Para la filtración se usan dos filtros Butters, cada uno con 102 hojas, en cuyo manejo se ocupan dos pueblos de 12 horas, compuestos de un capitán y dos ayudantes, necesitándose un período de 2 horas 15 min para una filtración completa. Los cakes contienen de 22 a 24 % de humedad. Las hojas se limpian cada 10 días y se fabrican en la misma hacienda, usándose en vez del coco que los fabricantes emplean, la fibra de ixtle, que ha dado excelentes resultados y es más barata y menos pesada.

Las soluciones se precipitan en las 20 cajas de cinco compartimentos cada una, a razón de 1,500 toneladas al día.

Por último, el consumo de substancias químicas, por tonelada de mineral molido, fue en junio de 1910, como sigue:

	Compuestos:	gramos:
Cianuro de sodio,		1,463
ó sean 1,920 gr por cada kg de plata pasta producida		
Zinc,		810
ó sean 1,912 gr por cada kg de plata pasta producida		
Cal		5,800
Acetato de plomo		400. ⁴⁰

³⁹ Se tienen descripciones de la primera época de Guerrero en: AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, mayo 27 de 1908 y en: GROETHE, Albert, SALAZAR SALINAS, Leopoldo, *et al.*, *op. cit.*, pp. 55

En el beneficio de cianuración fue de gran importancia la incorporación del empleo de bombas y tuberías entre las diversas etapas del proceso aspecto que facilitó el movimiento del material. Los equipos accionados por motores eléctricos individuales y de tamaño pequeño, permitieron reducir notablemente la mano de obra y mantener los bajos los costos. La figura 5.8 muestra diferentes tipos de bombas utilizadas en las haciendas de beneficio.

Para la clasificación de las partículas, en el proceso de molienda la empresa utilizó diferentes equipos como los conos y mesas oscilatorias tal como se mencionó para el caso de la hacienda de Guerrero. Junto con estos equipos, en Loreto y como se ilustra en la figura 5.6, se utilizaron también clasificadores Esperanza desarrollados en la empresa del mismo nombre ubicada en el Mineral de El Oro. Estos eran similares al clasificador Dorr que aparece en la figura 5.15 pero su sistema mecánico era mas complejo y fueron sustituidos gradualmente por los de tipo Dorr.

Como se refirió antes, el proceso debe realizarse en un medio alcalino para estabilizar la reacción y evitar consumos exagerados de cianuro. Si bien puede utilizarse sosa cáustica, lo usual es el empleo de cal, más barata y fácil de usar. En un principio la empresa adquirió la cal de diversos proveedores de la región de Tula. A fin de asegurar el requerimiento creciente de este material, para 1920 la empresa adquirió una calera cerca de la estación Vito del Ferrocarril México a Laredo, en el municipio de Atotonilco de Tula, Hidalgo. A mediados del año de 1925 se tenía en operación un horno para calcinar en los patios del almacén de Pachuca.⁴¹ Para 1931, se extraían 50 toneladas diarias de caliza que se remitían a Pachuca para su calcinación.⁴² Para el período paraestatal, la calera propia se

⁴⁰ *Ibidem*, pp. 52, 53.

⁴¹ AHCRdMyP, Informe del director 1925, vol. 5 exp. 4, f. 2.

⁴² AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, Correspondencia General, vol. 68, exp. 38, f. 2, febrero 15 de 1915, exp. 44, enero 21 de 1927,

vendió y el material se adquirió a proveedores de la región quienes extraían y calcinaban la caliza. Durante los primeros años del proceso de cianuración, los trozos de cal simplemente se agregaban al mineral antes de la molienda.

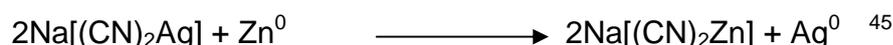
Los tanques donde se efectuaba la cianuración eran grandes cilindros con un diámetro mayor que altura y se muestran en la figuras 5.9 y 5.10. En su interior, un mecanismo central móvil soporta unos rastrillos o paletas que llegaban casi hasta el fondo plano del tanque. La manera de retirar del tanque la solución con los valores disueltos por el cianuro se realizaba mediante la decantación del mismo. Este sistema implicaba una operación intermitente ya que después de hacer la agitación, había que esperar el asentamiento de los lodos y luego con la ayuda de un sifón se efectuaba el retiro de la solución dejando los lodos en el fondo. Se procedía del mismo modo por cuatro ocasiones sucesivas en las que se añadía reactivo nuevo y se decantaba la solución resultante. Un inconveniente muy común se presentaba cuando al descargar el tanque de la manera indicada, se succionaban lodos que complicaban la precipitación posterior. Se tiene información de que el Sr. Oscar Lowenthal —quien instaló la planta de cianuración en Loreto— desarrolló unos “filtros sifónicos” para esta operación y cuyos derechos de patente los cedió a la Compañía de Real del Monte y Pachuca.⁴³

El espacio destinado a separar los valores contenidos en la solución, del resto de las sustancias que lo acompañan, se conocía como el departamento de los filtros Butters. Las operaciones que se efectuaban se anotan en la figura 5.7. En la figura 5.11 se muestran esos filtros que consisten en unos marcos especiales de madera, recubiertos de material textil, que se sumergen en grandes estanques a modo de albercas. Un sistema de vacío succionaba la solución con los valores descargándola a tanques de depósito llamados asentadores, quedando el material estéril formando una torta, Las tortas se lavaban alternando una solución de

⁴³ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, Correspondencia General, vol. 48, exp. 32, f. 69, 71.

cianuro concentrada y agua que provenía de los depósitos de jales. Posteriormente se hacían filtraciones sucesivas a fin de recuperar solución con la mayor cantidad posible de valores.⁴⁴ Al final de estos ciclos, los lodos formaban los desechos o jales que en los primeros tiempos se vertían al río y que como se verá en el capítulo siguiente, se requirió de un esfuerzo técnico para disponerlos con relativa seguridad en extensos terrenos afuera de las poblaciones.

Terminados los lavados, las soluciones recogidas se pasaban al departamento de precipitación, donde se tenían medidas de acceso restringido y otros controles para evitar la sustracción de valores. La reacción mediante la cual el zinc provoca la sustitución de la plata del compuesto cianurado y su precipitación como plata metálica al fondo de las cajas, se esquematiza a continuación:



En los inicios del proceso se utilizó viruta de zinc, la cual debía estar recién cortada. En seguida se incluye el procedimiento empleado en El Oro para obtener la viruta que seguramente no difería de lo que se hacía en Pachuca.

La viruta de zinc se hace, enrollando las láminas de 6' a 7' pies [1.83 a 2.14 m] de largo y de 3' a 4 1/2' [0.92 a 1.37 m] de ancho, en un cilindro de madera de cerca de 35 centímetros de diámetro y un poco más largo que el ancho de las hojas; haciéndose el recorte en un torno cuyo buril avanza con una velocidad de 15 mm por minuto, dando al torno 200 revoluciones por minuto. Un hombre y un muchacho hacen de 1,000 a 1,500 libras [454 a 681 kg] de viruta en 9 horas.⁴⁶

La solución con los valores se vaciaba a cajas metálicas divididas en compartimientos y se utilizaba una bomba para darle movimiento. Las virutas se

⁴⁴ ZAPATA RUIZ, Juan, *Estudio del mineral del Xotol para su tratamiento por cianuración*, Tesis de Químico Metalurgista y Ensayador, Escuela Nacional de Ciencias Químicas, UNAM, México, 1932, pp. 26-27.

⁴⁵ HENGLEIN, F.A. *Tecnología Química*, Tomo 2, URMO, S.A. de Ediciones, Bilbao, 2ª edición en español, p. 267.

⁴⁶ GROTHE, Albert, SALAZAR SALINAS, *op. cit.* p. 205.

acomodaban cuidadosamente, se debían mover y acomodar periódicamente y eventualmente se desvanecían. Los valores precipitados, eran recogidos en el fondo de las cajas. Esta operación duraba varios días, al final el precipitado (denominado concentrado) de valores se lavaba y filtraba para retirar humedad.⁴⁷

El concentrado de los valores y otras impurezas se sometía a fundición en hornos de reberbero alimentados en esa época con chapopote. La hacienda de Loreto contaba con dos de estos hornos, que funcionaban de manera alternativa, uno en operación y el otro en reparación y preparación. Como fundentes se utilizaban bórax, pedacería de vidrio y otros compuestos. En el proceso se retiraba la escoria que se molía para recuperar valores que podía llevar. El producto conocido como metal Doré se vaciaba en moldes, que le proporcionaban la forma adecuada para el proceso de refinación electrolítica introducido en 1922 y que se describe en el capítulo seis.⁴⁸

5.2 El método continuo y el tanque Pachuca.

5.2.1 El tanque Pachuca y otros tanques de proceso

El proceso de cianuración que inicialmente adoptó la compañía de Real del Monte y Pachuca fue el definido en Guanajuato en el arranque de la cianuración de minerales de plata, y que implicaba agitar y decantar la solución rica en tanques únicos de proceso. En Pachuca, la Compañía Beneficiadora de Metales, subsidiaria de la Negociación de Maravillas había habilitado la hacienda de San Francisco II para amalgamar minerales con poco éxito y por ello había cerrado tal hacienda. En 1904 se tomó la decisión de convertir las ociosas instalaciones al novedoso sistema de cianuración:

⁴⁷ *Ibidem*, p. 204.

⁴⁸ ZAPATA RUIZ, Juan, *op. cit.*, p. 28

*el administrador era el Ing. Alberto Grothe, quien introdujo el sistema de agitación neumática desconocido entonces en la República y que ha llegado a adquirir tan general aceptación que lo usan todas las haciendas de Pachuca.*⁴⁹

El tanque alto de agitación, desarrollado por los metalurgistas Brown y McMiken en Komata Reefs, Nueva Zelanda, permitía aportar oxígeno a la reacción de Elsner. La primera aplicación de esa variante, fuera del ámbito de Oceanía fue en Pachuca.⁵⁰ El equipo, que consistía en un cilindro vertical muy alto en relación a su diámetro, fue revisado y mejorado en Pachuca por el referido Alberto Grothe quien estableció una firma de consultoría cuya publicidad se muestra en la figura 5.1 b. Ocurrió que en el ambiente de la práctica metalúrgica, los equipos se conocieron como “tanques Pachuca”. Los acontecimientos de la aceptación de esa innovación tecnológica, por las empresas de la localidad mencionada, se pueden clasificar como ejemplos de actitudes arrivadoras o atraptadoras tardías de tecnología (*late comers*) de acuerdo a lo establecido por Ian Inkster y que fue expuesto en el marco teórico de la introducción. Es interesante considerar que las empresas locales, excepto la Compañía de Real del Monte y Pachuca, desde un principio realizaron la cianuración utilizando el sistema del tanque alto.

El tamaño del tanque definido por Grothe tenía un diámetro de 4.57 m (30 pies) y una altura de 13.72 m a 18 m (45 pies a 60 pies). En el vértice del fondo cónico se introducía aire comprimido a una presión de 1.5 kg/cm² a 2.5 kg/cm² (22 a 35 libras por pulgada cuadrada). Un tubo, con diámetro de 45 cm a 76 cm (18 a 30 pulgadas) se localizaba en el centro, abierto y sumergido en la solución del tanque, favorecía la circulación de la pulpa.⁵¹ La operación de los tanques Pachuca implicaba disponer de una significativa capacidad de producción de aire comprimido. La figura 5.12 muestra estos equipos en la Hacienda de Loreto.

⁴⁹ GROTHE, Albert, SALAZAR SALINAS, Leopoldo, *op. cit.* pp. 104, 105.

⁵⁰ RICE, Claude T. *op. cit.*, pp. 88.

⁵¹ CLENNELL, J.E. *op. cit.*, pp. 228, 229.

En relación a los demás tanques requeridos en el proceso de cianuración, sus características generales se describen a continuación:

1. Tanque espesador o asentador. Su función es la de aumentar el contenido de sólidos en la solución, el exceso de agua o de solución que ya tiene valores se retira por una canaleta localizada en el perímetro superior del tanque. La solución con sólidos se extrae del fondo y se transfiere a la siguiente etapa. Las paletas se mueven muy lentamente, hasta una vuelta por minuto, para llevar el material disperso en el fondo al centro del tanque donde se retira.
2. Tanque agitador o de tratamiento. Este equipo tiene una mayor velocidad del agitador y puede recibir aire comprimido para ayudar al proceso.
3. Tanques de decantación. En las fases finales del proceso, la velocidad de las paletas puede ser menor y no introducirse aire.⁵²

Debe considerarse que la operación de los tanques era en grupos relacionados entre sí, en algunas etapas el flujo era a contracorriente con objeto de permitir la acción del cianuro de la mejor manera.

Aparte de los tanques anteriores debía contarse con tanques o depósitos para la disolución del cianuro: para las soluciones del reactivo en concentraciones fuerte y débil, para la solución con valores obtenida a través de los filtros Butters, para la lechada de cal y para el agua. La gran mayoría de ellos se fabricaban de lámina de acero aunque hubo algunos hechos de concreto o mampostería.

5.2.2 Mejoras en el procedimiento de beneficio

Durante la década de 1920 las operaciones de la empresa aumentaron de manera notable, en las figuras 5.13 y 5.14 se muestran los diagramas simplificados de las

⁵² ZAPATA RUIZ, Juan, *op. cit.*, pp. 25-26.

haciendas de Guerrero y Loreto cuyas capacidades máximas diarias en 1924 eran respectivamente de 1,000 y 2,400 toneladas.⁵³ Se observa que los clasificadores Callow se han sustituido por los tambores giratorios. Para ese momento se había suspendido la adición de acetato de plomo a los tanques de cianuración pues se estableció que no ayudaba al proceso.⁵⁴ La clasificación de partículas durante la molienda dejó de realizarse en los conos y las mesas oscilatorias y se adoptaron los equipos Dorr, con lo que se pudo beneficiar el mineral bajo la idea de “todo fino”. Un equipo de éste tipo se muestra en la figura 5.15. Los molinos se instalaban en circuito cerrado con los mencionados clasificadores, la mejor determinación del tamaño de las partículas durante el proceso permitió aumentar el control del mismo, consiguiendo con ello una mayor recuperación de valores.

Una importante mejora en la precipitación del oro y la plata, la sustitución de viruta de zinc por polvo de este metal, la cual fue ensayada en Canadá desde 1894. Aunque requirió tiempo encontrar la manera de aplicar el polvo, finalmente se estableció que éste, podía simplemente descargarse al paso de la solución recurriendo a una tubería. Un sistema para filtrar el precipitado fue desarrollado en 1904 por C. W. Merrill en los Estados Unidos. En Pachuca, el empleo de polvo en vez de viruta de zinc y los filtros del precipitado referidos, se aplicaron por vez primera en la hacienda de la Compañía La Blanca y Anexas a partir en 1911.⁵⁵ Las demás empresas adoptaron esta modificación al poco tiempo. Otra mejora conseguida y aplicada en 1918, fue el retiro del oxígeno de la solución, para conseguir una mejor precipitación de los valores. Este conjunto de operaciones referidas fueron denominados proceso Merrill-Crowe y hasta hoy en día es el

⁵³ GARCÍA, Ing. José Aurelio, *op. cit.*, 1924, p. 245.

⁵⁴ GARCÍA, Ing. José Aurelio, “La Hacienda de beneficio de Guerrero, Omitlán, Hgo. Informe de su inspección”, en: *Boletín Minero*, Secretaría de Industria Comercio y Trabajo, noviembre de 1922, p. 657.

AHCRdMyP, Archivo Especial de la Dirección, Reportes Semanales, noviembre 22 de 1918, vol. 133, exp. 15, f. 106. En el documento se refieren las dificultades para recibir e instalar los equipos del nuevo proceso de precipitación.

⁵⁵ GROETHE, Albert, SALAZAR SALINAS, Leopoldo et al. *op. cit.*, p. 64.

sistema utilizado para precipitar oro y plata.⁵⁶ La figura 5.16 muestra un esquema del filtrado y del sistema de precipitación referido. La extracción del oxígeno se efectúa en un recipiente cerrado al vacío para retirar los gases disueltos en el agua. Los valores se concentran usando un sistema de filtros Merrill como se muestra en la figura 5.17. En 1921 la empresa pagaba regalías de un centavo de dólar por cada tonelada de concentrado.⁵⁷

El polvo de zinc requerido para el proceso debía estar muy finamente molido y era proporcionado por la empresa Merrill Crowe licenciataria del proceso bajo el nombre comercial de “merrillita”. La Compañía de Real del Monte y Pachuca intentó abastecerse del insumo por medio de un proveedor nacional adquiriendo 230.7 toneladas entre 1944 y 1947. Sin embargo, se observó que la eficiencia del producto era baja por lo que su costo resultó superior al del proveedor original. No se sabe cuando se suspendieron las entregas de esa compañía.⁵⁸

5.3 Las haciendas de la empresa.

En el capítulo anterior se comentaron las modificaciones introducidas en el beneficio durante los últimos años de la compañía mexicana, los cuales apuntaban a la centralización de todo el beneficio en la hacienda de Loreto. Los norteamericanos sólo operaron por unos meses con amalgamación a fin de ir liberando los espacios para establecer el nuevo proceso de cianuración.

⁵⁶ YANNOPOULOS, J.C., *THE Extractive Metallurgy of Gold*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1991, pp. 186, 189. GALINDO y R., José J. *El Distrito Minero Pachuca-Real del Monte*, Compañía de Real del Monte y Pachuca, Pachuca, 1957, p. 35.

⁵⁷ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Operaciones Molinos, vol. 133, exp. 15, ff. 11-18.

⁵⁸ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Operaciones Molinos, correspondencia de A. Probert. vol. 67 exp. 23, ff. 64, 65, septiembre 30 de 1947. CLENELL, J.E., *op. cit.* pp. 11-18.

Un aspecto debatido y criticado, fue la decisión del 15 de mayo de 1907 de establecer otra hacienda de beneficio, la de Guerrero, en las proximidades a Real del Monte.⁵⁹ Dos justificantes pueden asumirse para tal decisión. Por un lado, las características de los minerales de Real del Monte, con mejores leyes de plata pero más difíciles de beneficiar y por el otro, la política de los norteamericanos de disminuir a lo mínimo el costo del transporte de mineral. Había menos distancia que recorrer desde Real del Monte a Guerrero que a Loreto en Pachuca. Cabe señalar que cuando entró en auge la mina de Purísima en Real del Monte, la empresa planteó construir en el bosque vecino el *Hiloche Mill*, lo cual fue rechazado por la población debido a que se hubiera perdido un lugar de paseos y esparcimiento.⁶⁰ El regreso a la idea de la centralización en el beneficio se recuperó a finales de la década de 1920.

5.3.1 De la amalgamación a la cianuración en Loreto

La tarea de adoptar el proceso de cianuración fue complicada. Una primera medida fue suspender la actividad principal. El despido de trabajadores ocasionó un conflicto, que sólo se aligeró por el empleo de muchos de ellos en las tareas de construcción y montaje de los equipos. La figura 5.18 muestra el montaje de molinos cilíndricos, algunos comentarios del momento, se exponen a continuación:

*El problema de trabajar sobre un antiguo molino para convertirlo a otro nuevo, que implica nuevas características, utilizando tanto como sea posible del material existente, manteniendo donde fuera posible la antigua localización de la maquinaria, involucró todo ello, considerable estudio.*⁶¹

⁵⁹ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, Reportes de Molinos, vol. 137 exp. 54, p. 17.

⁶⁰ "Una breve descripción del Molino del Hiloche para acompañar el diagrama de flujo de proceso preeliminar", AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo Especial de la Dirección, venta de metales, vol. 89 exp. 71, ff. 56-63, Febrero 13 de 1918. JIMÉNEZ OSORIO, Luis, *Apuntes para una Monografía de Real del Monte*, edición del autor, Pachuca, 1983, p. 16.

⁶¹ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, Reportes de Molinos, 1906, vol. 137 exp. 54, p. 16.

La figura 5.19 muestra el montaje de tanques de agitación en los sitios donde se llevaba antes a efecto el proceso de amalgamación. En los documentos consultados se comenta que en los trabajos de acondicionamiento de los nuevos equipos, se hallaron gran cantidad de filtraciones de mercurio en diversos sitios de la hacienda, a partir de los cuales se recuperaron más de tres toneladas del líquido metal.⁶² Es interesante notar el apoyo del gobierno:

Al retirar el piso del patio, parte de cemento y de lozas de piedra, se encontró que el subsuelo consistía de un material muy suelto (filling) y era necesario aplanarlo. Estamos agradecidos con el Gobernador del Estado de Hidalgo, Don Pedro L. Rodríguez por la cortesía del préstamo de una aplanadora de vapor de 17 toneladas que ha sido de gran beneficio para nosotros. Al aplanarse, el nivel del patio, descendió en algunos lugares hasta 12 o 14 pulgadas [30 a 36 centímetros].⁶³

Las ampliaciones a la hacienda implicaron mayor requerimiento de energía eléctrica, necesidad que se satisfizo en 1910 con la conexión a la hidroeléctrica de Necaxa. La hacienda de Loreto contó con la subestación de transformación eléctrica más grande de la empresa y sería sede del principal taller de mantenimiento eléctrico, como ya se comentó en el capítulo 2. La figura 5.20 muestra una fotografía de la hacienda en la década de 1920 en la que se aprecian diversos departamentos establecidos sobre la ladera, hacia la mina vecina de San Juan Pachuca. La figura 5.21 presenta un plano de las dependencias de la referida hacienda.

5.3.2 La hacienda de Guerrero en Real del Monte

Se decidió construir una nueva hacienda de beneficio por cianuración para dedicarla al procesamiento de los minerales de Real del Monte. Los trabajos se iniciaron el 7 de junio de 1906. El sitio elegido era un paraje rodeado de bosques

⁶² *Ibidem*, p. 28.

⁶³ *Ibidem*, p. 30.

en la cañada que sale de Real del Monte hacia la población de Omitlán. Las razones de tal ubicación en su momento fueron las de: 1) Cercanía a las minas de Real del Monte, 2) Pendiente adecuada desde las minas al molino para el sistema de transporte por cable aéreo, 3) Sitio con facilidades para localizar en niveles las diversas dependencias de la hacienda.⁶⁴ Sin embargo al inicio de los trabajos se presentaron contratiempos por las lluvias, fue necesario realizar arduos trabajos como los que se relacionan abajo:

A fin de permitir la descarga de los carros en la entada del patio del molino, fue necesario un corte en la ladera del sitio. El trabajo en ese lugar ha permitido suministrar piedra para la plataforma de los tanques de agitación. De ese modo, considerando el importe del material extraído, gran parte del costo de la excavación ha sido cubierto de esa manera. En ese punto se situará la administración, los rayadores y la oficina de ensaye. El corte consiste en 2,559 metros cúbicos.⁶⁵

Para asegurar el suministro de agua se procedió a ampliar la presa del Rey elevando su cortina a fin de aumentar su capacidad de 47 mil a 273 mil metros cúbicos.⁶⁶ Vale la pena mencionar que en la construcción de Guerrero se aprovecharon materiales de las haciendas que habían sido puestas fuera de operación desde la administración mexicana.

Se ha aprovechado una casa existente en el sitio. Tejados, puertas, ventanas, etc. fueron obtenidas de las antiguas haciendas de Regla, San Miguel, Sánchez y Velasco.

En el desmantelamiento de las haciendas vecinas se aprovechó lo siguiente:

Sánchez, [Su desmantelamiento] importo \$ 392.18 y todos los materiales de construcción útiles, por ejemplo techos, ventanas, puertas, maderos, vigas, ladrillos, lozas de piso etc. fueron enviadas a Guerrero

⁶⁴ *Ibidem*, p. 23.

⁶⁵ *Ibidem*, p. 38.

⁶⁶ *Ibidem*, p. 41.

Velasco: de septiembre 13 a octubre 11: \$ 1,395.24 material similar a Sánchez, sobresalen 106,525 ladrillos enviados a Guerrero y Loreto, el costo de derrumbe y limpieza fue de \$ 3.72 millar.⁶⁷

Las líneas anteriores explican el deterioro de haciendas que ya estaban fuera de operación en aquel momento y que ahora son retos de recuperación dentro del ámbito del patrimonio industrial.

En la figura 5.22 se muestran escenas de la construcción de la hacienda de Guerrero que fueron publicadas en la revista *El Mundo Ilustrado*. La hacienda se inauguró de manera solemne el 25 de mayo de 1908. En ese momento el ánimo entre la población de la región era de escepticismo, ya que mucha mano de obra se había perdido con el cierre de las antiguas haciendas de amalgamación. Una nota periodística alusiva al inicio de las operaciones refiere lo siguiente:

Sin embargo, esta nueva instalación prevemos, y así opina la generalidad, no mejorará en nada el estado de los asuntos mineros de la localidad, por la economía del sistema, ahorrándose la ocupación de operarios.

En las minas tampoco habrá aumento de trabajos habiendo acumulado grandes cantidades de mineral a la vista en los terreros.

A las malas perspectivas se agrega la práctica de rebajar jornales. La semana pasada renunciaron varios jóvenes oficinistas de Las Cajas por una injusticia.⁶⁸

En *El Mundo Ilustrado* se anotan a manera de defensa algunas observaciones que la empresa señala en ese momento:

La compañía actual paga a los barreteros un jornal de cuatro a seis pesos diarios; anteriormente se les pagaba uno o dos pesos por día. Los peones, es decir los muchachos de catorce o dieciséis años, recibían cincuenta centavos diarios de jornal; actualmente se les pagan ochenta y ocho o cien centavos al día. ¿Esto es dañar?

⁶⁷ *Ibidem*, p. 42

⁶⁸ “Estreno Hacienda de Guerrero”, en: *El Heraldo*, Pachuca, abril 26 de 1908.

*La moralización que realizará la Compañía puede aquilatarse con este hecho: se ha prohibido la introducción del nefando pulque a las minas y dependencias durante horas de trabajo [...]*⁶⁹

La inquietud antes mencionada se disipó a partir de la puesta en operación de la misma. En 1922 trabajaban en Guerrero un promedio de 420 operarios y doce empleados, dos de ellos extranjeros. Para Loreto en el mismo año se señalan 800 operarios.⁷⁰ Debe considerarse que la segunda hacienda trataba mayor cantidad de mineral y tenía mayor número de procesos.

Como sistema de transporte del mineral, se usaba el cable aéreo en un trayecto de 2.4 km entre la mina de San Ignacio en Real del Monte y la hacienda de Guerrero.⁷¹ Los productos de la mina de Cabrera se transportaban hasta la referida hacienda por medio del ferrocarril minero con locomotora a gasolina. Los detalles de los sistemas de transporte de minerales se discutieron en el capítulo 2.

Se hace la observación de que en la hacienda de Guerrero no se disponía de hornos de fundición. Los concentrados se enviaban a Pachuca donde se procedía a tal operación.

5.3.3 La centralización del beneficio

En marzo de 1929 se decidió centralizar el beneficio en Loreto transportando el mineral de Real del Monte por ferrocarril subterráneo. La comunicación también sirvió para conducir parte del bombeo del agua de Real del Monte a la hacienda

⁶⁹ “La Industria Minera en México. Una Gran Empresa. Nueva Hacienda de Beneficio” en: *El Mundo Ilustrado*, junio 28 de 1908.

⁷⁰ Llama la atención la poca información que sobre la cantidad de personal se encontró en la documentación revisada, En el archivo no se tiene disponible la información sobre el Departamento de Personal que permitiera conocer estos aspectos. Los datos de personal proceden de los reportes del inspector gubernamental que se refiere a continuación y que también se ocupó su información en la figura 1.10: GARCÍA, Ing. J. Aurelio, *op. cit.* 1922, p. 657, *op. cit.*, 1924, p. 188.

⁷¹ “La industria Minera en México. Una gran empresa. Nueva Hacienda de Beneficio”, en: *El Mundo Ilustrado*, junio 28 de 1908.

de Loreto. El ahorro de personal y la mayor escala de operaciones en Loreto se tradujeron en una reducción del costo por tonelada de mineral procesado.⁷² Vale la pena considerar que la centralización había sido la política que la compañía mexicana había emprendido al inicio del siglo XX, la cual se comentó en el capítulo anterior.

La ampliación de la capacidad de la planta de Loreto implicó varias mejoras en su proceso. En la figura 5.23 se presenta el diagrama del proceso después de la centralización. En el nuevo proceso se cancelaron las baterías de mazos que pese a su ineficiencia habían sido conservadas. Se prestó especial atención al transporte por bandas de hule, que se aprecia en la figura 5.24. Los clasificadores por movimiento o sarandas se muestran en la figura 5.25, esos equipos permitían la clasificación de partículas en seco en el departamento de quebradoras. El departamento correspondiente disponía de un quebrador primario de gran tamaño y dos quebradoras secundarias de un tipo ya antes utilizado. Esto permitió atender la mayor demanda de capacidad. Un esquema de estas quebradoras se puede ver en la figura 5.26. El mineral quebrado pasaba a las tolvas de molinos que debido a su gran capacidad de 12,500 toneladas permitían mantener una reserva de material por si ocurría algún problema en las minas. En los molinos se realizaron mejoras a su operación, cuatro equipos que utilizaban barras de acero se destinaron a trabajar con bola de acero sometida a un templado, con lo que se conseguía una mayor duración.⁷³

El departamento de muestreo se encargaba de tomar muestras de cada recepción de mineral proveniente de las minas. La balanza Merrick que se muestra en la figura 5.27 permitía determinar el tonelaje que pasaba por la banda transportadora. En 1933 el muestreo era automático, tomándose cuatro kilos por

⁷² AHCRdMyP, Libro de Actas de la Junta Directiva, tomo correspondiente a 1928-1933, f. 24, marzo 25 de 1929. Detalles del proyecto de centralización se anotan en los apartados 1.2.3, 2.2.1, 2.3.3.

⁷³ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Operación de molinos, "Developments in milling", noviembre 17 de 1932, vol. 67, exp. 19, f. 5. Plano T-3-403 en vol. 67, exp. 18.

cada tonelada procedente de las quebradoras secundarias. Una parte se guardaba durante un tiempo como testigo y el resto se enviaba al laboratorio, a fin de determinar por análisis las características de la muestra.⁷⁴ De manera inmediata eso servía para definir los parámetros de reactivos a emplear y otros aspectos relativos al beneficio.

Otra mejora que se incorporó fue el manejo de la cal requerida para el proceso, en vez de añadirse los trozos al mineral, se dispuso de un molino de bolas para reducir el tamaño, añadiéndose ahí mismo el agua. Se señala que eso contribuyó a una mejor apariencia en la planta ya que se eliminó una gran cantidad de polvo de cal que se esparcía por todas las dependencias.⁷⁵ En la figura 5.28 se muestran las operaciones a que se sometía este material.

Paralelamente a la ampliación de las operaciones se incorporó en Loreto el circuito de recuperación o regeneración de cianuro, el sistema había sido desarrollado por la empresa metalúrgica Merrill-Crowe, mencionada anteriormente para el proceso de deaeradores y la precipitación con polvo de zinc. Antes de esa fecha, el reactivo gastado se desechaba con los jales o se tiraba al río. Esa práctica era motivo de continuas reclamaciones de campesinos que se asentaban en las orillas del cauce. La intención era la de recuperar el reactivo gastado y volver a utilizarlo. El sistema que en forma simplificada se ilustra en la figura 5.29, se basaba en la quema de azufre y la adición de lechada de cal. Éste ya había sido aplicado en Pachuca por la Compañía de Santa Gertrudis en 1927. Sin embargo debe señalarse que la Real del Monte puso en marcha su propia variante del sistema en los jales de Velasco, próximos a la hacienda de Guerrero. Después de llegar a acuerdos con la empresa Merrill Crowe, en 1929 se aplicó este procedimiento como parte de la centralización del beneficio y la subsecuente

⁷⁴ ZAPATA RUIZ, Juan, *op. cit.* p. 24.

⁷⁵ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, "Operación de molinos," "Developments in milling", noviembre 17 de 1932, vol. 67, exp. 19, ff. 1 y 2.

ampliación de la hacienda de Loreto.⁷⁶ No obstante el sistema tenía el inconveniente de la quema del azufre, por ser altamente contaminante y precursor de la llamada lluvia ácida. En 1984 dejó de operar el sistema referido, siendo sustituido por un sistema de resinas contenidas en recipientes cerrados que redujeron el impacto ambiental del proceso.⁷⁷

5.4.- Refinación de la plata y el oro

5.4.1 Apartado con ácido

Los procesos finales necesarios para poder comercializar la plata, consistían en eliminar las últimas impurezas y sobre todo separar o apartar el contenido de oro acompañante. Estas operaciones no siempre se llevaron a cabo en Pachuca, ya que en la ciudad de México se tenía la oficina de apartado, la cual desde la época colonial realizaba el proceso de separación del oro y dejaba la plata con la pureza requerida.⁷⁸ En 1880 la Compañía Real del Monte y Pachuca instaló en la hacienda de Loreto su propia oficina de apartado, que contaba con una fábrica de ácido sulfúrico, reactivo principal para realizar el proceso.⁷⁹ Cuando los

⁷⁶ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, Correspondencia de M. Kuryla, octubre 27 de 1927, vol. 26, exp. 19, f. 82. GALINDO y R., José J. *op cit.*, p. 35

⁷⁷ “Recuperación del cianuro”, en: *Fusión*, Grupo Acerero del Norte, Monclova, num. 19, julio 1996.

⁷⁸ El italiano Gemeli Careri presenció el apartado en el año de 1697:

[...] *fundida la plata, se convierte en bolitas pequeñas, las cuales se ponen en vasijas llenas de agua fuerte [solución de ácido nítrico], a fin de que se disuelvan. El oro queda en el fondo de las vasijas como un lodo negro, y el agua [que es la solución de ácido nítrico] que contiene la plata se pone en dos vasijas de vidrio con las bocas unidas, que los españoles llaman cornamusas. Dándoles fuego, queda la plata en una de las dos vasijas y en la otra vacía queda el agua. El oro se funde en una hornaza, y con él se hacen panes redondos, y luego de nuevo barras, así como se hace con la plata separada.*

GEMELLI CARERI, Giovanni Francesco, *Viaje a la Nueva España*, estudio preliminar, traducción y notas de Francisca Perujo, Colección Nueva Biblioteca Mexicana núm. 29, Instituto de Investigaciones Bibliográficas, UNAM, México, 1976, pp. 102, 103.

⁷⁹ La nota de referencia indica que los planos de la nueva dependencia fueron hechas por D. Manuel Contreras y la construcción por D. Ramón Almaraz, este último personaje había sido director de la Comisión Científica de Pachuca y trabajaba para la empresa en esa época. “Apartado en Loreto”, en: *El Minero Mexicano*, julio 22 de 1880.

norteamericanos adquirieron la empresa en 1906 aún operaba esa dependencia. Una breve descripción de la refinería y de las actividades se anota a continuación:

El edificio está dentro de Loreto y consiste en 1) Fábrica de ácido sulfúrico, 2) Cuarto de apartado, 3) Cuarto de balanzas, 4) Almacén y 5) Bóveda [...]

Se suspendió la fabricación de ácido sulfúrico a fines de 1904, en Pachuca costaba \$ 0.198 el kilogramo y comprarlo a la Casa de Moneda \$ 0.138. El alambique de platino se vendió en Londres obteniéndose una ganancia de \$ 14,620.42 en relación al costo que se pagó en 1894 [...]

El método consiste en hervir las barras de metal Doré en ácido sulfúrico 66° Be y la plata se precipita por medio de lingotes de cobre. Un lingote de plata tiene una pureza de 99.7 a 99.9 % [...]

La capacidad es de procesar 360 kg. de metal Doré por día [...]

El costo del apartado es de \$ 0.7687 el kilogramo de plata.⁸⁰

El procedimiento, señalado en la figura 5.30 se basa en la solubilidad de la plata en el ácido sulfúrico caliente. El oro queda como un lodo que se retira y se lava cuidadosamente para someterlo a fundición. Para recuperar la plata se aprovecha la afinidad de la plata con el cobre, de tal manera que sobre el cobre se deposita la plata metálica. Los lingotes de cobre cubiertos de cristales de plata se retiran del tanque donde se efectuó la deposición, se procede a raspar la plata, a lavarla para retirar rastros de ácido y luego se somete a fundición.⁸¹

En la documentación consultada no se indica el tiempo que permaneció en operación el antiguo departamento de apartado. Sin embargo para los años de la Revolución Mexicana el metal Doré se exportaba.⁸²

⁸⁰ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, Reportes de Molinos, 1906, vol. 137 exp. 54, p. 8, 9.

⁸¹ En la recuperación de la plata ocurren diversos eventos electroquímicos. Al disolverse la plata, esta queda en forma de iones, o sea partículas que tienen una cierta carga eléctrica y que al quedar en solución disponen de capacidad de moverse. Los metales tienen la característica de tener un cierto índice de electronegatividad, lo cual significa que poseen una capacidad diferenciada para atraer a iones de otros metales. De esa manera la plata que está en solución en forma de iones, se deposita lentamente sobre los lingotes de cobre metálico.

⁸² WEED, Walter Harvey, *The Mines Handbook*, 1920, publicada por W.H. Weed, New York, vol. XIV, p. 1689.

5.4.2 Refinación electrolítica

El descubrimiento y aprovechamiento de la veta Purísima y la superación de los difíciles años de la lucha armada, favorecieron el aumento de operaciones, por lo que se planteó el disponer de un procedimiento de refinación adecuado con las posibilidades tecnológicas del momento. El nuevo procedimiento sustituyó el sistema de apartado con ácido y en su lugar se usan celdas electrolíticas de refinación.⁸³ La planta se construyó en la hacienda de Loreto, en una parte de los antiguos patios y cerca de la fundición de metal Doré. Dado su carácter de área de alta seguridad y para restringir el acceso, se colocó una cerca que rodeaba la nave. La construcción de la misma fue utilitaria, con tabique y armaduras de acero para sostener el tejado metálico, en cuyo interior estaban las áreas de equipo eléctrico; las salas de electrólisis de plata y de oro; los hornos de fundición; las bóvedas de seguridad y áreas auxiliares para el personal, que era controlado cuidadosamente para evitar sustracciones de valores. En la figura 5.31 se muestra una fotografía del exterior de este departamento, se estima que el costo de las instalaciones fue de medio millón de dólares e inició operaciones el 1 de Septiembre de 1922.⁸⁴

La figura 5.32 se muestra el diagrama del proceso de la refinería que tiene por objeto, la obtención de plata y oro finos. Se requieren sistemas específicos para cada metal. En agosto de 1930 disponía de 200 celdas Balbach-Thum para la plata y 6 celdas Wohlwill para el oro.⁸⁵

⁸³ En el proceso electrolítico la formación y el movimiento de los iones metálicos, que fue comentado en la nota al pie número 3, se propicia y dirige por medio de una circulación de corriente eléctrica dentro de una celda en la que se tiene la solución del electrólito y los bornes o polos donde se conecta la corriente eléctrica son llamados ánodos o cátodos.

⁸⁴ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, Correspondencia M.H. Kuryla, vol. 65, exp. 13, f. 102.

⁸⁵ AHCRdMyP, Operación Loreto, plano T3-403, agosto de 1930 en vol. 67 exp. 18.

La celda Balbach-Thum, cuyo detalle se muestra en la figura 5.33 consta de dos partes principales, un depósito rectangular de poco fondo fabricado en el período de estudio de material cerámico y provisto de una caja de madera con fondo textil que se suspendía en el depósito principal y que es donde se colocan las barras de metal Doré. La celda contiene una solución de nitrato de plata con una pequeña cantidad de ácido nítrico. Las placas de metal Doré constituyen el ánodo y son conectadas a la polaridad positiva, el fondo de la celda tiene unas placas de grafito que se conectan al polo negativo. Con el paso de la corriente eléctrica a una tensión de 1 a 1.5 Volts, se propicia que la plata del metal Doré se vaya disolviendo para ir a depositarse en forma de cristales de plata pura sobre el fondo de grafito. Periódicamente se retiran cuidadosamente los cristales que son lavados, secados y fundidos en horno. El metal líquido se vaciaba a moldes metálicos que imponen a las barras la identificación "RDM", característico de la empresa. Las barras recién fundidas, enfriadas al aire se someten, cubiertas con franela, a un ligero martillado para compactar el material que es sumamente dúctil y evitar así el desprendimiento de fragmentos en las posteriores manipulaciones. Finalmente se pasan las barras a las balanzas para determinar su peso exacto y se marcan de manera oficial. Los lingotes de plata con un peso aproximado de 30 kg tienen una pureza mínima de 99.9 %, lo cual se designa como plata fina.⁸⁶ La figura 5.34 muestra una fotografía con barras producidas por la actual empresa privada.

La celda Wohlwill cuyo detalle se muestra en la figura 5.35 consiste en un recipiente de porcelana con dimensiones aproximadas de 21 x 28 cm de base y 38 cm de altura, el electrólito tiene agua, tricloruro de oro y una cierta cantidad de ácido clorhídrico. El ánodo esta formado por una plaquita de oro impuro y el cátodo es de oro puro. Se conecta a una tensión eléctrica de 1.3 a 1.5 Volts, para favorecer el movimiento del electrólito se introducía un ligero burbujeo de aire

⁸⁶ GALINDO y R. José J., *op. cit.*, p. 45, BRAY, John, L. *op. cit.*, pp. 434, 435.

comprimido bajo la placa del cátodo. También se calentaba la celda a unos 60° C.⁸⁷

Las barras de plata y oro se guardaban en bóvedas de seguridad. El transporte se realizaba tomando todo género de precauciones en horas diversas y considerando el apoyo del resguardo armado de la empresa.

Aparte de procesar el metal propio, la capacidad de la refinería permitía recibir barras de Doré de empresas de la región y de diversas compañías del país. Una relación de empresas de las que se ha encontrado correspondencia se enlista a continuación.

Empresas locales:

- Negociación Minera de San Rafael y Anexas. El metal provenía de su producción local y de su mina en Chihuahua, posteriormente también recibirá el metal de la cooperativa.
- Beneficiadora de Pachuca, la cual era la razón social de la planta de beneficio de la Compañía de Dos Carlos, antigua compañía de Santa Gertrudis, en algún momento también recibirá el metal de la cooperativa.

Empresas foráneas:

- Dos Estrellas de Tlalpujahuá (Michoacán), tanto cuando era empresa privada y después como cooperativa.
- San Luis Mining Co. (San Luis Potosí)
- Compañía Minera de Guadalupe (Guanajuato)
- El Cubo Mining and Milling Co. (Guanajuato)
- Guanajuato Consolidated Mining and Milling Co.
- Guanajuato Reduction and Mines Co.
- Sindicato Minero Sección 4 (Guanajuato)
- Cooperativa Minera Santa Fe (Guanajuato)
- Compañía Minera Concepción, Carmen y Anexas (Xochipila, Guerrero)
- Compañía Minera La Luz
- Compañía Minera del Amparo⁸⁸

⁸⁷ GALINDO y R. José J., *op. cit.*, p. 45, 46, BRAY, John, L. *op. cit.*, pp. 421, 422.

Se tiene información que la empresa recibía tanto barras de metal Doré como concentrados de valores. A continuación se anota un fragmento del formato del contrato para afinación de valores en donde se anotan los requisitos para recibir barras o concentrados:

Si se trata de Doré, deberá estar en forma de barras de no menos de 30 kilogramos ni mas de 40 kilogramos cada una, macizas, homogéneas, limpias, libres de matas o escorias y que no hayan sido enfriadas con líquidos. Cuando alguna barra no reúna estas condiciones, Real del Monte siempre tendrá derecho de secarla y limpiarla o, previa conformidad del inspector del cliente, refundirla, siendo a cargo del mismo cliente el costo de de la refundición y las mermas y demoras consiguientes; o bien Real del Monte podrá dejarla a disposición del cliente en la Refinería dándole aviso de ello.

Si se trata de precipitado, deberá estar envasado en tambores o sacos con peso bruto cada uno de no mas de 75 kg., limpio de basura, y no tener más del 20 % de humedad. Cuando el precipitado no llene estos requisitos, Real del Monte siempre tendrá derecho de secarlo y limpiarlo, siendo a cargo del mismo cliente el costo de esas operaciones y las mermas y demoras consiguientes.⁸⁹

Las tarifas sufrieron ajustes y eran definidas a partir de una tarifa base del servicio. El cálculo estaba en función de los contenidos de oro y plata, las penalizaciones se aplicaban por la presencia de cobre u otros materiales. A lo anterior se sumaba un cargo por el transporte desde la estación del ferrocarril a la refinería. Se realizaban análisis a los envíos de las empresas previos al acuerdo de contratos. También se ejecutaban cuidadosos análisis del material recibido, se tomaban tres muestras, uno para el remitente, el otro para la compañía y el tercero como testigo en caso de controversia. La empresa no adquiría el metal, solo realizaba el servicio. El manejo del metal se realizaba en los años cuarentas a

⁸⁸ AHCRdMyP, Contratos de afinación, vol. 91, exp. 4, 5, 12, 13.

⁸⁹ AHCRdMyP, Contratos de afinación, vol. 91, exp. 6, octubre 1 de 1940.

través del Banco de Crédito Minero (Banco Cremi) o de la Wells Fargo Co., instituciones que adquirirían el metal refinado.⁹⁰

Como el departamento de apartado y refinería realizaba trabajos a clientes externos, la refinería se manejó administrativamente como un departamento específico y diferenciado del resto de la hacienda, la razón de eso era el determinar con precisión el costo del trabajo de refinación. Un rubro importante era el consumo de energía eléctrica, que comparado con el resto de la hacienda era reducido pero que aún así constituía el equivalente a una mina pequeña.

La producción de plata y oro por parte de la Compañía de Real del Monte y Pachuca constituye el indicativo más importante de su operación. Sin embargo ha resultado difícil el disponer de la información ya que la empresa no la hacía pública y en la documentación consultada, no se han encontrado suficientes indicadores que permitan exponer una continuidad en la producción. Con objeto de tener una idea de la producción del distrito se elaboraron las figuras 5.36 y 5.37 a partir de los datos que aparecen en el apartado histórico hecho por Alan Probert.⁹¹ Este autor refirió observaciones muy importantes que se anotan a continuación:

[...] *Durante el período de 1920 a 1945 el distrito de Pachuca Real del Monte rebasó a todos los demás distritos argentíferos del mundo, habiendo producido un promedio de entre 800,000 y 900,000 plata kilogramos de*

⁹⁰ AHCRdMyP, Contratos de afinación, vol. 91, exp. 4.

⁹¹ PROBERT, Alan, *op. cit.*, 1963, p. 109. Sobre las fuentes de las cifras de producción se sugiere remitirse a la obra citada. En el caso de la producción del siglo XX, Probert indica que fue reunida por A.R. Geyne y C. Fries a partir de fuentes directas de la Compañía de Real del Monte y Pachuca, y una parte de la Compañía de Santa Gertrudis. Los datos de las Cooperativas se estimaron en función de la plata recibida en la refinería. Para otros casos las cifras fueron estimadas de acuerdo a la capacidad de las plantas de beneficio de quienes se carecía de información.

*plata por año, con una producción máxima de un millón de kilogramos anualmente en los primeros años de la década de los 30.*⁹²

Añade un comentario que ilustra la producción del siglo XX con la de otras épocas.

Es interesante señalar que a pesar del concepto generalmente tenido, de las fabulosas riquezas extraídas de las minas durante el período de dominio español, antes de 1810, la producción de los primeros siete años del siglo actual [XX] fue casi igual a la de cada uno de los siglos dieciséis, diecisiete y dieciocho. [...] La producción en conjunto de cualquiera de los cinco años consecutivos de la década de los 30 fue mayor que la producción anterior al año de 1800, y la producción de 1948 a 1960 bajo la dirección del gobierno mexicano, fue también mayor que toda la producción anterior a 1800. Es notable que la producción de plata durante los primeros 60 años del siglo en curso supera en cuatro veces a la total producida antes de 1900.⁹³

Los comentarios de Alan Probert permiten comprender la magnitud de las operaciones de la Compañía de Real del Monte y Pachuca durante el período de 1907 a 1947, el de mayor producción de la historia.

5.5.- La flotación como alternativa en el beneficio

5.5.1 Desarrollo de la flotación

Por lo que concierne a la flotación, este proceso se contempló como un paliativo a la situación de escasez en el suministro de cianuro debido a los problemas de la Revolución Mexicana y de la Primera Guerra Mundial. Debe considerarse que se trataba de llegar a concentrados que fueran aptos para la fundición directa, ya que los reactivos de la flotación actuaban como inhibidores del cianuro. Como el estado de la investigación en el tema era aún incipiente, se pensaba en experimentar alternativas que permitieran superar la carencia de cianuro. Es importante reflexionar sobre esto, ya que ante la falta del reactivo no se pensó en

⁹² *Ibidem*, p. 108.

⁹³ *Ibidem*, p. 110.

regresar a la amalgamación. Como habían pasado más de 10 años desde que se había liquidado el antiguo proceso, hubiera sido muy complicado rehabilitar patios y obtener mercurio en las cantidades requeridas, considerando que uno de los problemas era el abasto de materiales.

El proceso de flotación no es una operación química que se pueda comparar con la amalgamación o la cianuración, ya que no efectúa cambios en la composición de los minerales. Lo que realiza es la separación de los minerales de interés de la ganga y por tanto permite hacer una concentración de los valores. Lo ideal era lograr una concentración tal que pudiera ser beneficiada por el método de fundición, acercarse a eso dependía de la ley original que presentara el mineral y del costo de esa operación. Por lo anterior, para minerales de baja ley, no se justificaba someterlos a procesos de concentración exhaustivos y eran procesados de acuerdo a la época por amalgamación o por cianuración.

Los primeros antecedentes de las ideas que permitieron el desarrollo de la flotación pueden encontrarse con Herodoto, quien refiere la separación del polvo de oro de la arena que lo contenía, todo ello en agua y por medio de plumas cubiertas de grasa.⁹⁴ En esta operación se aprovechaba la característica de las pequeñas partículas de oro a adherirse preferentemente a la grasa que permanecía en el medio acuoso. Los grandes avances de este campo se dieron en la segunda mitad del siglo XIX y las primeras décadas del siglo XX, la primera patente fue otorgada en 1860 en Gran Bretaña, una forma simple de esta separación era el lanzar cuidadosamente el mineral molido y adicionado de grasa o aceite a un estanque. Al contacto con el agua, la ganga se hundía pero los valores flotaban en la superficie de donde se recuperaban continuamente. En 1885 se añadieron ácidos para ayudar al proceso. Después de eso, lo más importante fue la idea de ayudarse con burbujas de un gas, las cuales permitían

⁹⁴ HERODOTO, *Melpómene*, capítulo 195 citado por Theodore J. Hoover en la introducción al libro de: GAUDIN, A. M., *Flotation*, McGraw Hill, New York, 1932, p. xv.

elevant los valores del seno de la pulpa. En 1877 los hermanos Bassel de Dresden, Alemania, propusieron un método de flotación usando aceite en 1 a 10 % para separar grafito y usando vapor para producir las burbujas. En Australia (1902) se probó producir burbujas por medio de reacción de carbonatos con ácidos. El americano Everson propuso un método industrial utilizando espuma de aire comprimido para flotar. El empleo de gases para producir espuma permitió reducir de manera notable el requerimiento de aceite. El estudio cuidadoso de los reactivos utilizados en la flotación empezó a partir de 1909 en Estados Unidos, donde se estudiaron el uso de agentes espumantes solubles, y de ahí viene el uso de aceite de pino. La acción de algunos aceites no espumantes que tuvieran la propiedad de "colectar" los minerales deseables en la espuma fue investigada entre 1915 y 1922. Finalmente, en esa etapa se estudiaron los reguladores, que son agentes inorgánicos que incrementaban la flotabilidad de compuestos específicos y permitieron así la llamada flotación selectiva.⁹⁵

La flotación se basa en las características de algunos minerales que por un lado presentan un cierto grado de repelencia al agua y por el otro presentan afinidad por el aire o gases. Se dice entonces que tienen un comportamiento hidrofóbico o aerofílico. Esa propiedad se hace presente cuando el material se encuentra finamente molido y en un medio acuoso, de modo que las partículas se adhieren a las burbujas de aire que se introducen en el equipo de flotación. A fin de lograr una operación exitosa, se añaden reactivos específicos de las categorías siguientes: a) colectores que son absorbidos por la superficie de los minerales mejorando su comportamiento hidrofóbico o aerofílico, b) espumantes que ayudan a mantener la estabilidad en las burbujas y c) reguladores que controlan el proceso activando o deprimiendo la adherencia de las partículas a las burbujas de aire.⁹⁶

⁹⁵ GLEMBOTSKII, V.A., Prof., KLASSEN, V.I. Prof., PLASKIN, I.N., *Flotation*, Primary Sources, New York, traducción del ruso de R.E. Hammond, 1972, pp. 1-6, GAUDIN, A.M., *op. cit.*, pp. 1 a 6.

⁹⁶ WILLIS, B.A., *Tecnología de procesamiento de minerales. Tratamiento de menas y recuperación de minerales*, Editorial Limusa, México, 1987, pp. 346-348.

5.5.2 Aplicación de la flotación durante el período de estudio

Se tienen referencias de un intento de introducir la flotación en Parral en 1908 pero fue durante los años de la Revolución Mexicana, ante la escasez de cianuro por la Primera Guerra Mundial, que las principales empresas mineras del país consideraron la flotación como una posibilidad para superar los problemas del momento.⁹⁷ El reporte elaborado por el inspector Ing. Simeón Ramírez, al visitar la región permite conocer las experiencias que se llevaban a cabo. Se informa que la Compañía de Santa Gertrudis había instalado tres máquinas de flotación de diferentes fabricantes: *Callow, Minerals Separation* y *K & K*. De acuerdo a los resultados iniciales, esa empresa consideró como mejor al último equipo, contando con la presencia y asesoría de uno de sus inventores, el Sr. Kraut. En sus experiencias consiguieron recuperar en término medio el 72 % de minerales, tenían la expectativa de llegar quizá a un 80 %, con este fin habían procedido a construir un equipo de ese diseño con capacidad de 100 a 160 toneladas diarias.⁹⁸

Por su parte, la Compañía de Real del Monte y Pachuca, procedió a instalar en la hacienda de Guerrero un equipo de flotación *Minerals Separation* para 50 toneladas diarias, la figura 5.38 muestra el equipo referido. Se menciona que el sistema consiste en una serie de celdas que se agrupan formando el banco de flotación. El trabajo de las celdas es en serie; el material entra a la primera celda y se somete a la acción de la máquina, lo que permite hacer un primer retiro de valores en la espuma de esa celda. El precipitado se pasa a una siguiente celda donde se somete nuevamente a la acción de la máquina y así sucesivamente. El inspector anota el consumo de reactivos indicando que a cada tonelada de mineral

⁹⁷ Sobre las condiciones de incorporación de la flotación en México puede consultarse a: HERRERA CANALES, Inés, GONZÁLEZ MARÍN, Eloy, *op. cit.*, 2004, pp. 76, 77.

⁹⁸ RAMÍREZ, Simeón, Ing., "Informe sobre el tratamiento de los minerales por flotación en las compañías mineras "Pachuca y Real del Monte" y "Santa Gertrudis" Hgo., "Informe sobre el estado de actividad de las negociaciones mineras en Pachuca y Real del Monte, ambas en: *Boletín Minero*, mayo de 1917, pp. 445-452 y pp. 452-454.

se han añadido tres componentes: 607 gramos de alquitrán de carbón de piedra, igual cantidad de creosota y 90 gramos de aceite de pino. En resultados que la empresa considera que pueden ser mejorados, se consiguieron extraer un 63.9 % de los valores de plata y 60 % de los de oro. El costo fue de \$ 1.57 oro americano por tonelada procesada. Como parte de las pruebas se fueron modificando los porcentajes, los tipos de aceite, tiempos y otros parámetros. También se aclara que se requiere más tiempo para tener un mejor dominio del proceso. Las líneas siguientes resumen la situación:

Actualmente se extraen minerales para el molino de Guerrero de los fundos mineros San Ignacio, Dolores, Cabrera y Escobar, sitios en Real del Monte, con un total medio de 850 toneladas diarias, de estas una parte se trata por flotación y el resto se reserva para cuando este procedimiento se perfeccione en la localidad, o haya suficiente cianuro para su tratamiento en la planta de cianuración.⁹⁹

La importancia de estos trabajos es señalada en las líneas siguientes:

Las experiencias acerca de la flotación que se practican en Real del Monte y Pachuca, son de mucha importancia tanto para estos Minerales, como para otros centros mineros. Porque de esto puede resultar que desde luego se mejore el tratamiento de los minerales o bien que se implante de nuevo [la cianuración].¹⁰⁰

Como se mencionó antes, los porcentajes de recuperación por flotación resultaban bajos además de ocasionar el problema de que los reactivos resultaban inhibidores de la cianuración, y en la época aún no se aplicaban métodos de lavado que hubieran superado el referido problema. Pese a ello, la planta de flotación se conservó hasta después de haberse asegurado el suministro de cianuro. En 1921 se efectuaron pruebas exhaustivas para el mineral rico procedente de la mina de Purísima, los resultados no fueron suficientes para

⁹⁹ Ibídem p. 448.

¹⁰⁰ Ibídem p. 452.

sostener el proceso.¹⁰¹ En una inspección realizada a fines de 1922, ya no se tiene en operación la planta de flotación y todo el mineral se procesa por cianuración.¹⁰² El definitivo establecimiento de la flotación sería a partir de 1948 con la empresa paraestatal y cuando los avances en esta tecnología permitieron una flotación selectiva y obtener concentrados de plomo y zinc que constituyeron nuevos productos para la compañía.¹⁰³

5.6.- Los jales, apuesta al futuro

5.6.1 El problema de los desechos

El desecho de los jales, que son los materiales que quedaban del proceso de beneficio, iba a depositarse a los ríos más próximos, práctica usual desde muchos siglos atrás y que ahora representa en muchos sitios, un grave problema de contaminación ambiental.¹⁰⁴ En el pasado, cuando existía una acumulación notable de jales en el cauce de un río, se procedía a hacer limpieza retirándolos, eso significaba también la posibilidad de recuperar valores. Se tiene noticia de una limpieza al río de Pachuca pagada en 1877 por la empresa y otros particulares. Se trabajó el tramo entre la hacienda de Loreto y la iglesia de la Asunción, los materiales sirvieron para hacer terraplenes en diversas calles de la ciudad, también se hicieron muros para delimitar el cauce.¹⁰⁵ En 1882 se había formado una compañía norteamericana para tratar los jales del río de las Avenidas en Pachuca.¹⁰⁶

Con el incremento de la extracción de minerales por los norteamericanos y la introducción del sistema de cianuración, se dio un aumento notable en el

¹⁰¹ AHCRdMyP, Operación molinos, comunicación de junio 8 de 1921, vol. 133, exp. 15, p. 23.

¹⁰² GARCÍA, Aurelio, *op. cit.*, 1922. pp. 654-657.

¹⁰³ GALINDO y R., José J. *op. cit.*, p. 39.

¹⁰⁴ Sobre la actual problemática de los depósitos de jales a nivel nacional *videm*: COLL-HURTADO, Atlántida, SÁNCHEZ-SALAZAR, María Teresa, MORALES Josefina, *op. cit.* 2002, pp. 103-118.

¹⁰⁵ MANZANO, Teodomiro, *op. cit.*, 9 de octubre de 1877.

¹⁰⁶ RIVERA CAMBAS, Manuel, *México Pintoresco, Artístico y Monumental*, edición facsimilar, Editorial del Valle de México, México, 1981, Tomo III, p. 131.

beneficio de minerales y en consecuencia en la descarga hacia los ríos. En 1909, las aguas que salían de la hacienda de Guerrero estaban “ligeramente saturadas” de cianuro.¹⁰⁷ La Compañía de Transmisión Eléctrica de Potencia que tenía las hidroeléctricas en Huasca y que recibía agua de Real del Monte indicaba lo siguiente en 1910:

Se reporta que el agua de Guerrero perjudicaba considerablemente los chiflones de las turbinas al grado que había que reponerlos con suma frecuencia.

El documento propone a continuación que se celebre un contrato con la Real del Monte a fin que se pueda captar agua de buena calidad para la hidroeléctrica y evitar que llegue el agua contaminada con cianuro.¹⁰⁸

La incidencia ambiental de la descarga de este reactivo aún no se ha evaluado. Por otro, lado debe considerarse como se dijo en el anterior capítulo, que en 1930 se instaló la planta de regeneración de cianuro la cual redujo sensiblemente las emisiones de ese compuesto. Sin embargo, no solo existía el problema del tóxico cianuro, los jales lanzados al cauce del río en grandes cantidades causaban problemas. En 1912, la Junta Directiva decide asignar 250 trabajadores para hacer limpieza en el cauce del río.¹⁰⁹ Sin embargo el problema adquirió el carácter de severos perjuicios para las tierras de cultivo situadas aguas abajo de las descargas. Un informe de la Junta Directiva indica lo siguiente:

José Islas en representación de José Aguilar demanda contra varias compañías, entre las cuales se encuentra esta compañía [la Real del Monte y Pachuca], por la cantidad de \$ 22,811.25, sobre responsabilidad civil por haber arrojado los jales o desechos del beneficio de sus haciendas al río de

¹⁰⁷ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, acta del 1 de diciembre de 1909.

¹⁰⁸ Compañía de Transmisión Eléctrica de Potencia (CTEPEH), Libro de Actas de la Junta Directiva, 10 de febrero de 1910, f. 94 v.

¹⁰⁹ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, acta del 19 de junio de 1912, p. 392.

*Pachuca perjudicando con ello a los dueños de tierras de labor situadas debajo de la ciudad de Pachuca.*¹¹⁰

5.6.2 Confinamiento de los jales

En respuesta a la problemática ambiental y sumando intereses, las compañías de San Rafael, Santa Gertrudis y la Real del Monte y Pachuca decidieron unirse y formar, en 1913, la Asociación de Compañías Beneficiadoras de Pachuca, Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Limitada, para hacer las gestiones y trabajos necesarios para confinar en un lugar común los jales o desperdicios de sus respectivas haciendas de beneficio y así cumplir con las disposiciones gubernamentales.¹¹¹ De esa manera, adquirieron extensos terrenos al sur de Pachuca, la mayoría en la comunidad de Santa Julia, a una distancia de unos 5 kilómetros al sur de la ciudad y a un lado de la carretera México Pachuca. La superficie se incrementó posteriormente al obtener derechos de paso, caminos, etcétera. En otra parte de Pachuca, en la comunidad de Carboneras, la Compañía de Santa Gertrudis, estableció otro depósito de jales integrándolo a la organización emprendida por la Asociación. Para la hacienda de Guerrero se estableció el depósito en la comunidad de Velasco, municipio de Omitlán, Hgo. Las figuras 5.39 a 5.41 muestran vistas de los confinamientos de jales referidos.

En Pachuca, el material procedente de la hacienda de beneficio de Loreto era conducido por medio de tuberías y canales siguiendo un trayecto paralelo al río hasta los sitios de confinamiento. Dadas las condiciones de los terrenos elegidos con una configuración de llanuras, se utilizó el sistema de “lagunas de asentamiento”. El procedimiento general consistía en definir con bordos un área donde se descargaba la pulpa y se dejaba asentar. Conforme se acumulaba el material, el depósito alcanzaba mayor altura, siendo necesario elevar la pulpa con

¹¹⁰ *Ibidem*, acta de enero 8 de 1913, p. 418.

¹¹¹ Se concedió poder al Director Carlos Van Law para firmar el acta constitutiva de la asociación referida. AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, acta de julio 23 de 1913, p. 441.

bombeo. Era necesario disponer de personal para la construcción de bordos, y la atención de bombas y tuberías.

Siendo el agua un recurso fundamental para el proceso y tomando en cuenta la escasez de ella en Pachuca, se pensó en recuperar de las lagunas el agua libre de sólidos y bombearla de regreso a la planta de beneficio. Un primer estudio fue hecho en 1918 pero se consideró que había mucha pérdida por filtración y evaporación.¹¹² En el informe del director del año de 1925 se reporta que el problema de falta de agua se ha remediado con la instalación de bombas y tubería desde los jales de Santa Julia y por el aumento de agua extraída por San Juan Pachuca procedente de esa mina y la de Santa Ana.¹¹³ Las figuras 5.42 y 5.43 muestran imágenes recientes de las instalaciones y planta de bombeo. Las lagunas actualmente han sido drenadas, en su lecho ha aparecido vegetación que aprovecha restos de humedad. Aún ahora, en la temporada de lluvias, se extrae una cierta cantidad de agua que se usa para la industria de la construcción, estando prohibido su empleo en riego y mucho menos para consumo humano, aspecto entendible por las trazas de cianuro que puede llevar. No se sabe si se ha estudiado el efecto de los depósitos en los acuíferos profundos. Las figuras 5.44 y 5.45 muestran vistas actuales de los sitios de las lagunas y los bordos para evitar el derrame de la solución.

La cercanía con la carretera México Pachuca constituyó un riesgo por la posibilidad de que un derrumbe de los jales interrumpiera la circulación, por ello en 1922 se propusieron modificaciones al trazo del camino. El 22 de junio de 1930 ocurrió un derrumbe que afectó la circulación. Eso implicó una importante modificación a la carretera. Los trabajos requeridos, en un momento se pensaron en que la Compañía de Real del Monte y Pachuca los realizara, sin embargo

¹¹² AHCRdMyP, Archivo Especial de la Dirección, Reportes Semanales, diciembre 27 de 1918, vol. 133, exp. 15, ff. 116.

¹¹³ AHCRdMyP, Informe del Director 1925, vol. 5, esp. 9, ff. 1, 2.

fueron efectuados mediante convenio por la Comisión Nacional de Caminos en 1931.¹¹⁴

La operación de la Asociación de Compañías Beneficiadoras de Pachuca, S.C.R.L. se prolongó hasta fines de los años 30's cuando las otras dos compañías fundadoras se habían convertido en cooperativas.

Como expiraron prórrogas y habiendo dejado de operar o habiéndose retirado excepto San Rafael quien cedió sus derechos a la Real del Monte con escritura del 28 de julio de 1938, se disolvió dicha Asociación habiéndose acordado que para liquidarla quedará a favor de esta Compañía de Real del Monte y Pachuca, todo el activo de la mencionada asociación, incluyendo las tierras, servidumbres activas, acueductos o zanjas, así como las tuberías para el transporte de los jales desde la hacienda de Loreto y de agua desde la planta de asentamiento de Santa Julia hasta la misma hacienda, otras instalaciones, maquinaria y equipo y todos los jales depositados en dichos depósitos o planta de asentamiento.¹¹⁵

En abril de 1939 en el Periódico Oficial del Estado de Hidalgo se publicó el tercer aviso por el cual la compañía tomaba posesión de todos los bienes y derechos. De acuerdo al último balance de diciembre de 1938 se presentan los siguientes datos:

<i>Terrenos</i>	39,391.26
<i>Tubería para jales en lecho del río</i>	122,225.66
<i>Tubería y bombas desde Santa Julia hasta Loreto</i>	57,460.16
<i>Bonos de la deuda bancaria</i>	193.25 ¹¹⁶

Como fue señalado en el capítulo anterior, había una cierta cantidad de plata que el proceso de beneficio no podía recuperar, tales pérdidas ascendían a unos 30 gramos de plata por tonelada. Con objeto de tratar de recuperar algo de esos valores, se trasladaron a la planta de jales las cajas de zinc de modo que hubo que disponer en el sitio de algunos tanques para asentar y después

¹¹⁴ AHCRdMyP, Archivo Especial de la Dirección, ramo SCOP, vol. 127, exp. 21, ff. 1-6, 33, 46.

¹¹⁵ AHCRdMyP, Actas de la Junta Directiva, acta de octubre 13 de 1939, p. 101.

¹¹⁶ Periódico Oficial del Estado de Hidalgo, Tercer aviso, abril, 8 de 1939.

precipitar la solución con las virutas de zinc.¹¹⁷ Había la idea en que a futuro se podrían recuperar importantes cantidades de valores conforme la tecnología lo permitiera. Un antecedente de eso se tenía con la compañía *Blaisdell Coscotitlán Syndicate* que habiéndose establecido por 1908, se dedicó a reprocesar por cianuración los jales antiguos del proceso de amalgamación que se habían acumulado en márgenes del río de las Avenidas que atraviesa Pachuca.¹¹⁸ El reprocesamiento de los jales se logró con la empresa paraestatal y como un proyecto específico de la Comisión de Fomento Minero que construyó entre 1957 y 1959 la planta de jales de Santa Julia que contaba con tanques de proceso y celdas de flotación para recuperar valores, los cuales en forma de concentrados se enviaban a procesadoras externas.¹¹⁹ Los jales de Velasco de la hacienda de Guerrero también fueron reprocesados en parte por la empresa en la década de 1980. Actualmente se continúan aprovechando los jales por medio de su transporte a la hacienda de Loreto donde son sometidos a procesamiento.

Debe considerarse que con el tiempo, los mencionados depósitos fueron alcanzados por el crecimiento urbano de Pachuca, se desconoce si se realizaron estudios sobre los riesgos de la contaminación existente en esos lugares pero la empresa realizó donaciones de terrenos para establecer escuelas, caminos e incluso el Estadio Hidalgo donde juega el equipo de fútbol Pachuca, fue construido en tales terrenos. En años recientes se han establecido centros comerciales y fraccionamientos residenciales que seguramente han redituado importantes ganancias las cuales desgraciadamente no se ocuparon en capitalizar las minas.

¹¹⁷ PROBERT, Alan, "Historical Sketch", en: AHCRdMyP, Archivo Especial de la Dirección, Operaciones Molino Loreto, Vol. 67, exp. 23, f. 258, año de 1947. En la referencia el autor indica que se ha cerrado la planta de precipitación por cajas de zinc.

¹¹⁸ Se tiene información de que la referida empresa estableció una planta para procesar 500 toneladas al día, seguía activa en 1910 y había arrendado la antigua hacienda de La Luz en Pachuca para hacer maquila de minerales de diversas minas. SOUTHWORD, John R., HOLMS, Percy G. *op. cit.*, p. 112. BRADY, Agustín, *op. cit.*, p. 12.

¹¹⁹ PROBERT, Alan, *op. cit.* 1963, p. 107-108.

5.7 Consideraciones finales del beneficio

A lo largo de los últimos años de la administración norteamericana, los procesos de la planta de beneficio requirieron adaptarse a las condiciones cambiantes de las operaciones mineras. El Ing. Alan Probert realizó una comparación entre las condiciones de 1929, cuando se realizó la centralización del beneficio, y las que se tenían en el año de 1947 al término de la administración norteamericana.

El mineral recibido [antes y en el tiempo inmediato a la ampliación de Loreto] era duro y de alto rendimiento. Permitía una recuperación del 90 % de la plata y del 93 % del oro con un tratamiento de 0.35 % de NaCN en condiciones de 57-58% de menos de la malla del 200. [Se tenía una] Razón de 5 gr. de oro por [cada] kilo de plata, pérdida de 3 gr. de plata soluble por tonelada.

En 28 años se han cambiado las condiciones, se pasó del sistema de vetas norte sur al este oeste, incremento en tonelajes de rellenos viejos y de tiraderos superficiales. Es más diverso ahora. Por cada tonelada de mineral seco equivaliendo a 1.1 toneladas de solución en los filtros, se pasó a 2.3 en 1942 y en 47 regresó a 1.3.

El [beneficio de mineral con importantes cantidades de] oro procedente de la veta de Nueva Australia, aumentó la pérdida en plata a 10 gr. por fallas en lavado de filtros Butters.

Costo de menos de 1 dólar a 1.8-1.9 dólares por tonelada. Se ha tratado de automatizar para reducir costo mano de obra. [Ahora se presentan] Altos impuestos y [aumentos en costo de] refacciones, suministros y [tarifas de] potencia [eléctrica] más elevadas.

Recuperación de 84% plata y 89% oro.

En el otro lado de la balanza, se ha conseguido reducir el consumo de cianuro con soluciones al 0.22 % en las cabezas de agitación, el consumo se redujo de 1.8-1.45 kg a 0.80 kg de NaCN por tonelada de mineral.¹²⁰

A partir de las anteriores observaciones se pueden conocer los cambios en el beneficio ocasionados por las modificaciones en las operaciones mineras.

¹²⁰ AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo Especial de la Dirección, Operaciones Loreto, correspondencia de Alan Probert, memorandum: "The Loreto Central Mill", vol. 67 exp. 23, f 256 a 266, la fecha se estima a inicios de 1948.

Después de la centralización en El Loreto, se tendrá una mayor diversidad en las características del mineral; situación que se acentuó debido a las cargas suministradas por los contratistas o terroristas que con la anuencia de autoridades y del sindicato operaron después de 1934 y que se refieren en el apartado 1.2.4. Las cargas lodosas ocasionaban atasco en las quebradoras. Probert hace referencia al hallazgo de importantes valores con oro localizados en las pertenencias de Nueva Australia a través de la mina de Paricutín. Al respecto debe hacerse notar que se requirieron tanques espesadores específicos donde esas cargas recibieron un tratamiento adecuado para recuperar los valores de oro, antes de pasar la solución a los tanques agitadores.¹²¹

Alan Probert señaló la necesidad de dismantelar los tanques Pachuca, cuyos severos problemas de estabilidad habían provocado la caída de dos de ellos en febrero de 1944.¹²² Otro aspecto preocupante era el elevado requerimiento de aire comprimido de los referidos tanques, ya que consumían la mitad del total ocupado en la planta. Para subsanar el retiro de los tanques Pachuca, se sugería incrementar el tiempo de permanencia de las mezclas de reacción en los tanques de proceso restantes.

El ingeniero Probert en 1963, hizo un recuento del crecimiento en el tonelaje procesado por la empresa, el gráfico de ello se muestra en la figura 5.46.¹²³ Cabe hacer notar que las haciendas se equiparon inicialmente de acuerdo a las reservas conocidas y que en el caso de Real del Monte, los hallazgos de Purísima aumentaron sus reservas y la explotación, De aquí que la hacienda de Guerrero tuvo que ser sometida a ampliaciones sucesivas y se mantuvo operando

¹²¹ *Ibidem* ff. 18, 19.

¹²² El referido accidente de los tanques Pachuca dañó 3 tanques asentadores, tuberías y conexiones así como el derrame de solución. Los equipos dañados fueron reparados con el apoyo de los talleres de Maestranza. AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo Especial de la Dirección, Operaciones Loreto, vol. 67 exp. 22 ff. 11, 16.

¹²³ PROBERT, Alan, "Reseña histórica de los Distritos Mineros de Pachuca y Real del Monte", en: GEYNE, A. R., FRIES, Carl, SEGESTROM, Kenneth, BLACK, R. F., WILSON, Y. F. *op. cit.* pp. 93-110.

por 22 años. En el caso de la hacienda de Loreto las ampliaciones fueron necesarias por el crecimiento de operaciones tanto en Pachuca, Real del Monte y Mineral del Chico como para absorber lo que se trabajaba en Guerrero por el cierre de esa hacienda. El ascenso, de las actividades de Loreto alcanzó un máximo que se sostuvo por varios años, seguido de una disminución que obedece al decremento de las reservas disponibles. En la figura 5.47 se muestra una gráfica de la capacidad de beneficio de las empresas de la región para los años de 1933 a 1937, período de una gran producción de la Compañía de Real del Monte y Pachuca.

Se puede tener una idea del aumento en capacidad de beneficio al comparar el reporte del último período de amalgamación que se refiere al final del apartado 4.2.2 en el que se procesan 21,145.5 toneladas en poco menos de cuatro meses y que pudieran asumirse como 234.95 ton/día. Cuando se compara la capacidad anterior obtenida en el año de 1906 con la máxima capacidad promedio que señala Probert de 4,406.6 ton/día, se tiene que el beneficio se multiplicó por 18.76. Lo anterior permite considerar que con el sistema de patio y los equipos de manejo de materiales de su época hubiera sido muy complicado el procesar las cantidades que permitió el método de cianuración y la tecnología que le acompañó.

Ahora a casi sesenta años del retiro de los norteamericanos, resulta interesante considerar que a la escala muy reducida de 50 toneladas diarias, continúa en operación la hacienda de Loreto. La figura 5.48 muestra una imagen satelital del lugar que constituye un sitio de patrimonio industrial de gran riqueza por la gran cantidad de equipo que aún conserva.

Sistema Patentado de Cianuración.
MacARTHUR-FORREST, S.A.
Cyanide and Metallurgical Testing
Plant and Laboratories.

Testing of Gold and Silver Ores by amalgamation, concentration, cyanide and combination of processes on a practical scale up to five tons.

Reliable metallurgical analyses and assaying of all kinds promptly attended to at reasonable rates.

Treatment plants designed, ground surveyed and plans made, and erection of mills supervised.

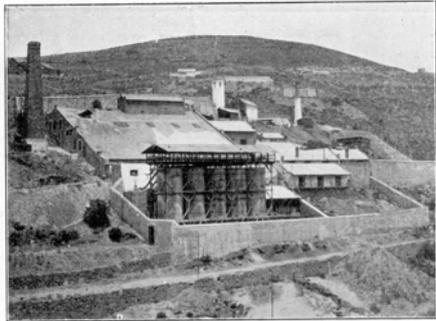
Mining properties examined and reported upon within the Republic of Mexico.

General Offices: 2a SAN FRANCISCO No. 5.
 E. DU BOIS, General Manager.

Laboratories: 2a BALDERAS No. 1232.
 J. LESLIE MENNELL, Asso. R.S.M., Chief Chemist.

TELEPHONE (New System) Num. 76.
 POSTAL ADDRESS:
Apartado 121, MEXICO CITY, D.F.

a)



Mill at Pachuca. Daily Capacity 100 Tons.

The Latest Improvement in Cyanide Plants

Agitation of mixed slimes and sands in the "Pachuca" Tanks.
 Over 92% silver extraction in 24 hours. Great economy in first cost,
 as well as in treatment charges. No Wearing Parts. No Repairs.

Sole Licensees for the Mexican Patents:
GROTHE & CARTER,
ENGINEERS,
Tiburcio 22, MEXICO, D.F. Apartado 2554.

b)

Figura 5.1
 Publicidad de: a) La oficina de MacArthur-Forrest en la ciudad de México. b) de los consultores metalúrgicos Grothe y Carter quienes introdujeron el tanque Pachuca, la fotografía se refiere a la hacienda de San Francisco II de la Cía. de Maravillas.

Fuente: SOUTHWORD, John R., HOLMS, Percy G. *El Directorio Oficial Minero de México*, volumen X, Editado por los autores, México 1908

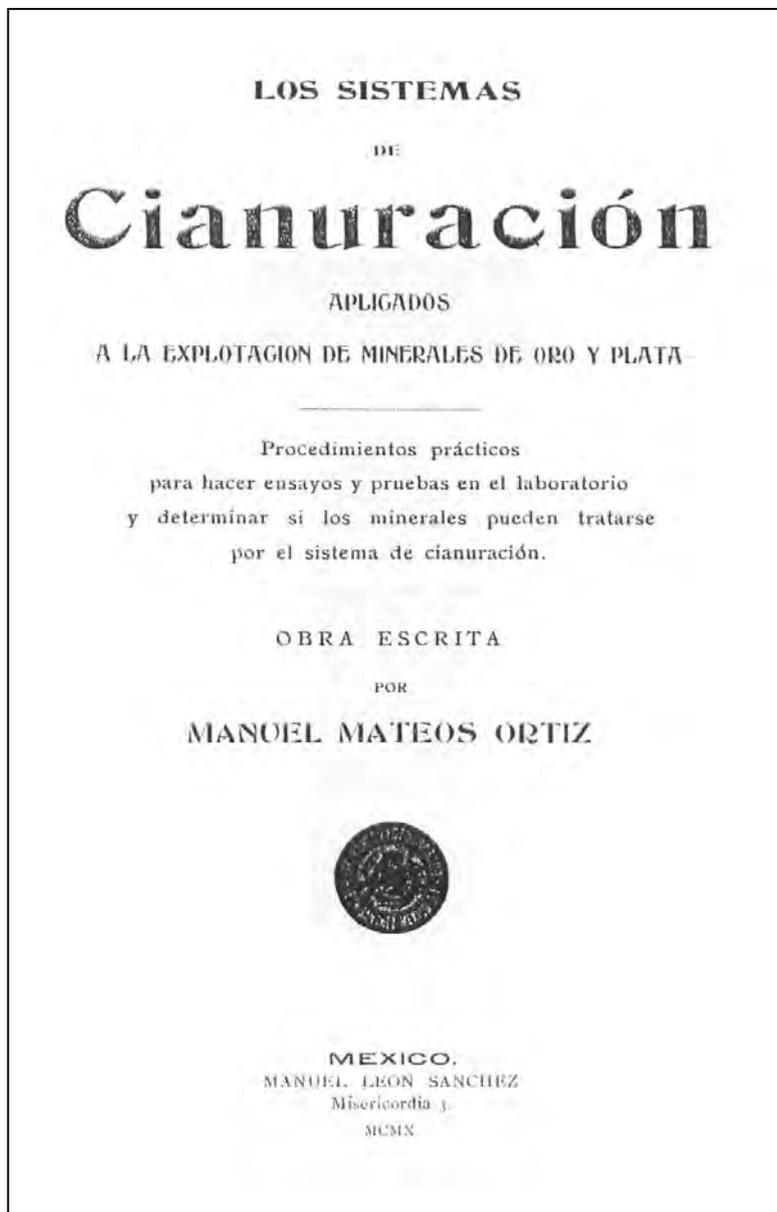


Figura 5.2

Portada del libro de Manuel Mateos sobre cianuración editado en 1910, refiere las experiencias realizadas en la hacienda de San Francisco II en Pachuca.

Fuente: Biblioteca Histórica de la Universidad Autónoma de Hidalgo.



CIANURO 98/99%
CIANURO DE SODIO 125/130%

Y OTROS PRODUCTOS QUIMICOS PARA USO DE MINAS.

The Roessler & Hasslacher Chemical Co.

Oficina - - - Nueva York, 100 William Street.
Fabrica - - - Perth Amboy, N.J., E. U. de A.

AGENTES PARA LA REPUBLICA MEXICANA:-
Mexican Gold & Silver Recovery Co., Ltd., 2a Calle San Francisco 5, Mexico, D.F.



a)
Proveedor inicial de cianuro para la Compañía de Real del Monte y Pachuca.
Fuente: SOUTHWORD, John R., HOLMS, Percy G. *El Directorio Oficial Minero de México*, volumen X, Editado por los autores, México 1908

THE MINES HANDBOOK




CYANIDE

Made from Air

Aero Brand Cyanide was first made at Niagara Falls in January, 1917. The plant now has the largest cyanide producing capacity in the world.

Thousands of tons have been used in Mexico, Canada and the United States for the reduction of gold and silver ores. The results obtained have proved that, pound for pound of contained cyanide, Aero Brand is equal in efficiency to any other grade.

Aero Brand Cyanide is economically produced by the simple fusion of two dependable raw materials, Cyanamid (air-nitrogen) and common salt.

"Aero Brand" is sold at a **lower price, per pound of contained cyanide**, than any other grade.

Booklet with full details on request.

AMERICAN CYANAMID COMPANY
NEW YORK




b)
Publicidad de la *American Cyanamid* para el cianuro *Aero Brand*. Se hace énfasis de su preparación a partir del aire. Indica entre otros aspectos que tienen la mas grande capacidad de producción del mundo y miles de toneladas se han usado en México y otros países. Señalan las ventajas de su materia prima y su costo competitivo.
Fuente: WEED, Walter Harvey, *The Mines Handbook*. New York, 1922.

Figura 5.3 Publicidad de proveedores de cianuro.

Beneficio por cianuración en Pachuca, 1906-1947.

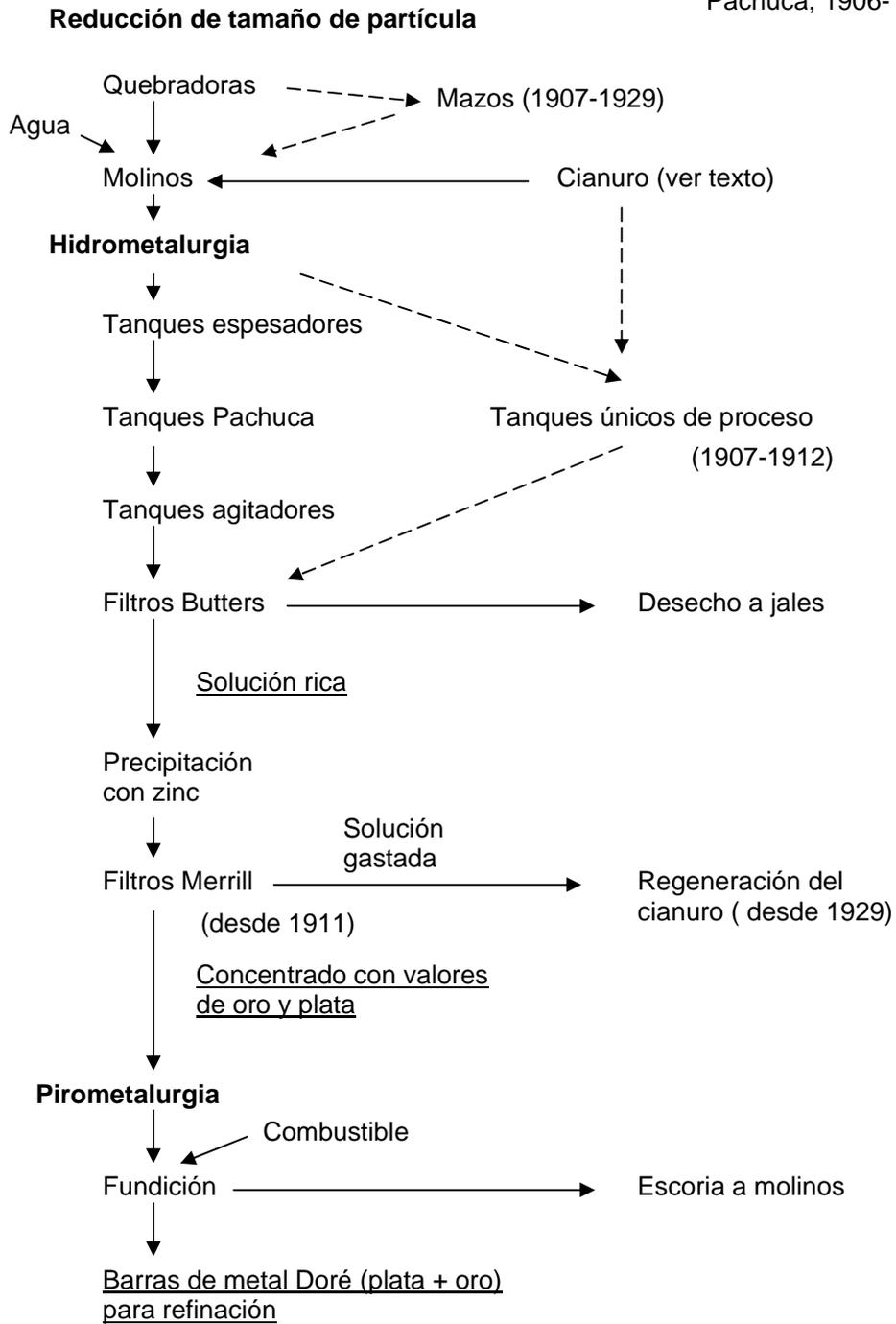


Figura 5.4
Esquema general simplificado del beneficio por cianuración

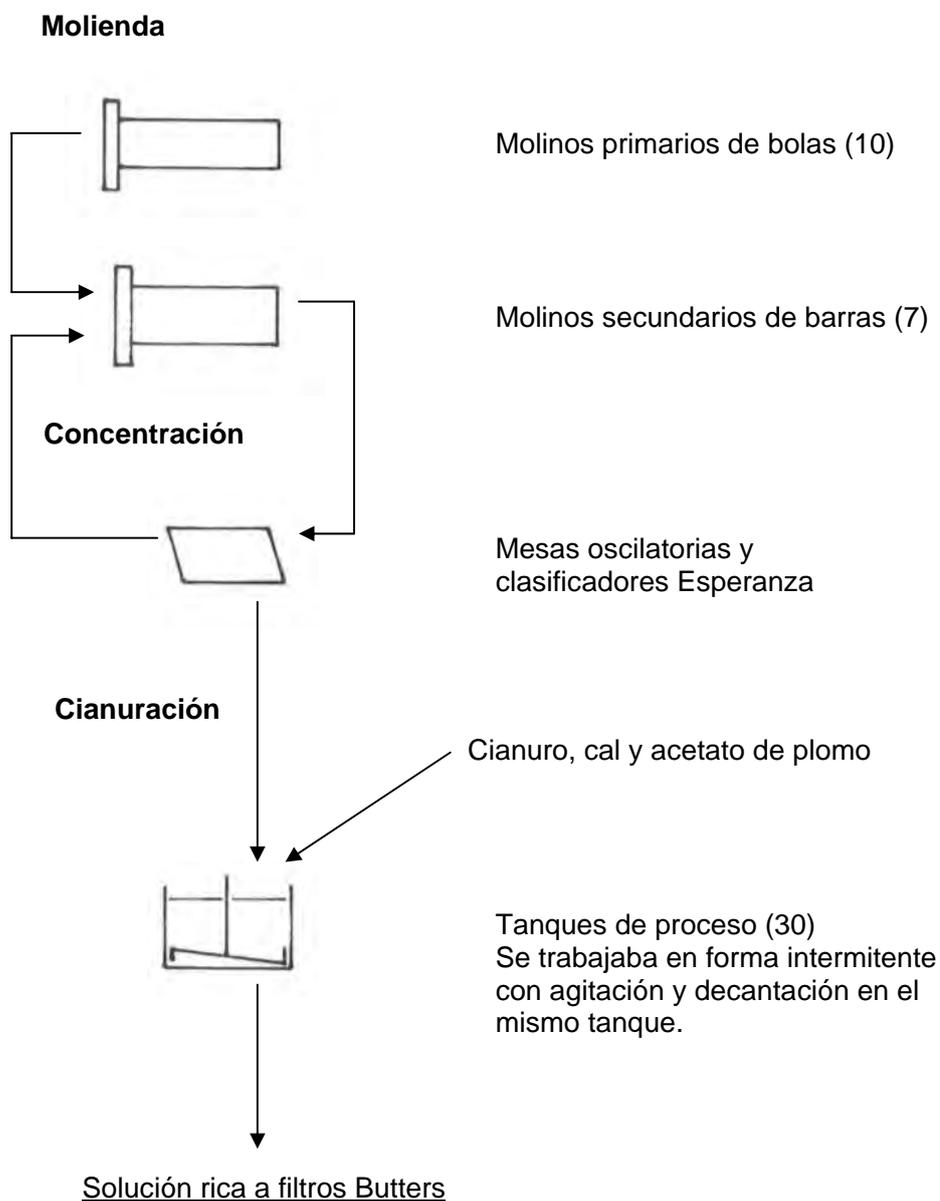


Figura 5.6

Diagrama simplificado de la cianuración en la hacienda de Loreto en los primeros años de operación.

Fuente: GROETHE, Albert, SALAZAR SALINAS, Leopoldo et al. "El Estado de Hidalgo", *La Industria Minera de México*, tomo 1, Estados de Hidalgo y México, Imprenta y Fototipia de la Secretaría de Fomento, México 1912

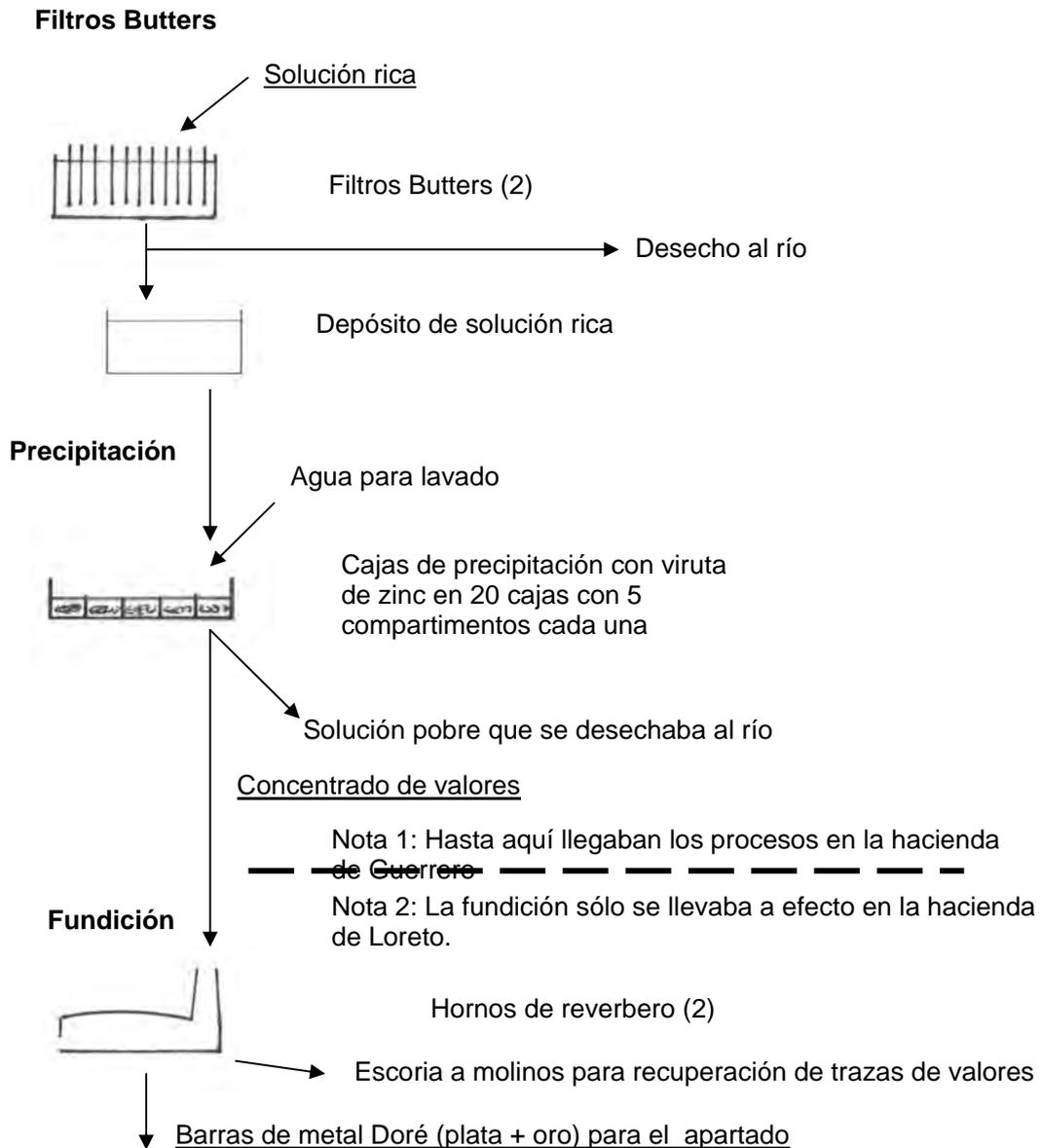
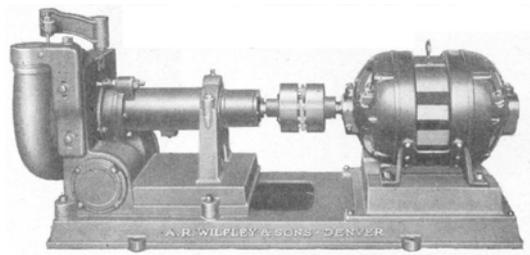


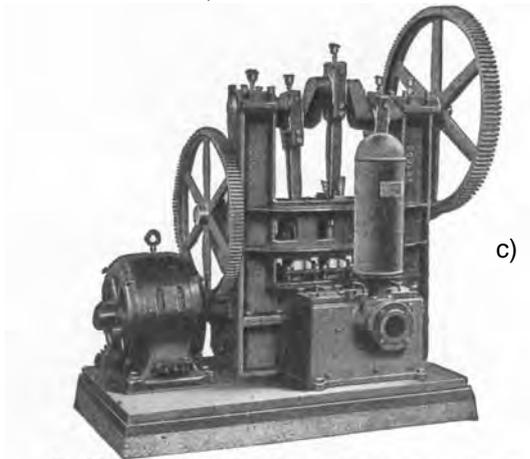
Fig. 5. 7
Diagrama simplificado de filtrado, precipitado y fundición por la Compañía de Real del Monte en los primeros años de operación.
Fuente: GROETHE, Albert, SALAZAR SALINAS, Leopoldo et al. "El Estado de Hidalgo", *La Industria Minera de México*, tomo 1, Estados de Hidalgo y México, Imprenta y Fototipia de la Secretaría de Fomento, México 1912



a)



b)



c)



d)

Figura 5.8

Distintos tipos de bombas utilizadas en operaciones de beneficio. El desarrollo de estos equipos fue un elemento que apoyó el proceso de cianuración ya que permitían manejar las pulpas o soluciones de una manera fácil y económica. En el caso que se estudia estos equipos eran accionados por motores eléctricos.

a) Bomba centrífuga para lodos con motor acoplado directamente. Estas bombas también se ocuparon en los primeros años para producir agitación en los tanques de proceso.

b) Detalle de interior de bomba similar al tipo anterior en que se muestran sus partes internas recubiertas de hule para resistir el efecto abrasivo del movimiento de los sólidos en suspensión manejados.

c) Bomba triplex. Disponen de tres pistones y permiten obtener elevadas presiones en el fluido.

d) Bomba de diafragma. Utilizada para manejo de lodos en volúmenes menores a los de las centrífugas.

Fuentes: a), b) y c) *Keystone Metal Quarry Catalog 1927*, Mc. Graw Hill, New York. d) Fotografía del autor, 1974.

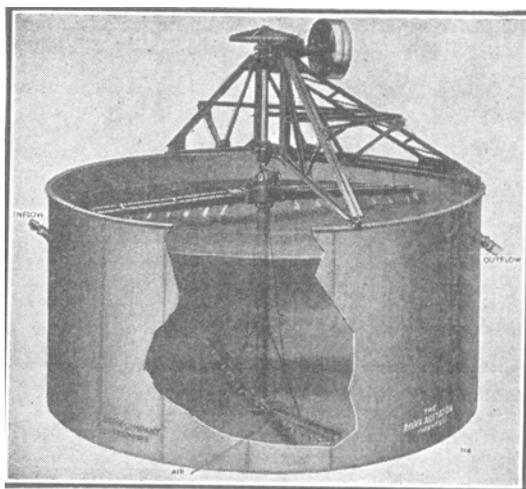


Figura 5.9
Diagrama de tanque de proceso de la marca Dorr. Se aprecia el soporte de la transmisión y el rastrillo o agitador que llega hasta el fondo.
Fuente: *Keystone Metal Quarry Catalog 1927*, Mc. Graw Hill, New York.

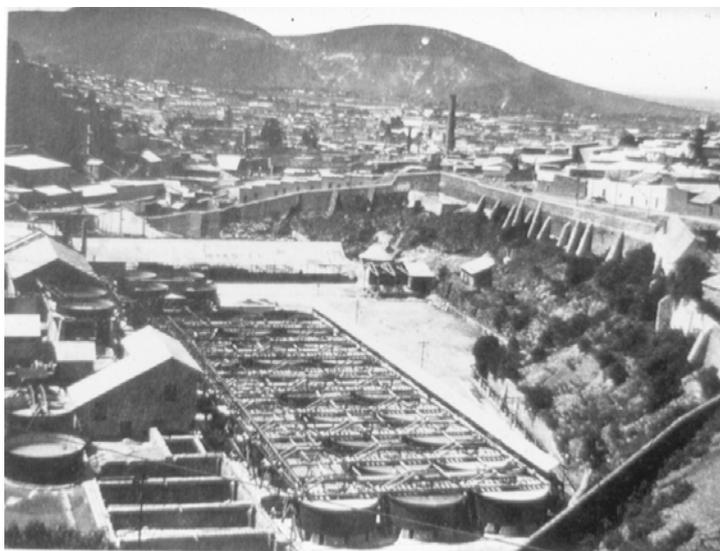
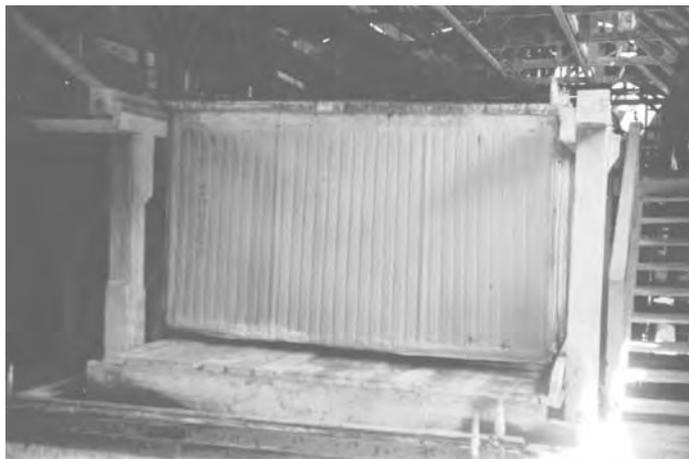


Figura 5.10
Hacienda de Loreto, Tanques de cianuración terminados.
Fuente: Archivo Histórico y Museo de Minería A. C. *Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca*, Pachuca, 1997.



a)



b)

Figura 5.11

- Estanques de filtros Butters. La manguera que se ve al centro es la que está descargando la pulpa. Cada filtro está conectado por las mangueras delgadas que se ven a los lados del estanque a un sistema de vacío, de ese modo se succiona la solución y los sólidos quedan en las lonas del filtro.
- Ensamble de filtro Butters fuera del estanque. Consta de un bastidor de madera y acero forrado de lona u otra fibra. El precipitado se deposita sobre el material textil y se desprende lavándolo sucesivamente con solución de cianuro y después con agua.

Fuente: Fotografías del autor, a) octubre de 2006, b) 1974.



Figura 5.12

Tanques Pachuca instalados en la hacienda de Loreto en la modernización llevada a efecto a partir de 1912. La fotografía fue tomada desde la mina de San Juan Pachuca ca. 1924. Se aprecian los dos grupos de diez tanques. La agitación se producía por el aire comprimido inyectado en el fondo y que ascendía burbujeando en toda la altura de su estructura. Fuente: Archivo Histórico y Museo de Minería A. C. *Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca*, Pachuca, 1997.

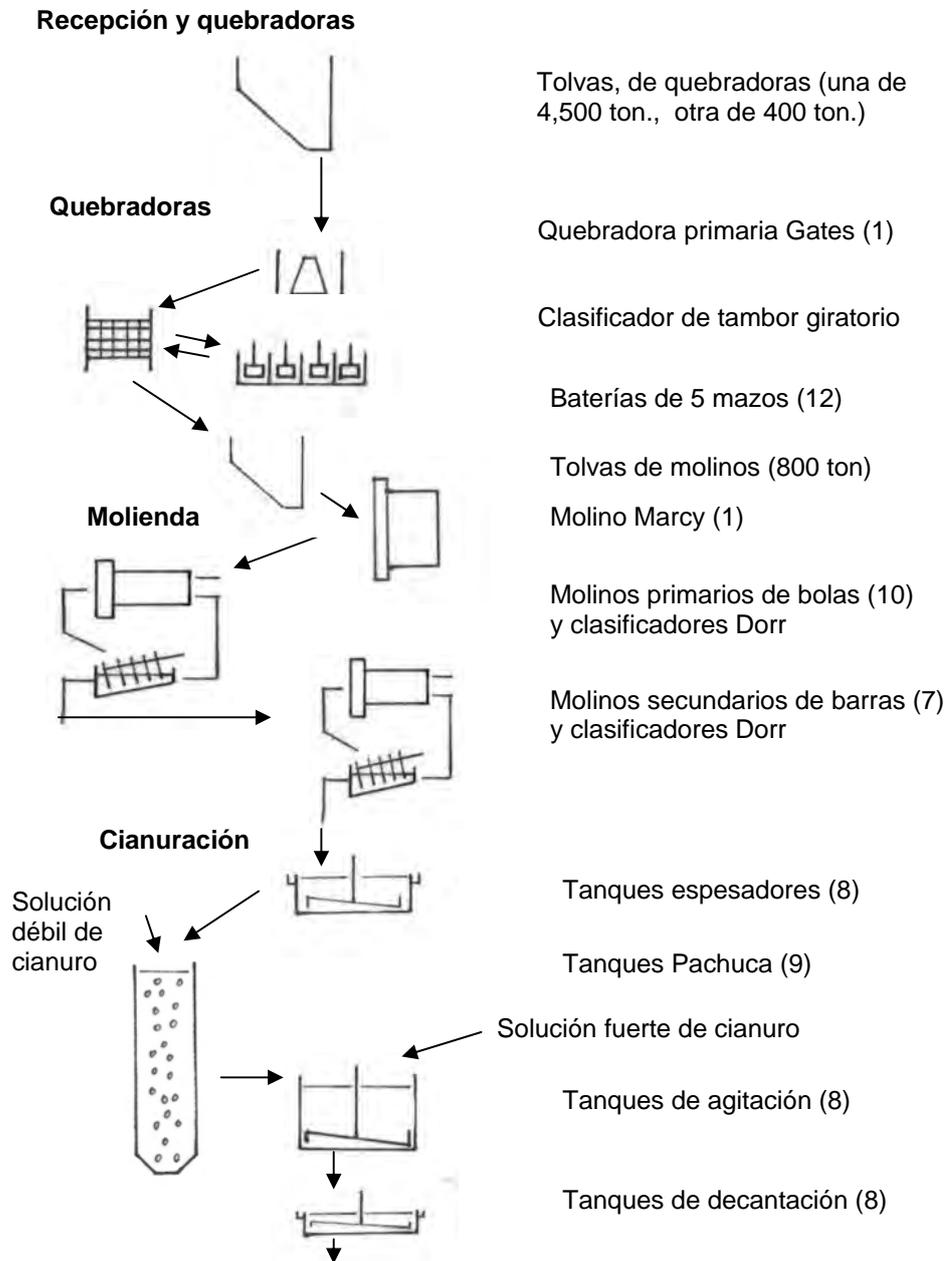


Fig. 5.13 Solución rica a Filtros Butters
 Diagrama simplificado de la cianuración en la Hacienda de Guerrero en 1922.
 Fuente: GARCÍA, Ing. J. Aurelio, "La Hacienda de beneficio de Guerrero, Omitlán, Hgo. Informe de su inspección", en: *Boletín Minero*, SICyT, noviembre de 1922 .

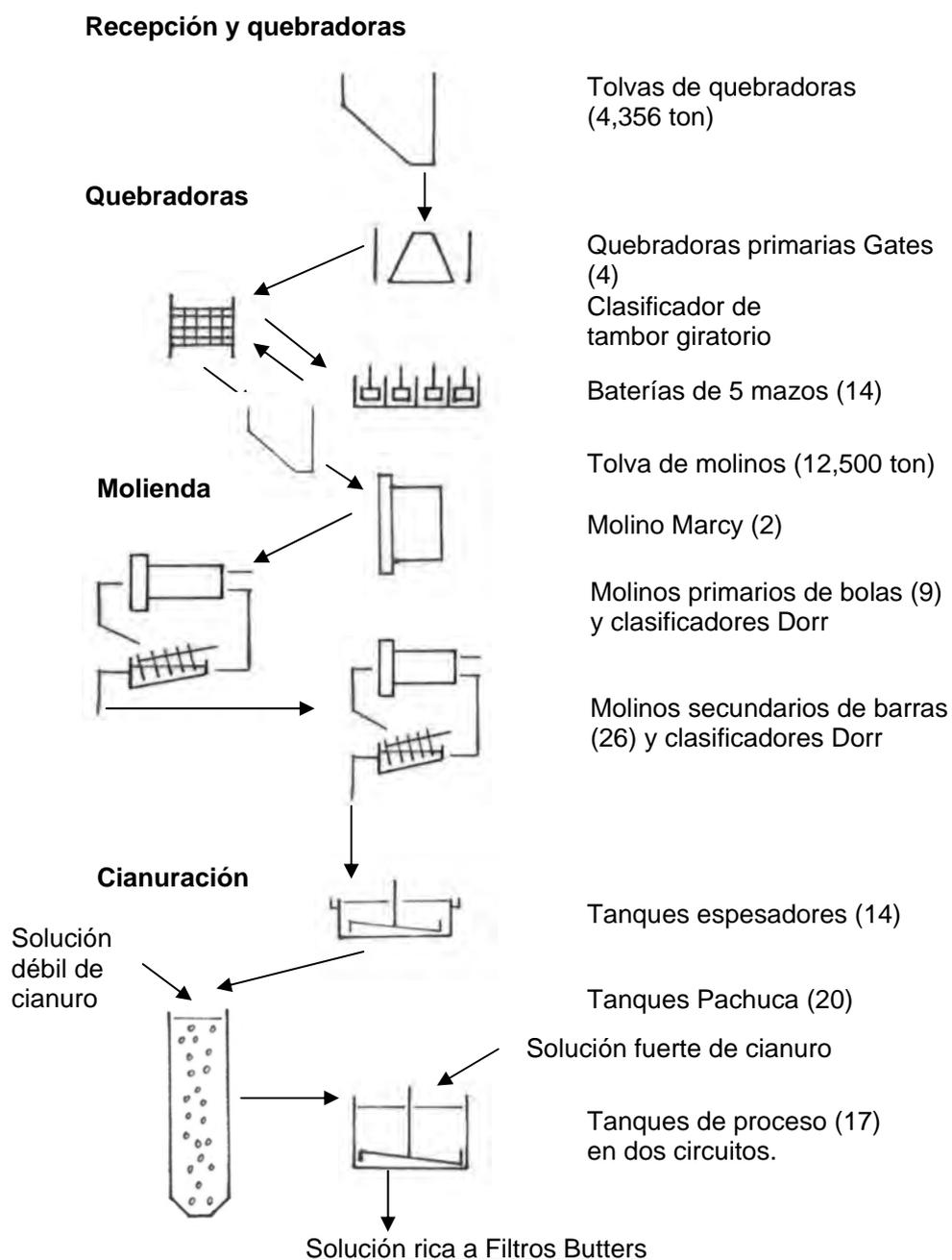


Figura 5.14
 Diagrama simplificado de la cianuración en la Hacienda de Loreto en 1924.
 Fuente: GARCÍA, Ing. J. Aurelio, "Reseña Técnica Minera del Estado de Hidalgo",
 en: *Boletín Minero*, SICyT, noviembre de 1924 .

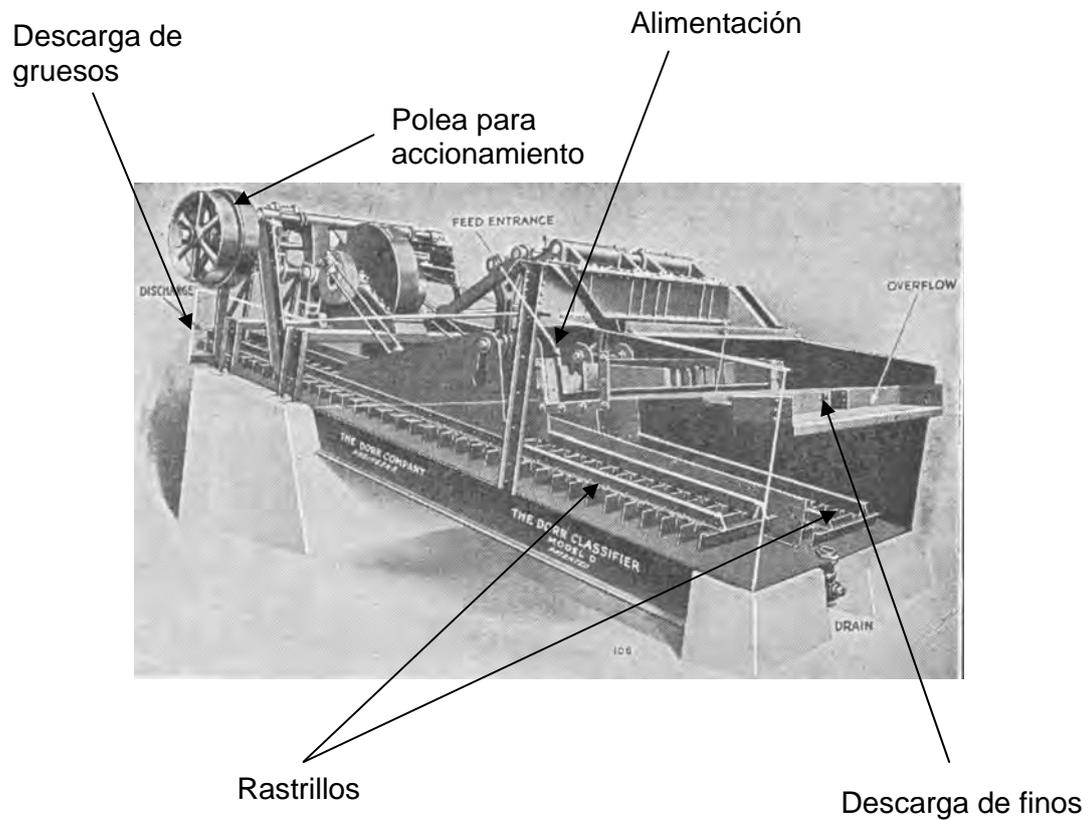


Figura 5.15

Clasificador Dorr, este equipo se instalaba en circuito cerrado con los molinos cilíndricos, los rastrillos que se ven en la parte inferior se movían lentamente en movimiento de vaivén y por el lado izquierdo se retiraban los materiales gruesos que regresaban al molino. Por el lado derecho salía la pulpa fina que pasaba a las etapas siguientes del proceso.

En la figura 6.19 se muestra uno de éstos equipos fabricados en Pachuca.

Fuente: *Keystone Metal Quarry Catalog*, Mc. Graw Hill, New York, 1927.

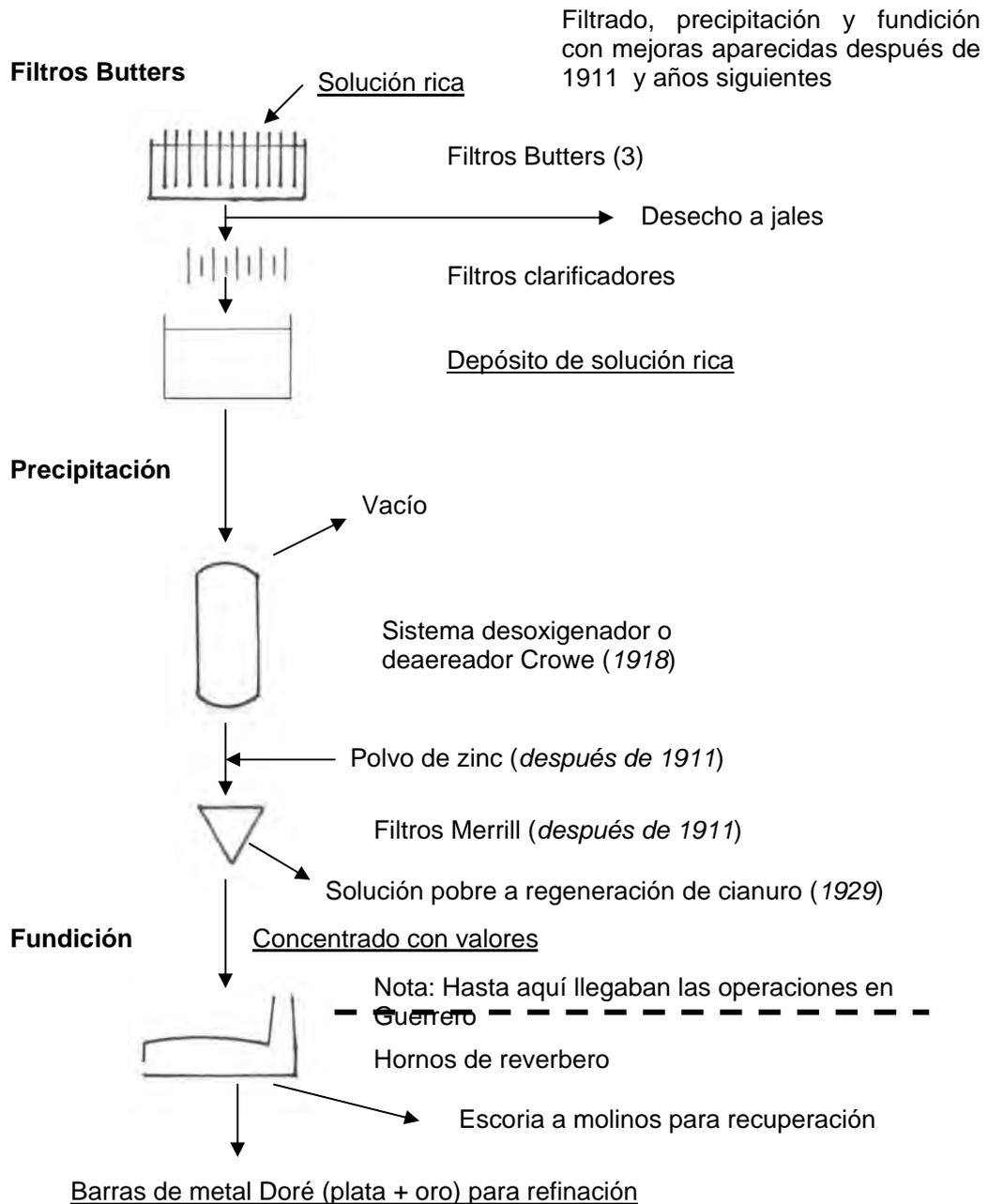


Fig. 5.16
Diagrama simplificado de filtrado, precipitado y fundición de la Compañía de Real del Monte y Pachuca. Los años en cursivas corresponden a la incorporación del proceso. Fuentes: ZAPATA RUIZ, Juan, *Estudio del mineral del Xotol para su tratamiento por cianuración*, Tesis, UNAM. 1932. GALINDO y R., José J. *El Distrito Minero Pachuca-Real del Monte*, Compañía de Real del Monte y Pachuca, Pachuca, 1957, 48 pp.



Figura 5.17

Filtros prensa Merrill. Este equipo sirve para retirar el cianuro gastado que se envía a la planta de regeneración. Se aprecia el mismo que gotea hacia una pileta construida en el piso. El precipitado de plata y oro se queda en las lonas. Cuando se termina el ciclo de trabajo se desarma todo el conjunto, se retiran los valores y se envían a fundición.

Fuente: Fotografía del autor, octubre de 2006.

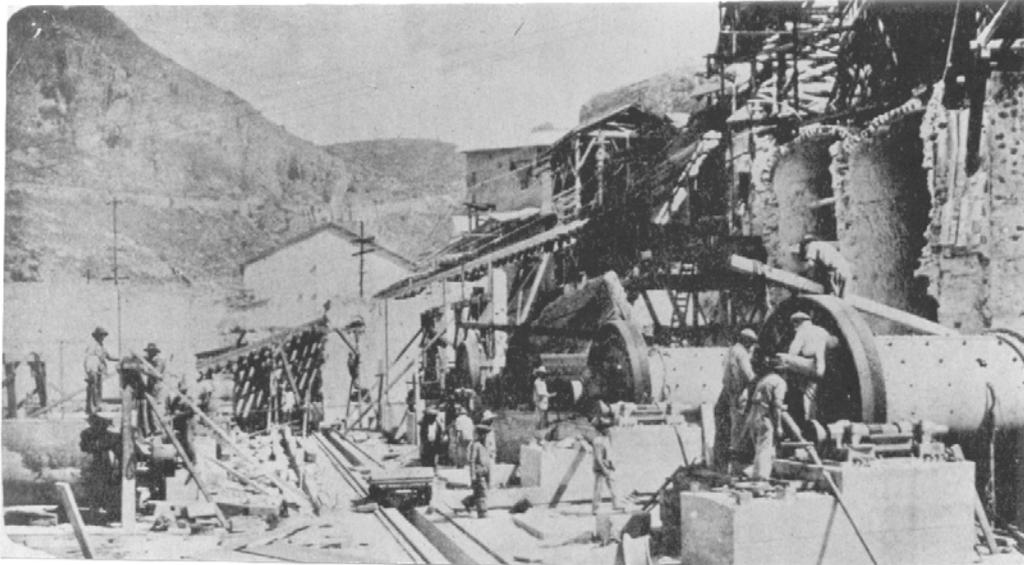


Figura 5.18

Hacienda de Loreto, montaje de molinos cilíndricos. Se observa a la derecha el desmantelamiento de las instalaciones antiguas para dar espacio a los nuevos equipos. El Departamento de Construcción de la empresa tuvo su sede en esa hacienda.

Fuente: Mercado de antigüedades El Parián, Pachuca, Hgo.

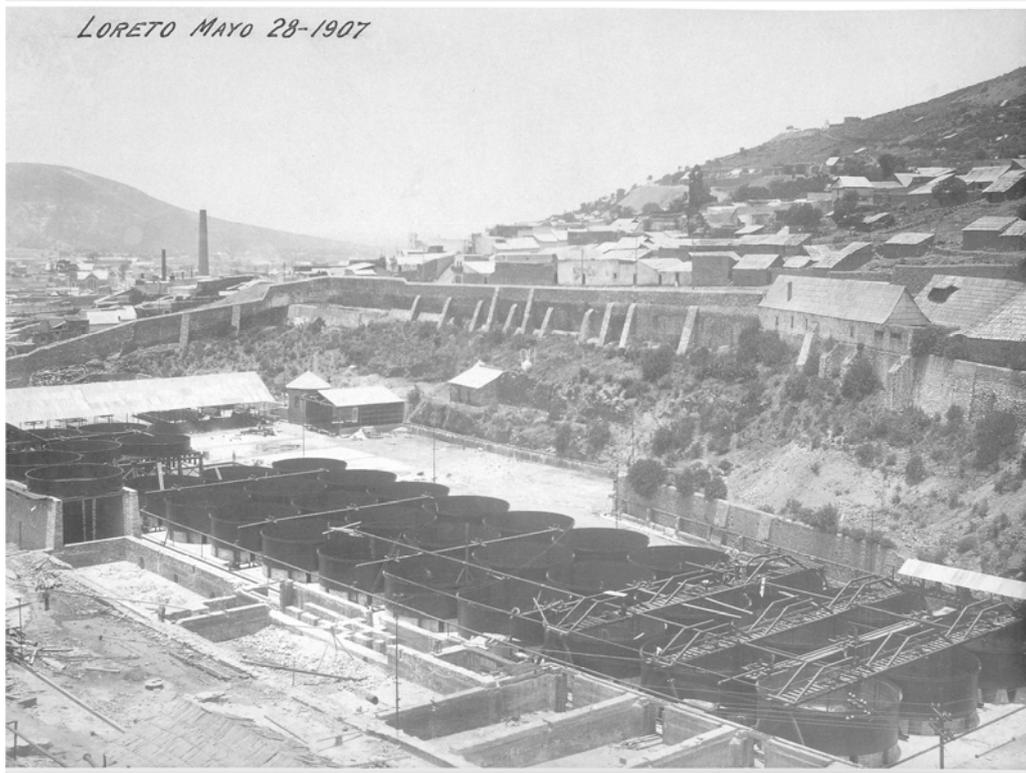


Figura 5.19

Hacienda de Loreto en mayo de 1907. Montaje de los tanques de cianuración. Se observa el progresivo avance, los del lado derecho ya han sido ensamblados y tienen los soportes de las transmisiones para los agitadores, así como los pasillos para la atención de los mecanismos.

Fuente: Archivo Histórico y Museo de Minería A. C. *Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca*, Pachuca, 1997.

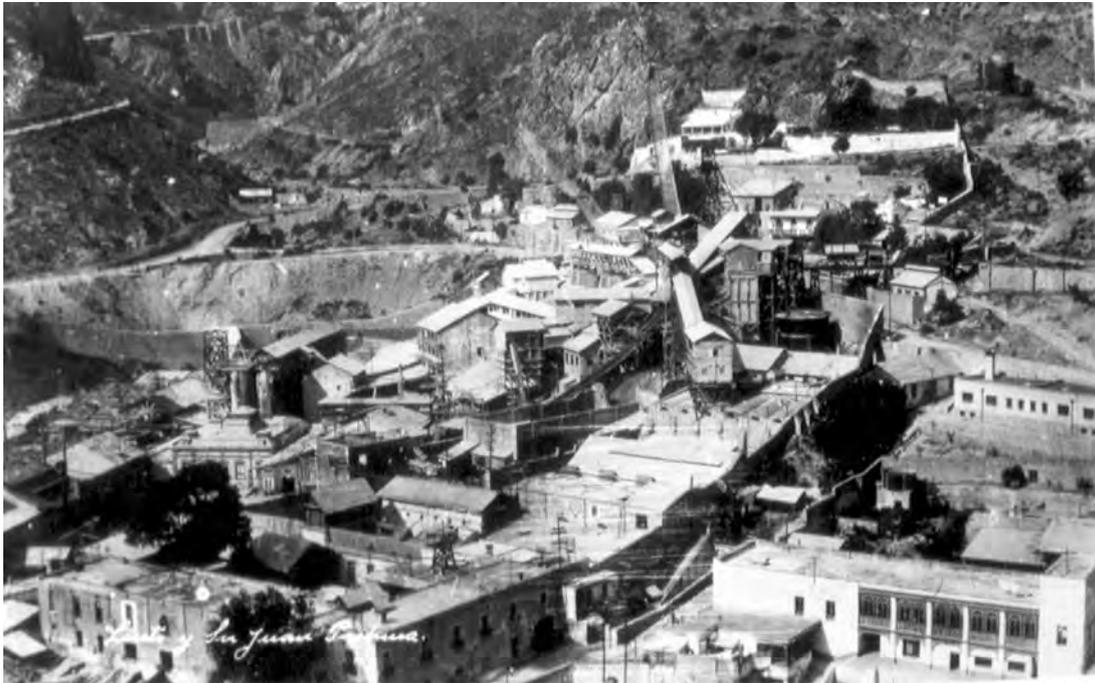


Figura 5.20

Panorámica de la hacienda de Loreto y la mina de San Juan Pachuca antes de la ampliación de 1929 en la que se retiraron los sistemas de cable aéreo y a partir de entonces la San Juan Pachuca se convirtió en el tiro de extracción principal de todo el distrito.

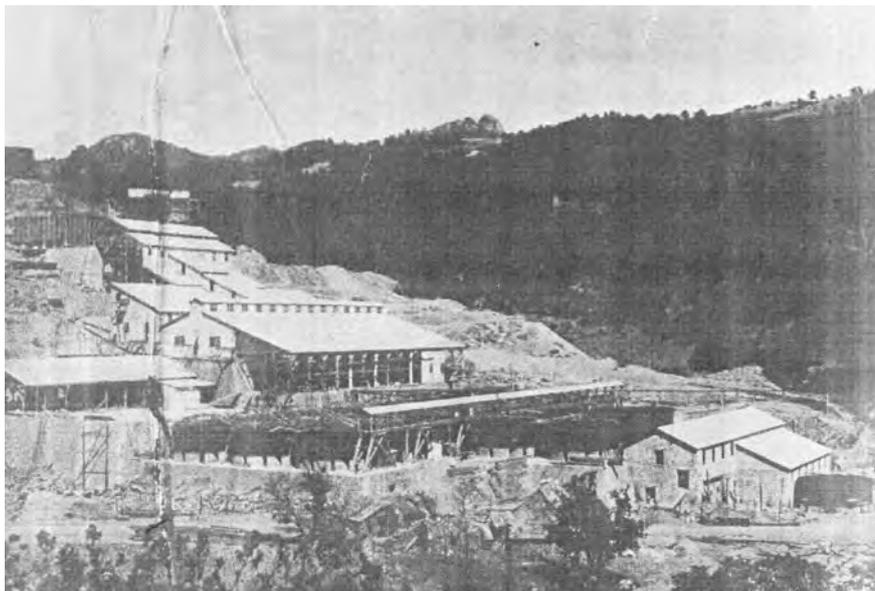
Fuente: Archivo Histórico y Museo de Minería A. C. *Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca*, Pachuca, 1997.



Fig. 5.21
 Plano de las dependencias de la hacienda de Loreto.
 Fuente: Detalle a partir de: *Plano de Loreto y Depósitos de Jales*, sin fecha, Archivo Histórico y Museo de Minería.



a)



b)

Figura 5.22
Hacienda de Guerrero. a) En construcción y b) Terminada la
instalación de los equipos principales.
Fuente: *El Mundo Ilustrado*, abril 26 de 1908.

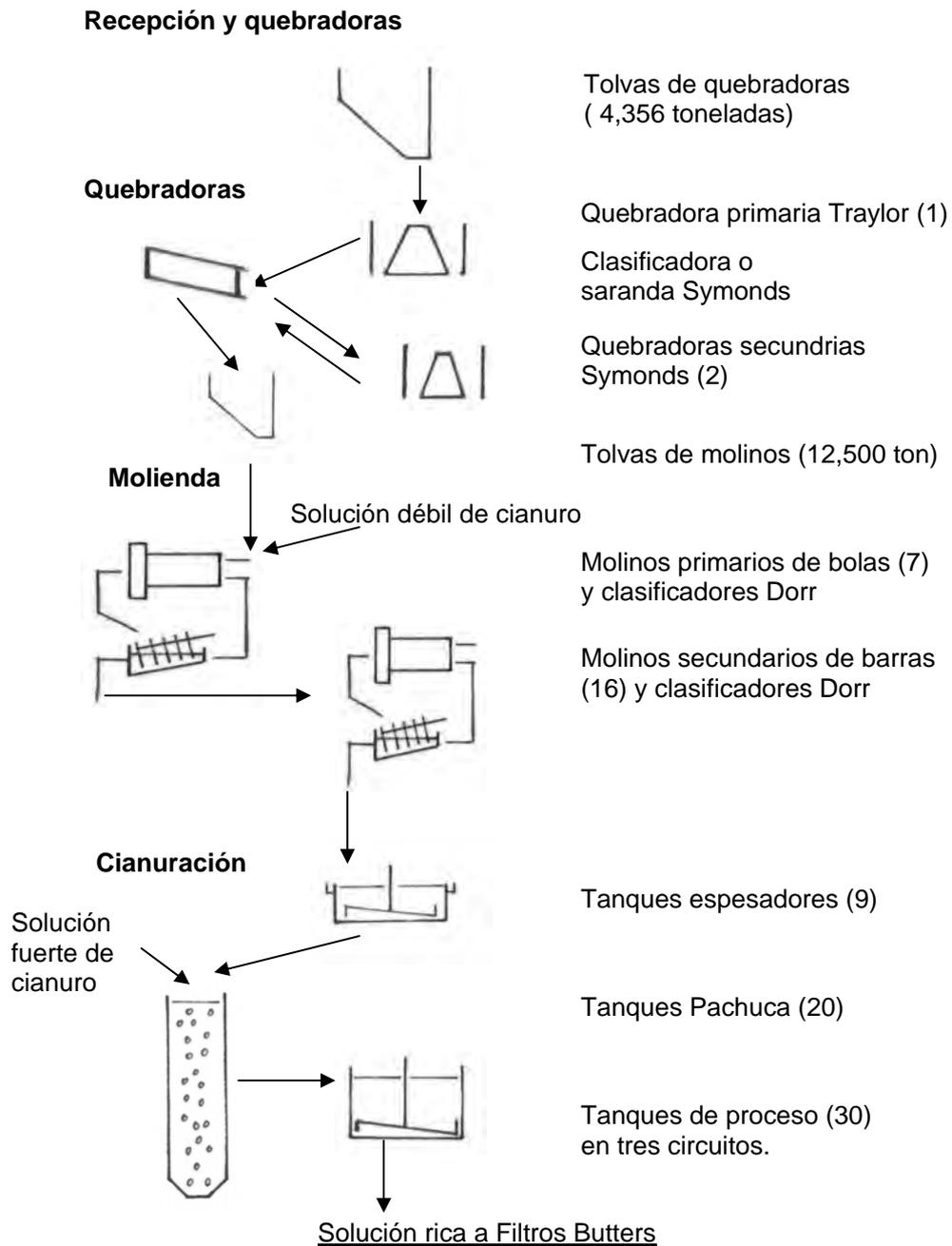


Figura 5.23
 Diagrama simplificado de la cianuración en la Hacienda de Loreto en 1932.
 Fuente: GARCÍA, Ing. J. Aurelio, "Reseña Técnica Minera del Estado de Hidalgo",
 en: *Boletín Minero*, SICyT, noviembre de 1924 .



Figura 5.24

Banda transportadora de la quebradora primaria. Estos sistemas de transporte permitieron el manejo continuo de grandes volúmenes de materiales. Se aprecia, suspendido sobre el sistema, un gran electroimán que permite retirar clavos y restos metálicos a fin de que no dañen las quebradoras secundarias.

Fuente: Fotografía del autor ca. 1974.

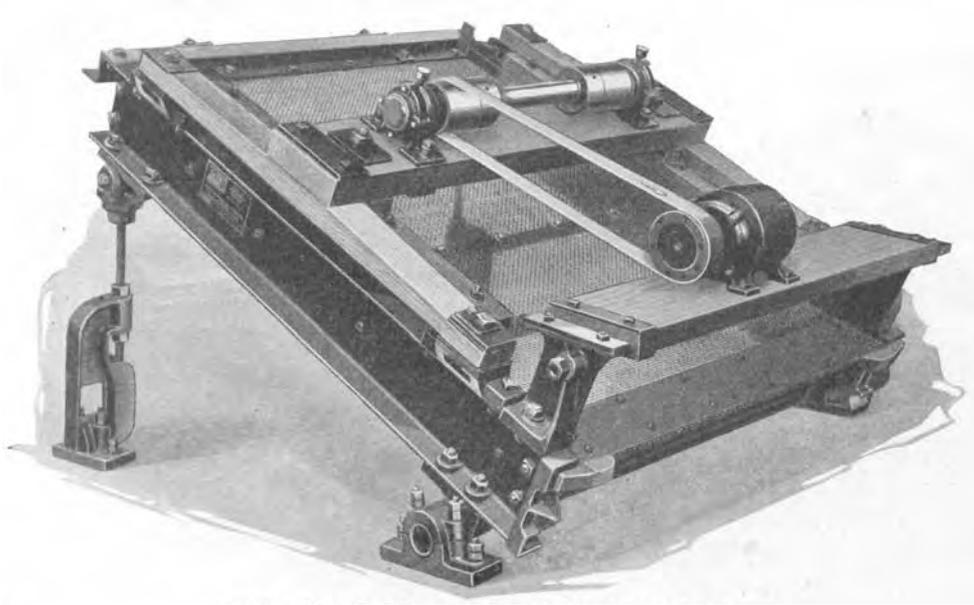


Figura 5.25

Criba vibratoria . Equipos similares a éste se utilizan para clasificar los trozos de roca según el tamaño. Al caer el material, una malla de alambre de acero de tamaño específico deja pasar las partículas pequeñas, las grandes continúan deslizándose por la parte superior. Un movimiento oscilatorio producido por un motor ayuda al proceso.

Fuente: *Keystone Metal Quarry Catalog 1927*, Mc. Graw Hill, New York.

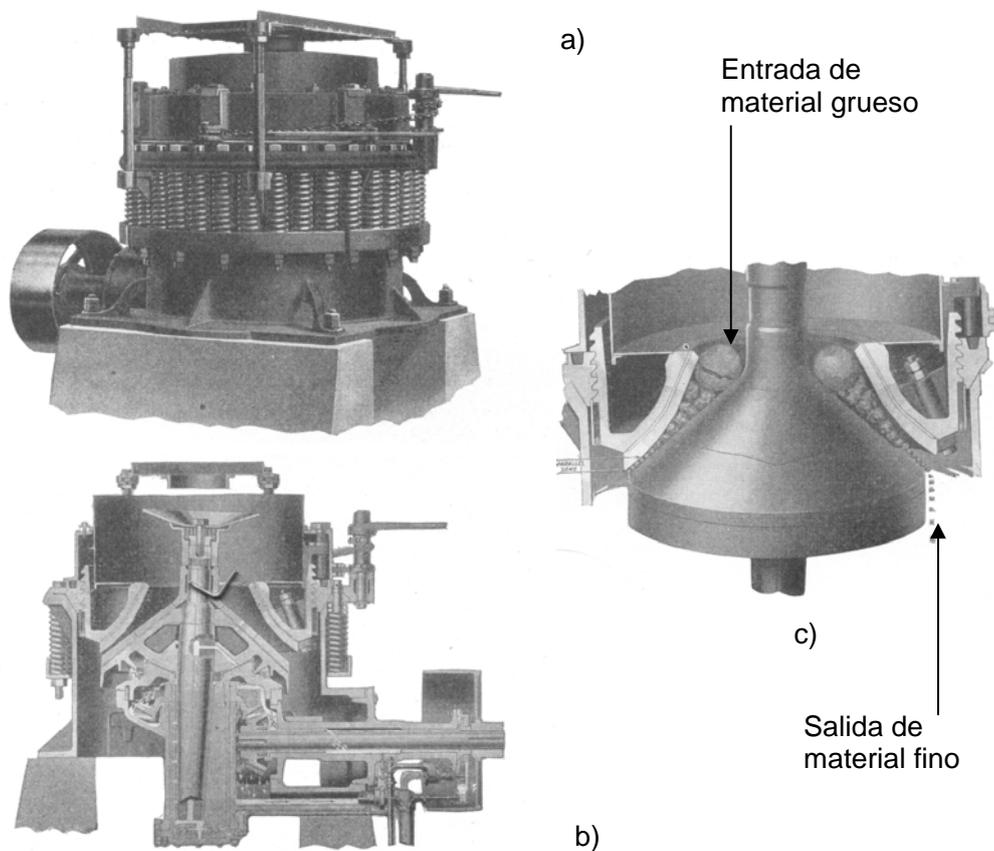


Figura 5.26

Quebradora giratoria Symonds, utilizada en el quebrado secundario. La quebradora primaria tenía el mismo principio.

- Vista de la máquina, el mineral se introduce por la parte superior y sale quebrado en el fondo.
- Corte en que se muestran los principales componentes internos. La transmisión le imparte un movimiento giratorio que ocasiona un vaivén del cono.
- Detalle en corte del cono, el material entra y con el movimiento giratorio y de vaivén, se va quebrando hasta salir por la periferia de esa pieza.

Fuente: *Keystone Metal Quarry Catalog 1927*, Mc. Graw Hill, New York.

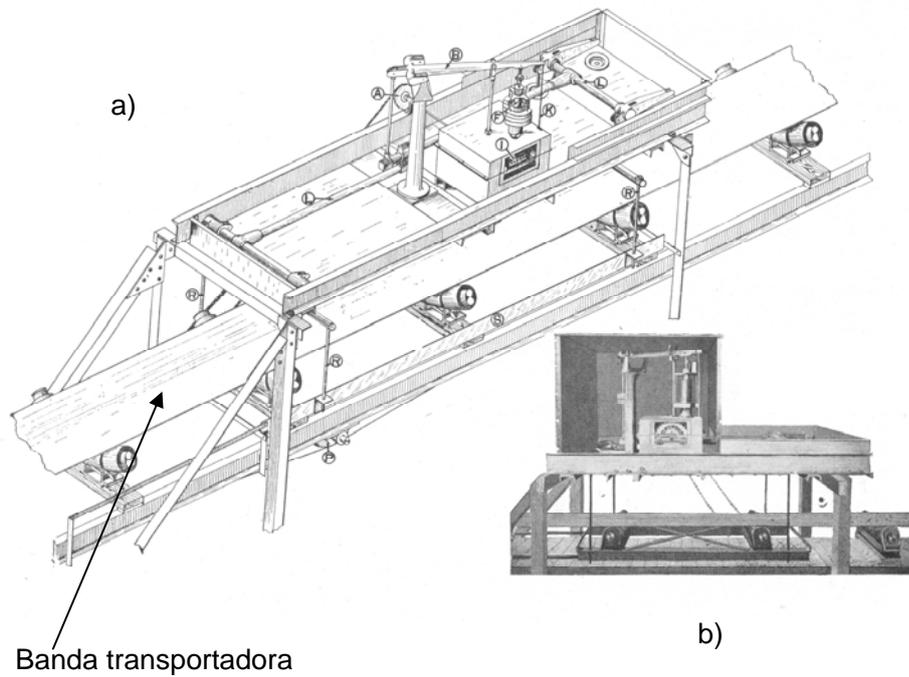


Figura 5.27

Balanza automática Merrick. Este equipo permitía pesar la carga que pasaba por la banda transportadora principal. Su funcionamiento se basaba en la diferencia de tensión generada en el retorno de la banda cuando era sometida a una cantidad variable de material.

a) Esquema que muestra la instalación sobre un sistema de banda transportadora.

b) Detalle del equipo que detectaba la diferencia de tensión en el retorno de la banda.

Fuente: *Keystone Metal Quarry Catalog 1927*, Mc. Graw Hill, New York.

Extracción de piedra caliza

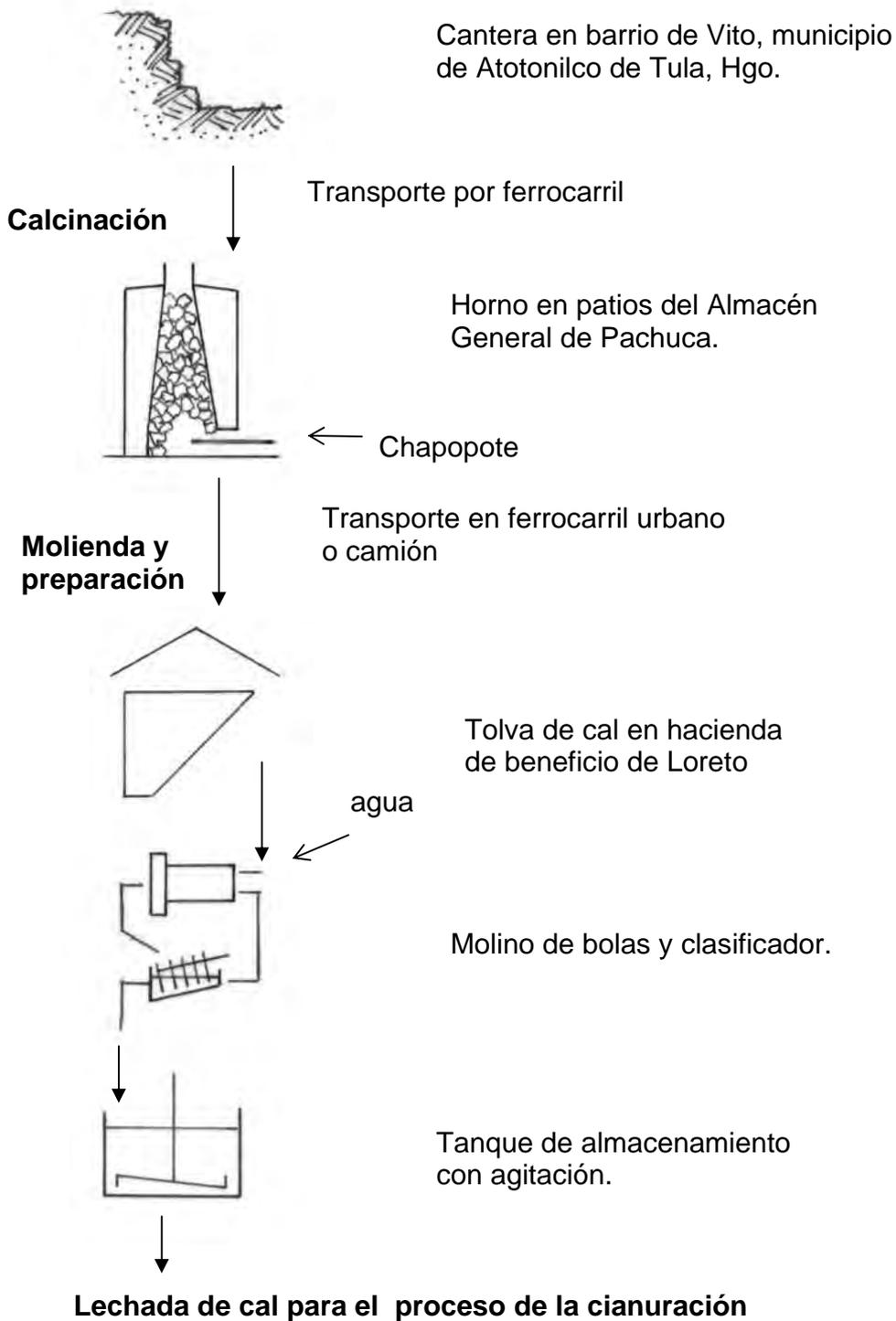


Figura 5.28

Diagrama de flujo de proceso de la cal para el beneficio de cianuración.

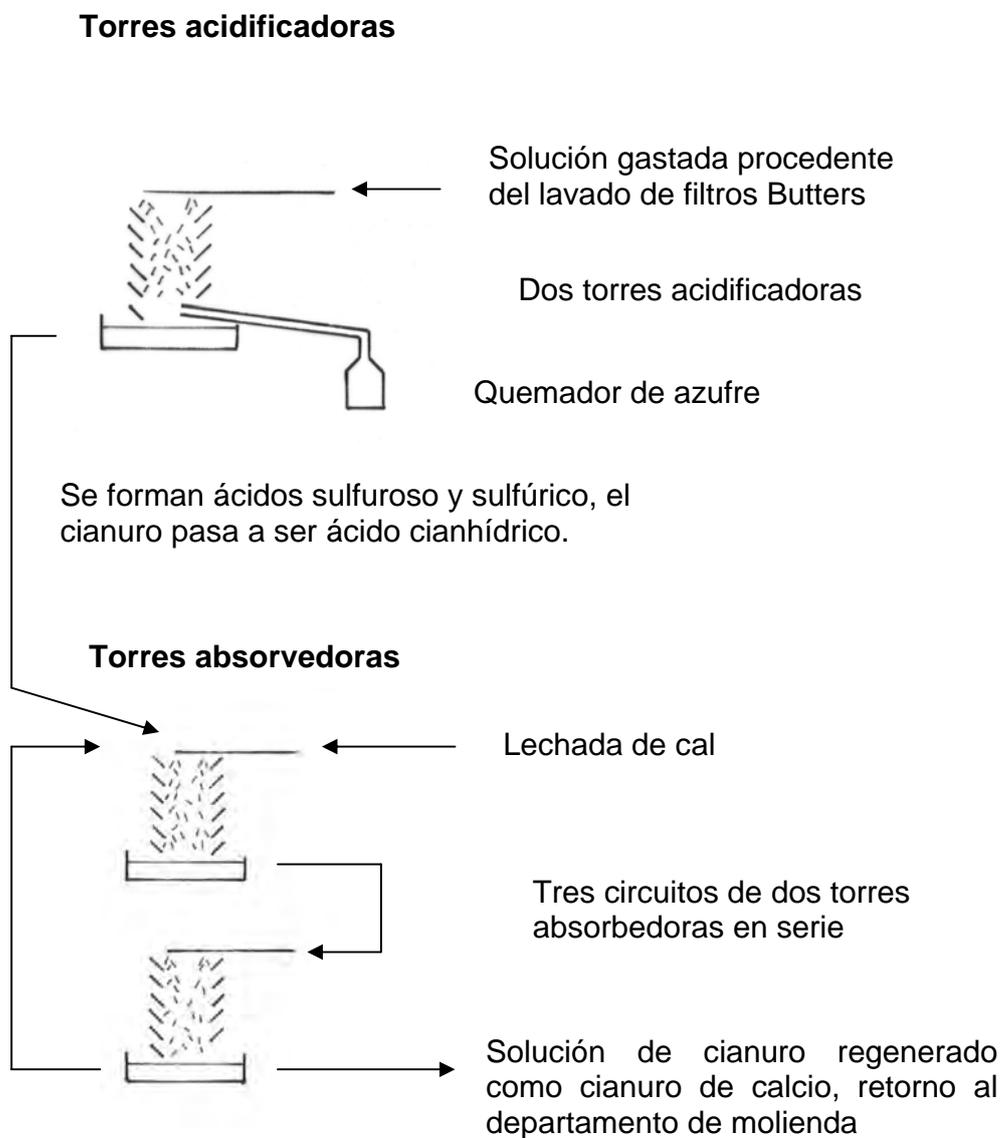


Figura 5.29

Círculo de regeneración del cianuro. Esta instalación se utilizó a partir de 1929. Permitía regenerar el cianuro gastado disminuyendo su consumo y la emisión de este tóxico. Sin embargo, los escapes de la combustión del azufre eran también contaminantes. Dejó de operar en 1984.

Fuente: GALINDO y R., José J. *El Distrito Minero Pachuca-Real del Monte*, Compañía de Real del Monte y Pachuca, Pachuca, 1957.

Apartado con ácido

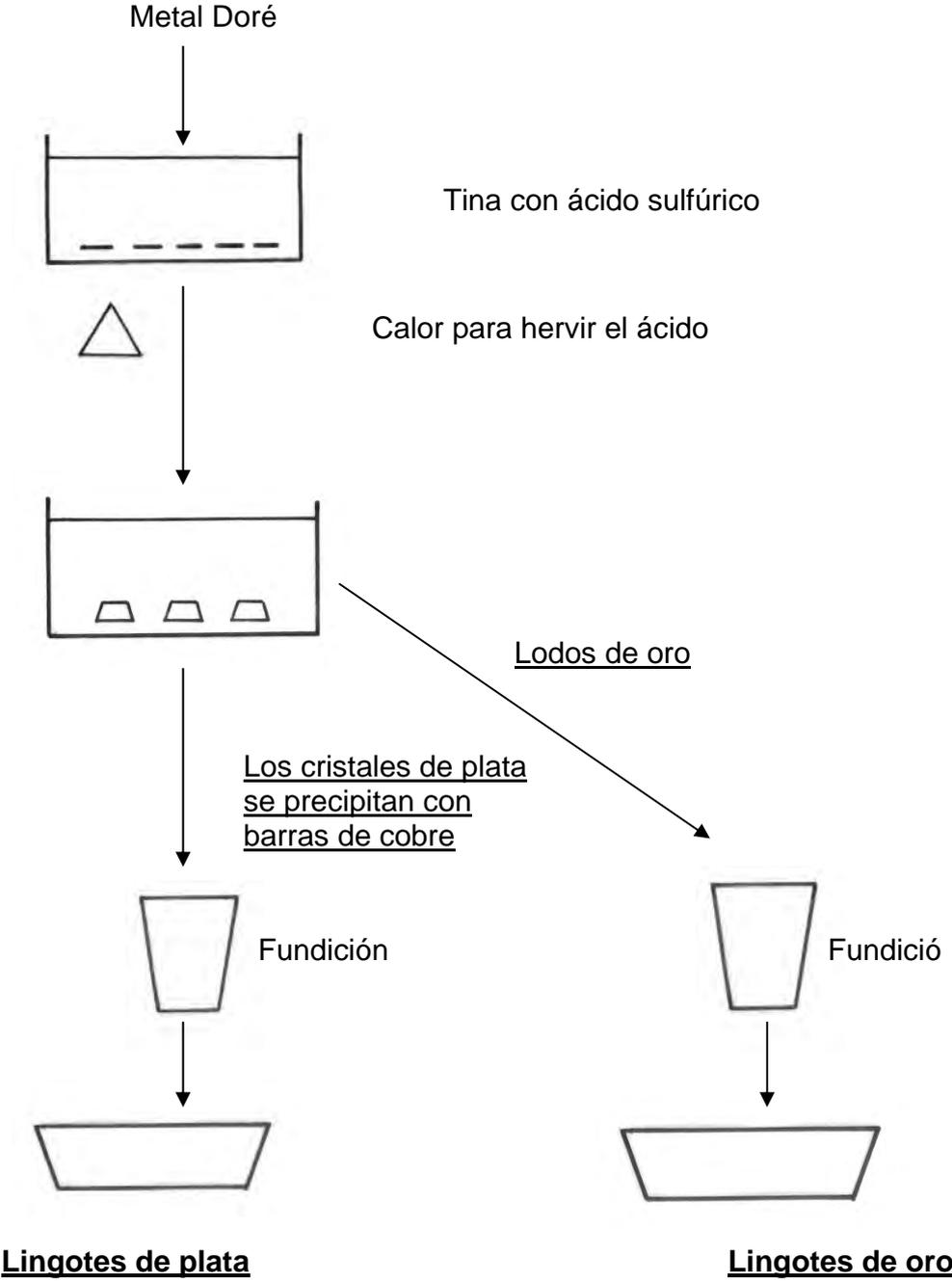


Figura 5.30
Esquema simplificado del apartado con ácido.
Fuente: AHCRdMyP, Fondo Norteamericano, Archivo de la Dirección, Reportes de Molinos, 1906, vol. 137 exp. 54, p. 8, 9

Edificio de la refinera.

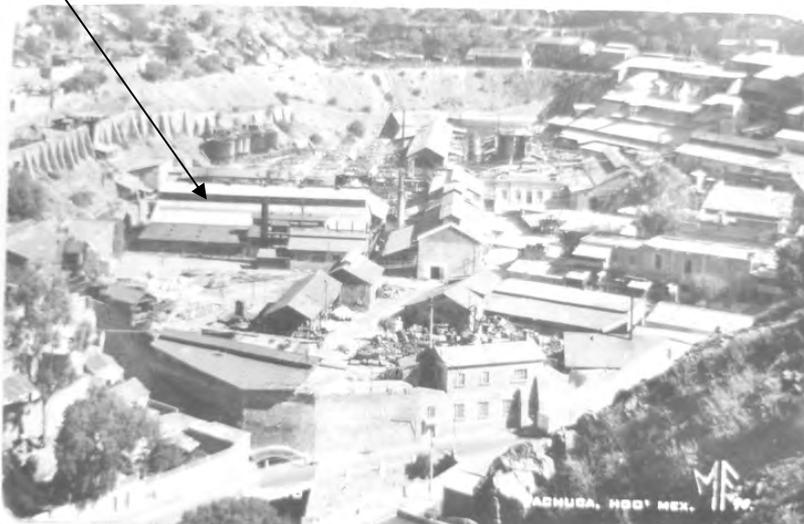


Figura 5.31
Postal con la hacienda de Loreto en los primeros años de la década de 1950. Se señala el edificio de la refinera.
Fuente: Mercado de antigüedades de El Parián, Pachuca, Hgo.

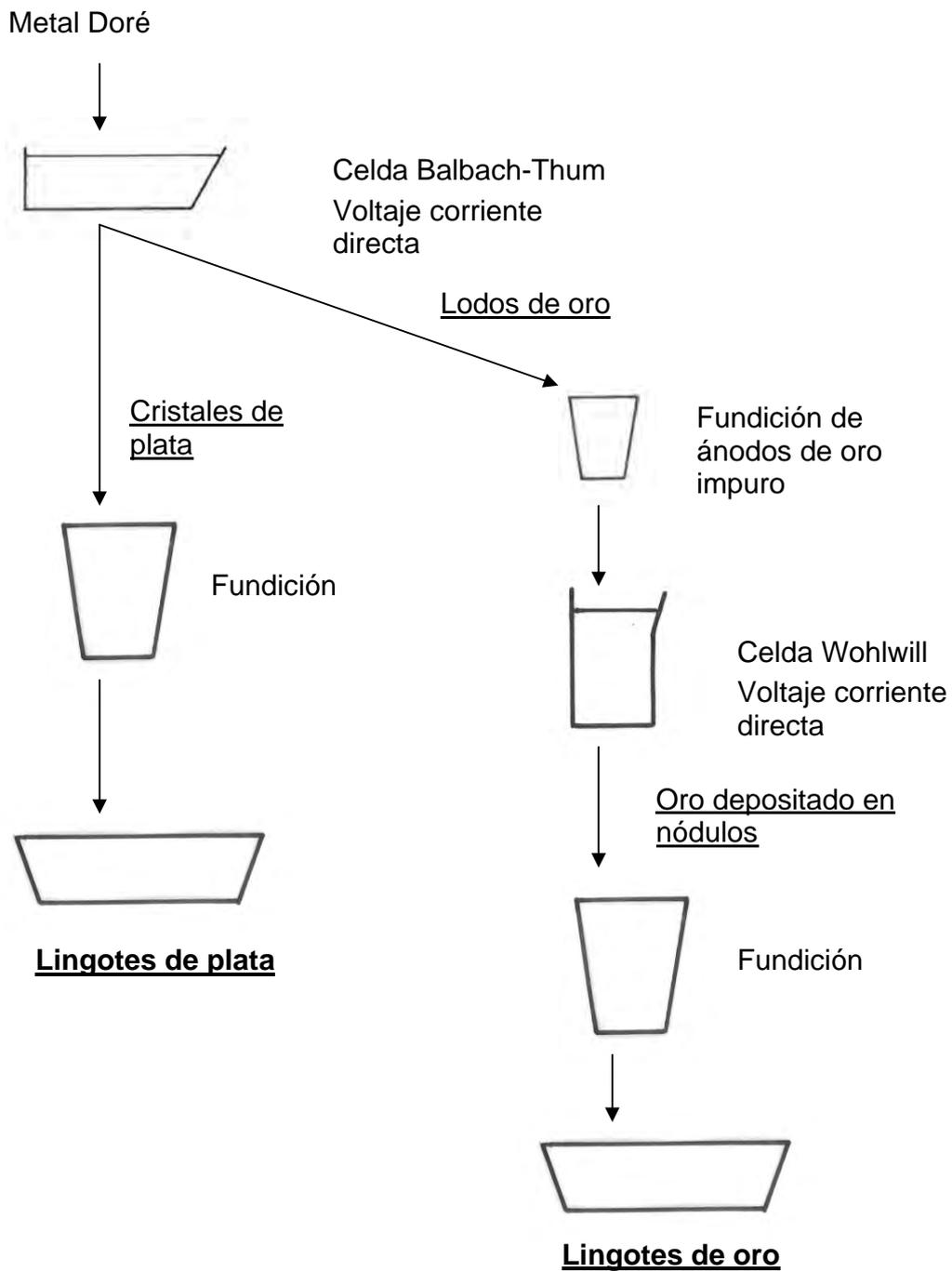


Figura 5.32
 Esquema simplificado de los procesos de la refinería.
 Fuente: GALINDO y R., José J. *El Distrito Minero Pachuca-Real del Monte*, Compañía de Real del Monte y Pachuca, Pachuca, 1957.

Celda Balbach-Thum

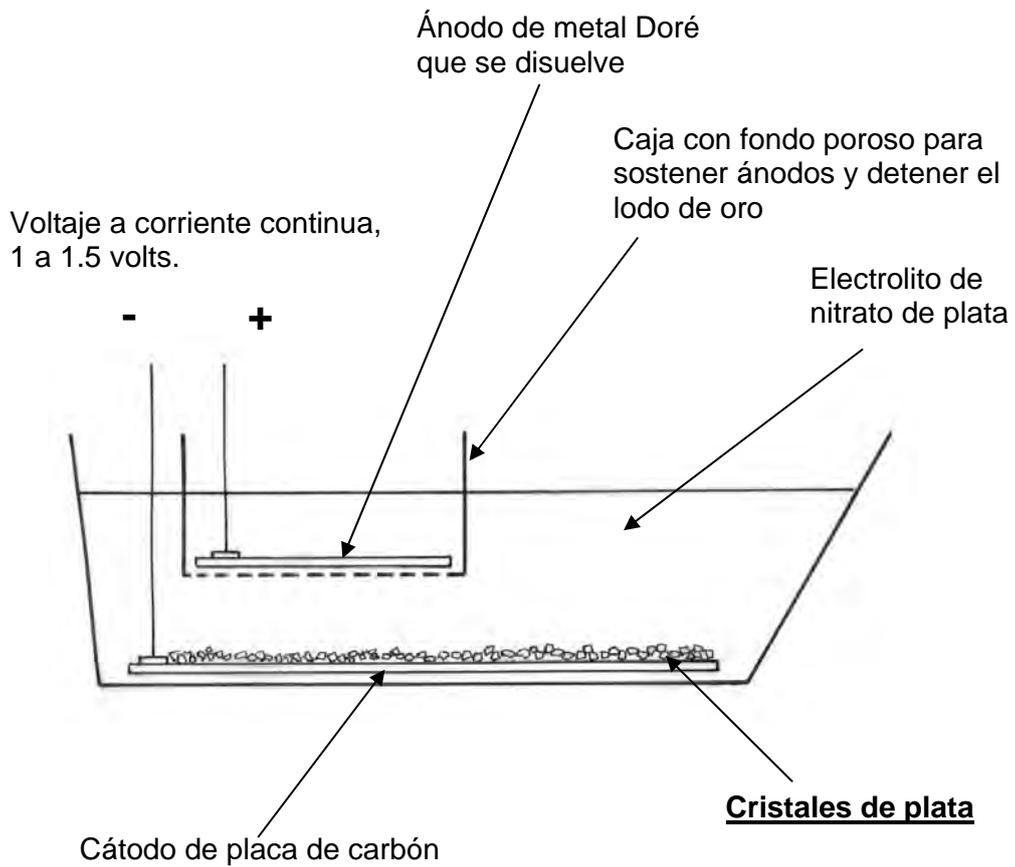


Figura 5.33

Celda Balbach-Thum para obtención de cristales de plata.

Fuente: Elaboración propia a partir de BRAY, John, L. *Metalurgia extractiva de los metales no férreos*, prólogo de Francisco Muñoz del Corral, traducción de José María Bermúdez, Ediciones Interciencia, Madrid, 1ª. edición en español, 1966.



Figura 5.34

Lingotes de plata de la Cía. de Real del Monte y Pachuca.

Fuente: "Beneficio y refinación en Real del Monte, el largo camino del oro y la plata", en: Fusión, Grupo Acerero del Norte, no. 24, mayo-junio, 1997, p. 37.

Celda Wohlwill

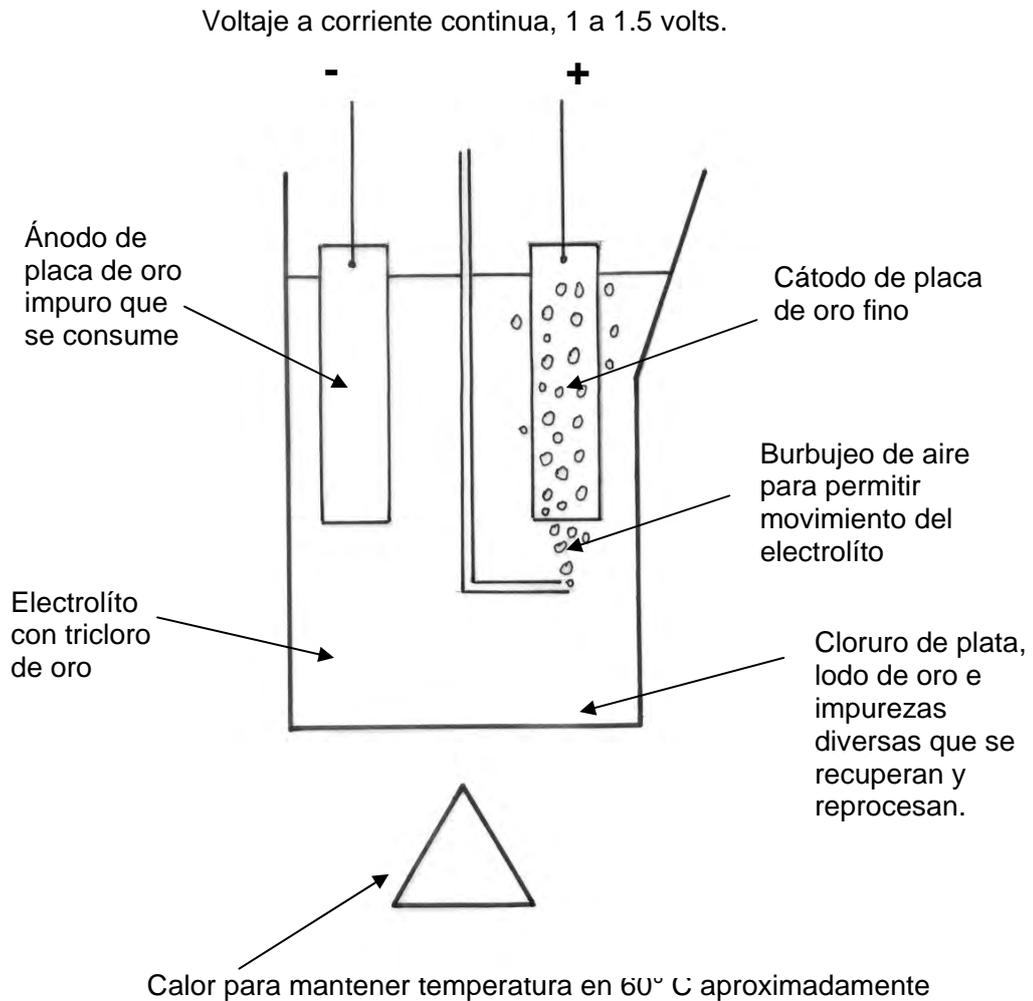
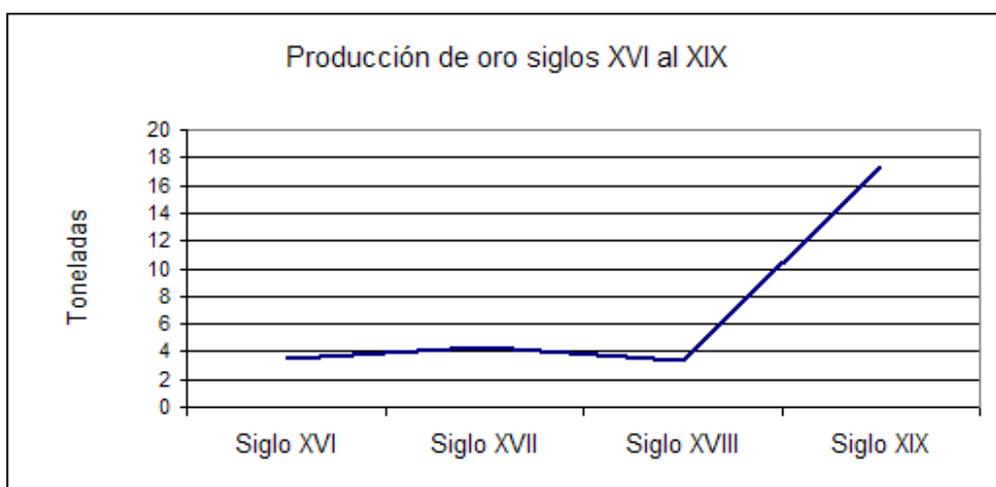
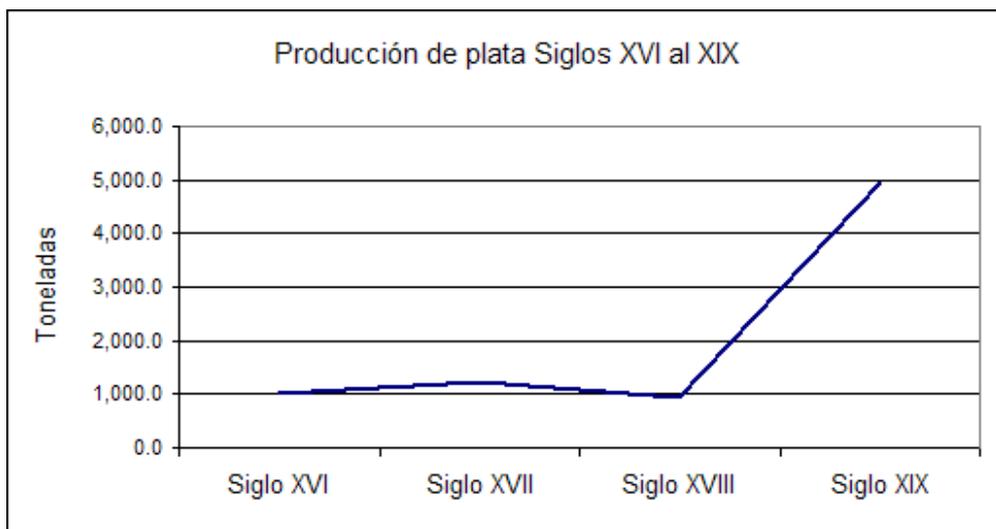


Figura 5.35

Celda Wohlwill para obtención de oro fino.

Fuente: Elaboración propia a partir de BRAY, John, L. *Metalurgia extractiva de los metales no férreos*, prólogo de Francisco Muñoz del Corral, traducción de José María Bermúdez, Ediciones Interciencia, Madrid, 1ª. edición en español, 1966.

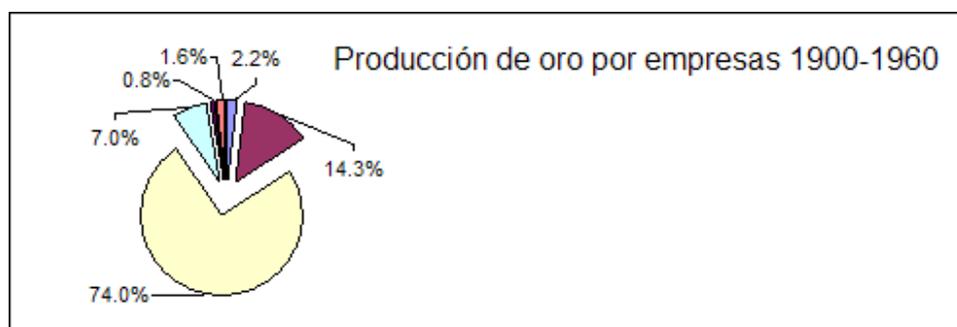
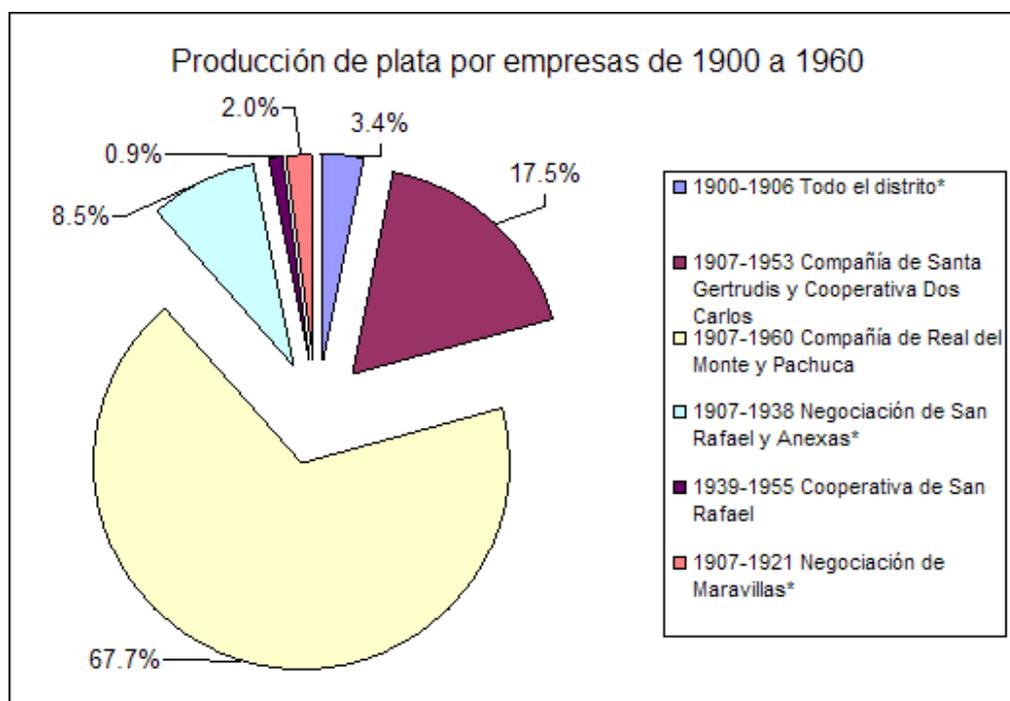


Período	Toneladas	
	Plata	Oro
Siglo XVI	1,008.0	3.53
Siglo XVII	1,244.0	4.35
Siglo XVIII	937.0	3.41

Siglo XIX	4,946.6	17.31
Total	8,135.6	28.6

Figura 5.36
Producción de plata y oro en el distrito Pachuca Real del Monte en los siglos XVI al XIX.

Fuente: PROBERT, Alan, *op. cit.*, 1963 tabla 3, p. 109.



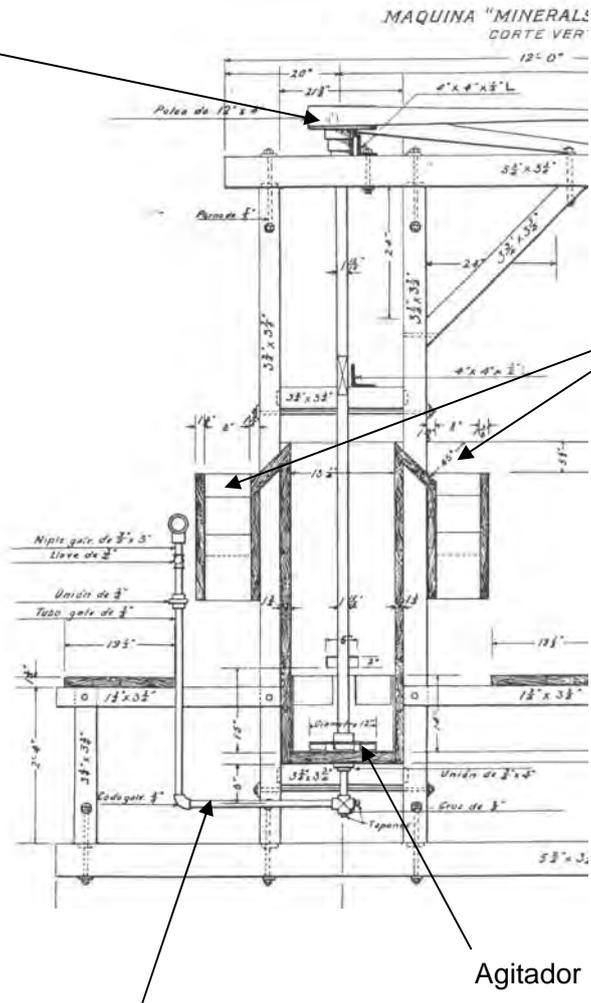
Período y empresa	Toneladas	
	Plata	Oro
1900-1906 Todo el distrito*	1,026.4	3.59
1907-1953 Compañía de Santa Gertrudis y Cooperativa Dos Carlos	5,278.4	23.50
1907-1960 Compañía de Real del Monte y Pachuca	20,439.0	121.32
1907-1938 Negociación de San Rafael y Anexas*	2,560.0	11.52
1939-1955 Cooperativa de San Rafael	285.7	1.33
1907-1921 Negociación de Maravillas*	600.0	2.70
Total	30,189.5	163.96

Figura 5.37

Producción de plata y oro por las principales empresas del distrito Pachuca Real del Monte durante el período de 1900 a 1960.

Fuente: PROBERT, Alan, *op. cit.*, 1963 tabla 3.

Accionamiento del agitador



Vertederos para captar el derrame de la espuma

Tubería aire comprimido

Agitador

Figura 5.38

Diagrama que muestra corte de celda de flotación de la marca *Minerals Separation*, el material de construcción es principalmente madera. En el centro se tiene un eje que recibe movimiento de un motor y acciona el agitador colocado en el fondo. Una tubería proporciona aire comprimido y descarga abajo del agitador. Por acción de los reactivos señalados, las partículas con valores se adhieren a las burbujas de la espuma y ascienden a la superficie de donde el mineral se recoge por los dos vertederos laterales.

Fuente: GARCÍA, Aurelio, "La hacienda de beneficio de Guerrero, Omitlán Hgo., Informe de su inspección", en: *Boletín Minero*, Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, noviembre de 1922.

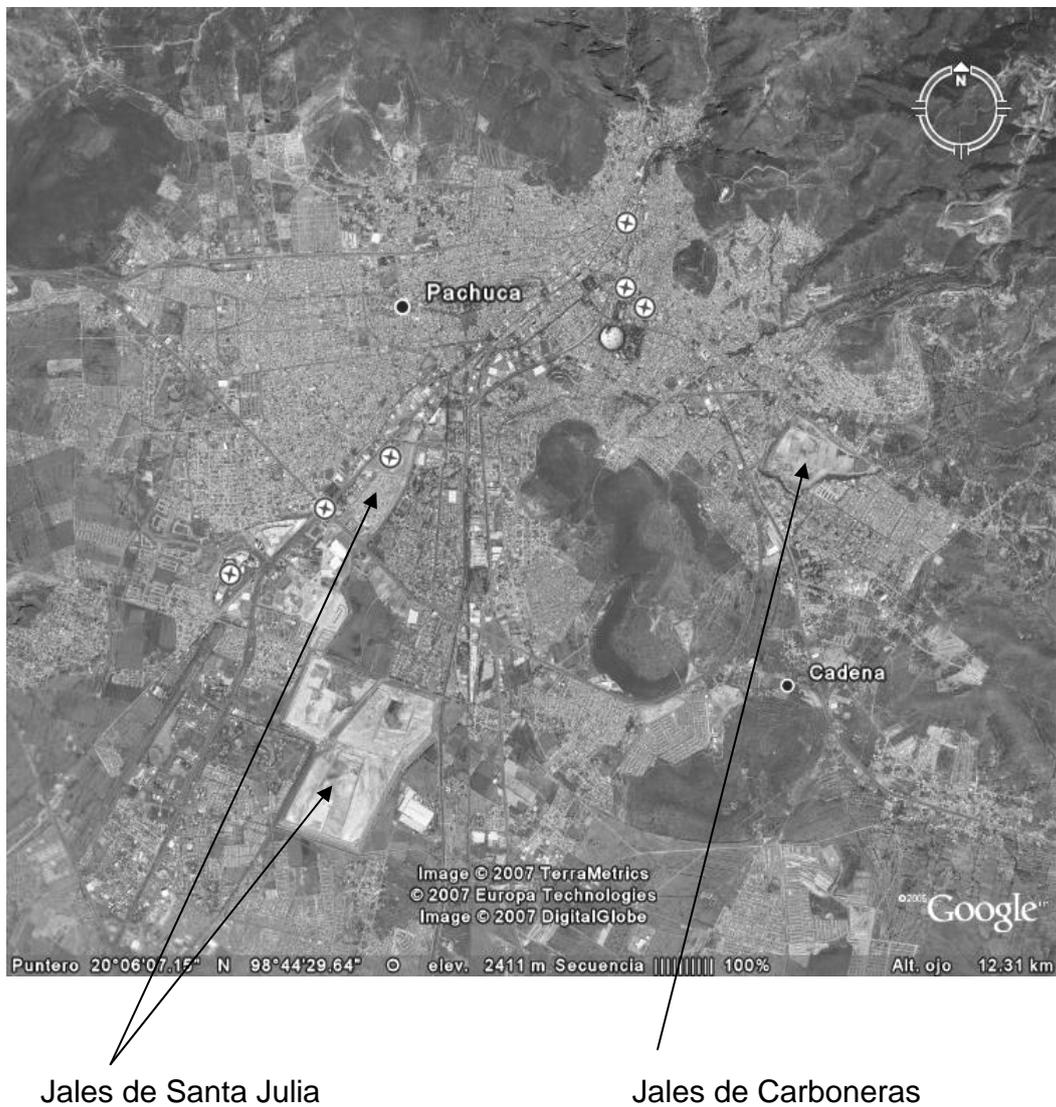


Figura 5.39
Vista satelital actual de la ciudad de Pachuca en la que se aprecian los depósitos de jales de Santa Julia y los de Carboneras.
Fuente: Google Earth, 2007.

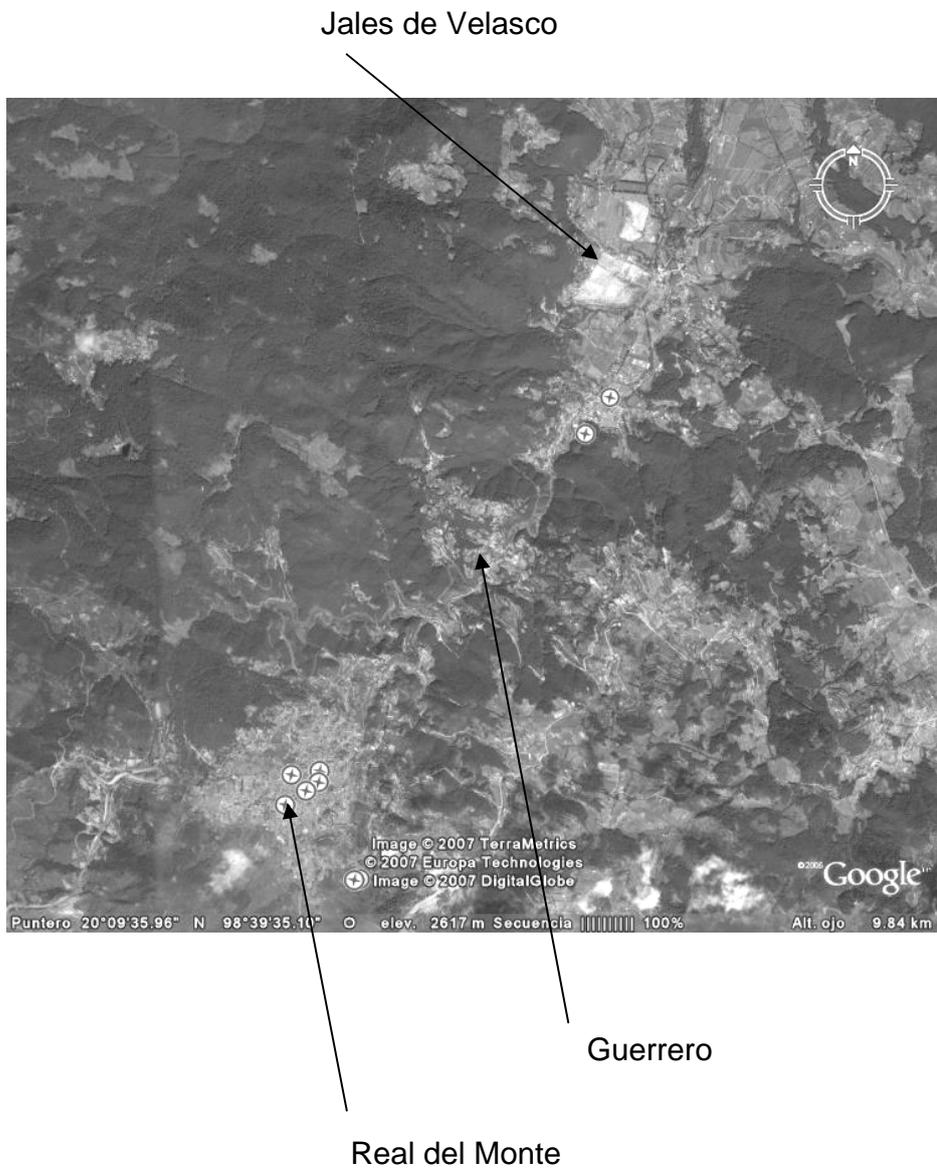


Figura 5.40
Vista satelital actual donde se aprecian Real del Monte, el sitio de la hacienda de Guerrero y los jales de Velasco.
Fuente: Google Earth, 2007.



Figura 5.41

Vista aérea de los jales de Santa Julia de Pachuca, los principales de esa ciudad. La imagen corresponde a la década de 1960 y se refiere a un proceso de ampliación de los mismos durante el período de la empresa paraestatal en el que se contempló una permuta de terreno con el club de golf.

Fuente: WRAY, María Fernanda, *El golf en Hidalgo, un legado para México*, Gobierno del Estado de Hidalgo, México, 2002, p. 105.



Figura 5.42

Vista de la planta de bombeo de Santa Julia, se aprecia el tejado de la casa habitación destinada inicialmente al jefe de bombeo, una nave de bombas entre los árboles y una nave construida con piedra que tiene la fecha 1922. En el fondo esta un centro comercial.



Figura 5.43

Vista de la planta de bombeo de El Venado. Al fondo se aprecian los depósitos de jales de unos 15 metros de altura. Este sitio actualmente se utiliza para carga de pipas de agua pluvial que se drena de las antiguas lagunas y solo se permite utilizarla en la industria de la construcción.

Fuente ambas figuras: Fotografías del autor, agosto 2007.



Figura 5.44

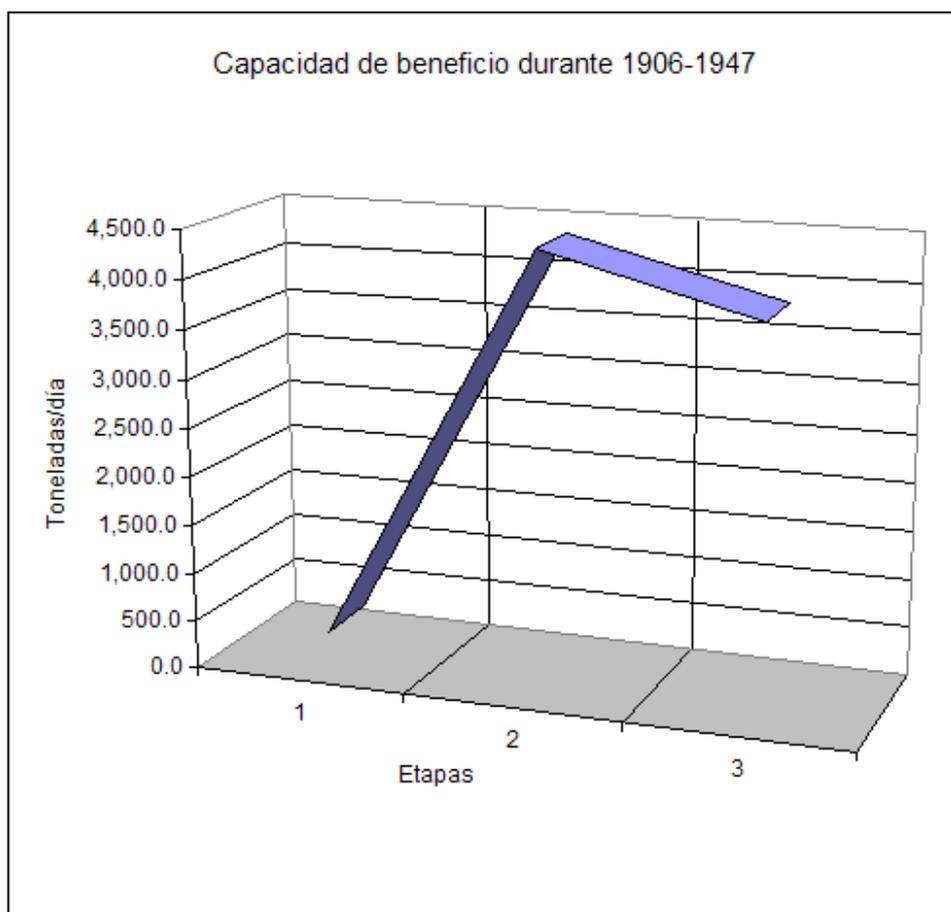
Vista actual de los sitios de las lagunas de precipitación. En un primer plano se observa el polvo característico de estos depósitos. Atrás se aprecia una vegetación de ciénega que ha proliferado en los sitios que acumulan mayor cantidad de agua de lluvia.



Figura 5.45

Vista en la que se aprecia el borde de una laguna de asentamiento, actualmente drenada. Ésta se localiza sobre una extensión mayor, la técnica era de superponer los sitios de asentamiento. Se sitúa a unos 15 metros sobre el nivel original del terreno.

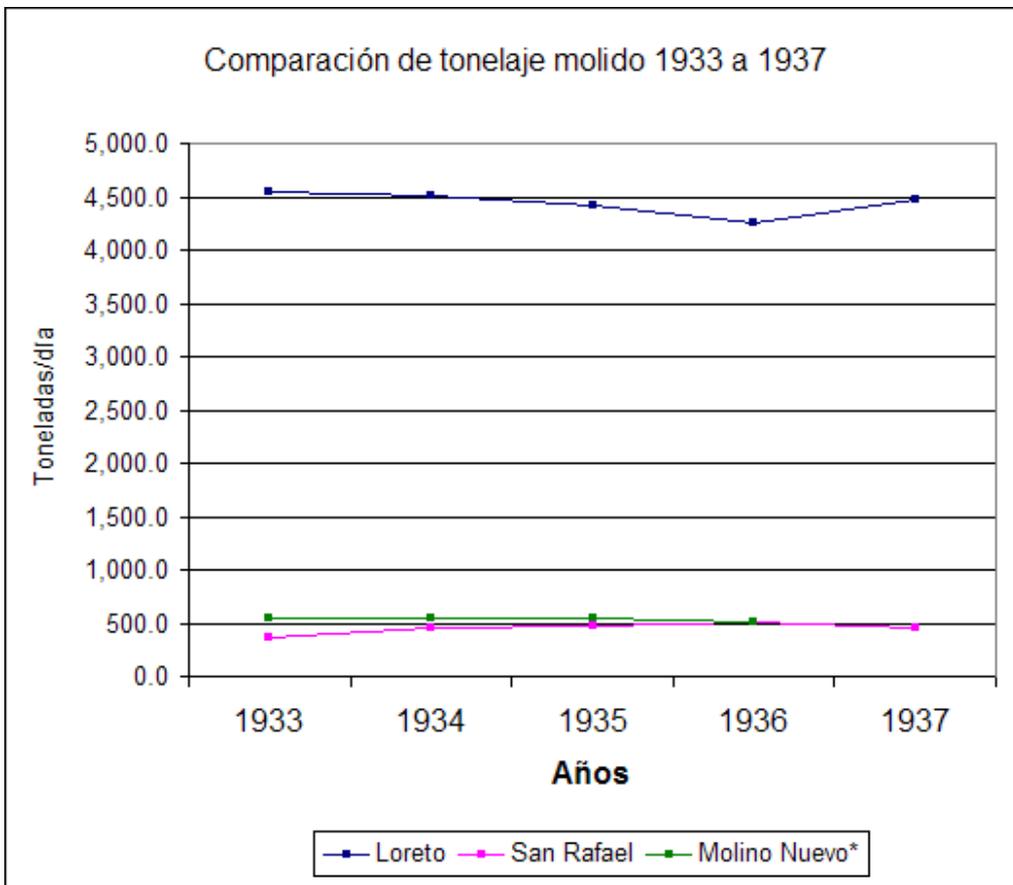
Fuente ambas figuras: Fotografías del autor, agosto 2007.



Etapas	Ton/día
1) Inicio de período de estudio en 1906.	295.1
2) Etapa de mayor producción 1932-1941.	4,406.6
3) Retiro de norteamericanos en 1947.	3,855.7

Figura 5.46
Gráfico del beneficio de minerales por cianuración de la Compañía

de Real del Monte y Pachuca durante el período norteamericano.
 Nota: A partir de los datos mensuales se calculó el promedio diario
 asumiendo 25.42 días laborables al mes.
 Fuente: PROBERT, Alan, "Reseña Histórica", en: GEYNE, A. *et.al.*
 Publicación 5 E del Consejo de Recursos Minerales, México 1963.



Año	Loreto	San Rafael	Molino Nuevo*
1933	4,539.3	368.5	538.4
1934	4,513.8	461.6	536.4
1935	4,426.2	472.8	539.7

1936	4,258.4	515.1	506.2
1937	4,467.5	463.6	

* Pertenece a la Cía. de Santa Gertrudis-Dos Carlos.

Figura 5.47

Comparación de las toneladas diarias molidas por distintas haciendas del distrito minero Pachuca Real del Monte en los años de 1933 a 1937.

Nota: A partir de datos anuales se calculó el promedio diario asumiendo 305 días laborales al año.

Fuente: *Geografía Económica del Estado de Hidalgo*, Sria. de la Economía Nacional, México, 1939.

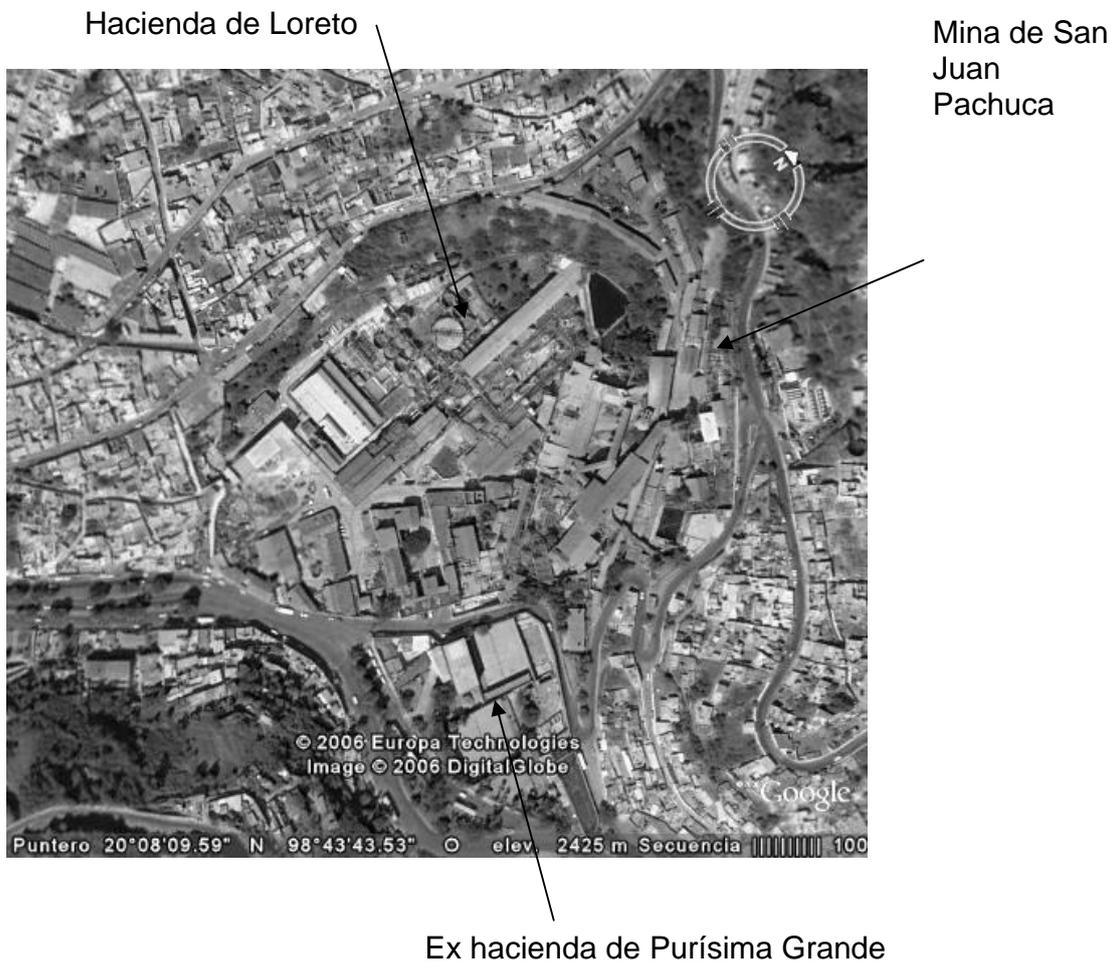


Fig. 5.48

Vista satelital de la hacienda de Loreto y alrededores. La compañía tiene aquí sus oficinas principales. La exhacienda de Purísima Grande, sitio donde se desarrollo del método de patio en el siglo XVI, es una unidad deportiva que ha sido adquirida en 2007 por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Fuente: Google Earth, actualización 2006.

CAPÍTULO 6 FABRICACIÓN DE EQUIPOS DE PROCESO

En este capítulo se comenta la fabricación local de algunos equipos usados por la Compañía Real del Monte y Pachuca o por los talleres locales en el proceso del beneficio de los minerales; lo cual constituye un legado tecnológico del período de estudio. Se asume que la fabricación de estos equipos es un indicador claro del grado de asimilación, tanto de la tecnología empleada en el beneficio de los minerales, como de la capacidad de innovación mostrada por los trabajadores de la región en los distintos procesos y tecnologías involucradas.

6.1.- Fabricación de equipos para beneficio de minerales

6.1.1 Fabricación propia

Desde la segunda mitad del siglo XIX en la maestranza de Real del Monte, se habían realizado trabajos complejos como la fabricación de máquinas de vapor, malacates y otros equipos. Posiblemente los sistemas para el repaso mecánico de la amalgamación que son mencionados en el capítulo 4 habían sido fabricados ahí. De acuerdo a lo anterior se contaba con gran experiencia. Los norteamericanos aprovecharon eso, se tiene referencia de trabajos encargados a los talleres como la fabricación de embragues para molinos que se instalaron en Loreto en 1906.¹ Como parte de las medidas de la nueva administración, se procedió en los años de la Revolución Mexicana, al traslado a Pachuca de los talleres.²

¹ AHCRdMyP, Archivo especial de la Dirección, Reportes Anuales, vol. 137, exp. 54, p. 28.

² En un recorrido en lo que queda de las instalaciones, se tomó nota de las fechas que aparecen en algunos de los edificios. En la nave dedicada a dar servicio a locomotoras y que era perpendicular a la nave principal de los talleres se tiene la inscripción 1913. Un conjunto de construcciones donde se alojaban el departamento de primeros auxilios y el laboratorio metalúrgico, tiene el año de 1918. El gran edificio del almacén general ostenta 1920 en la parte superior de sus ventanas.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El sitio elegido para las nuevas instalaciones, fue en extensos terrenos al sur de Pachuca, con conexión a vías de ferrocarril, de modo que también ahí se ubicó el Almacén General y el Departamento de Tráfico. El equipamiento contó con la mejor maquinaria disponible en su momento y permitió hacer frente a los compromisos tecnológicos que se enfrentarían en correspondencia a la magnitud de operaciones que se preveían. Una descripción de las instalaciones en la década de 1920 indica lo siguiente:

Almacenes y talleres son mantenidos en cada unidad minera y molino, pero el almacén general y los talleres principales se localizan en las afueras de Pachuca. Estos talleres principales conocidos como la maestranza, incluyen una de las mayores instalaciones para trabajos mecánicos de México. Está adecuadamente equipada e incluye taller de modelos y fundición, pailería y remachado, fábrica de clavos, taller de maquinado, soldadura y carpintería. También se localiza aquí el garaje de la compañía. Se dispone de una flotilla de doce camiones de cinco y media tonelada y otros menores para distribuir los suministros a las propiedades de la compañía localizadas en la región.³

La figura 6.1 muestra imágenes de los talleres que aunque de época más reciente, permiten tener una idea de tales espacios. En las figuras 6.2 y 6.3 se tienen una vista del almacén principal y de maniobras en los patios.

El esquema organizativo por el cual la Compañía de Real del Monte y Pachuca hacía gran cantidad de actividades es comprensible en la perspectiva de las compañías de gran tamaño que se generaron en el ambiente de la Segunda Revolución Industrial a fines del siglo XIX e inicios del XX.⁴ La cobertura de esas empresas llegaba a todos los aspectos relativos a su proceso productivo principal, se extendía a las reparaciones de maquinaria, se encargaba de las ampliaciones de sus instalaciones y muchas veces de proveer de servicios de urbanización y

³ LARSON, C.B., *op. cit.*, p. 9.

⁴ CAZADERO, Manuel, *op. cit.*, pp. 109, 110. El esquema de empresa de gran cobertura se puede entender de acuerdo a este autor en el sentido de que estas entidades permitían:

1 la inversión de grandes capitales y

2 El uso de muchas de las innovaciones tecnológicas que se habían generado en el período.

abastecimiento a su personal, aspecto que se comentó en el apartado 1.1.5. La Real del Monte ejerció eso en pequeña escala a sus altos empleados, principalmente extranjeros, a los que proporcionaba vivienda y servicios de energía eléctrica, telefonía, abasto de agua, mantenimiento de las fincas y recolección de basura.

En cuanto a la fabricación propia de refacciones y de componentes para los equipos de las haciendas de beneficio, se puede señalar el templado de bola de acero para los molinos:

Al reconstruirse Loreto en 1929, cuatro molinos Traylor de 6' x 12' [1.83 x 3.67 metros] de barras, se dejaron de operar con barras y se usará bola. Eso es por haberse conseguido dar el temple adecuado a las bolas de todos los tamaños que nos abastecemos de la Fundidora de Hierro y Acero de Monterrey. En especial la bola templada de 5" [12.7 centímetros] da un gran ahorro respecto al uso de barras.⁵

En relación a lo anterior, en el período paraestatal se pasó a la fabricación completa de la bola a partir de barra de acero en los talleres de maestranza. La fundición de los revestimientos internos de los molinos fue un objetivo que se consiguió con éxito. Los tanques, engranes, las grandes coronas para los molinos y todo tipo de refacciones para las diversas máquinas eran analizados para ver la factibilidad y la conveniencia de su fabricación en los talleres propios o si era mejor encargarla al proveedor del equipo. Muchas veces se debía tomar en cuenta, la demora en tiempo de entrega por su transporte desde el extranjero.

Los talleres propios permitían a la compañía el abastecerse con carros de minas como el que se muestra en la figura 6.4. Un ejemplo de asimilación de habilidades tecnológicas, ya en el período paraestatal, fueron la construcción entre 1977 y 1980 de maquinaria compleja. Tal es el caso de un carro con brazos articulados para soporte de máquinas perforadoras que se muestra en la figura 6.5

⁵ AHCRdMyP, Operaciones de los molinos, noviembre 17 de 1932, vol. 67, exp. 19, f. 5.

y la planta móvil para procesamiento de minerales que por encargo de la Comisión de Fomento Minero se diseñó y construyó en la maestranza y que se ilustra en la figura 6.6.⁶

6.1.2 Fabricación externa

El esquema empresarial de empresa de gran tamaño se canceló progresivamente, debido a que las condiciones económicas comenzaron a ser desfavorables a fines de la década de 1920 y que coinciden con la crisis mundial de 1929-1932. Como consecuencia se genera un adelgazamiento de la Compañía de Real del Monte y Pachuca en el que la reducción de actividades es una constante.

Los acontecimientos antes señalados trajeron consigo un excedente de mano de obra, que favoreció una diversificación de actividades productivas en la región. Así se el establecimiento de empresas para fabricar calzado de seguridad para uso en las minas e industrias, la mas grande fue la Tenería de Pachuca en 1924, la cual tiene la marca Ten Pac que a la fecha persiste.⁷ También en Real del Monte se pasó de una reparación y fabricación de calzado de manera artesanal a establecimientos industriales como Real Eterno, Combate y Duramax, la primera ya desaparecida pero las dos últimas en operación ahora en Pachuca. En otros rubros industriales en la década de 1930 se organizaron en Pachuca el molino de trigo El Dorado, Textiles Hidalgo y la fábrica de jabón La Lavandera.

Otro caso fue la fabricación local de equipos eléctricos favorecida a partir de la escasez propiciada por la Segunda Guerra Mundial:

⁶ Durante un período de la administración paraestatal en la década de 1970, se impulsaron los talleres como proveedores de equipo para minería y otras industrias incluyendo la automotriz, se instalaron hornos y maquinaria moderna. En el caso de las plantas móviles se pueden consultar sus particularidades en: ORTEGA MOREL, Javier, *Operación, selección e instalación del equipo eléctrico de una planta móvil para procesamiento de minerales*, Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma de Hidalgo, Pachuca, 1979, 53 pp.

⁷ Notas de la historia de la Tenería de Pachuca y su fundador Sr. Everardo Márquez Guzmán se consultaron en: <http://everardomarquezespinoza.blogspot.com/feeds/posts/default>

No solo material y artefactos eléctricos de poca importancia se pueden producir en México, sino también dinamos, motores y transformadores, como ya en la actualidad se manufacturan en Pachuca por obreros mexicanos bajo la dirección del señor ingeniero Altner, los que se encuentran en servicio en diferentes negociaciones y con magníficos resultados.

Creemos que habrá capital privado que se invierta en esta actividad si se le dan todo género de garantías y se le protege con medidas arancelarias que les permitan subsistir en la posguerra sin que esto signifique precios exagerados.⁸

En las condiciones referidas de las décadas de 1930 y 1940, la actividad de los talleres dedicados a la fabricación de equipos contó con un ambiente favorable. Aquellos dedicados a proveer a la industria minera, fue su mercado en primera instancia, las empresas mineras de la región de Pachuca y Real del Monte. Debe considerarse que los enlaces entre la empresa minera y los talleres externos, tenían su antecedente en el siglo XIX con la Ferrería de Apulco, que fundía y fabricaba partes para maquinaria que por su tamaño o forma presentaban un elevado grado de complejidad y que no se hacían en los talleres de la empresa minera.⁹

En el caso de la fabricación de equipos en los talleres externos, se puede considerar el caso de la Fundición y Talleres Mecánicos Norberto Aranzábal de la ciudad de Pachuca. Esa empresa establecida en el año de 1909, se distinguió por su alta calidad, habiendo ganado un concurso para proveer de postes de

⁸ MACÍN, Francisco J., ZAVALA RUIZ. José, *La electrificación de México*, Talleres linotipográficos Jorge Briones, México, 1944, p. 18. Los referidos talleres persistieron hasta la década de 1980, se orientaron a fabricar reguladores de voltaje y cajas de seguridad. Una empresa que fabricó equipo eléctrico después de la Segunda Guerra Mundial fue la Industria Eléctrica de México "IEM" que se asoció con las empresas norteamericanas Westinghouse y Tappan para producir equipo eléctrico industrial, electrodomésticos y artículos de línea blanca. Establecieron su planta en el Estado de México.

⁹ La ferrería de Apulco, ubicada en una población próxima a Tulancingo fue comunicada a fines del siglo XIX por ferrocarril. Actualmente continúa en operaciones en forma de cooperativa.

alumbrado al Bosque de Chapultepec¹⁰. Entre los documentos del Archivo de Minería se localizó un folleto en el cual se ilustran diversos equipos sobresaliendo una quebradora, un molino de bolas, un clasificador tipo Dorr y celdas de flotación.¹¹ Las figuras 6.7 a 6.11 ilustran estos componentes, los cuales requieren de un alto grado de especialización en su fabricación y ajuste. Los talleres, de acuerdo al folleto proporcionaron maquinaria a diversas empresas y cooperativas mineras del país incluyendo a la Compañía de Real del Monte y Pachuca. La publicación referida hace énfasis también en el aspecto de que las máquinas se podían desarmar para facilitar su transporte a sitios de difícil acceso.

Los talleres referidos actualmente no operan, como tampoco lo hacen los de la empresa minera. Sin embargo, en la región han quedado pequeñas empresas que continúan fabricando componentes para maquinaria minera y realizan tareas de montajes y mantenimiento a equipos de proceso. Se puede entonces reflexionar en el sentido que en la región la herencia tecnológica de la minería ha tenido más persistencia que la propia explotación de los metales.

¹⁰ BETANCOURT, Salvador, SODI, (Editores), A., "Talleres Aranzábal", reportaje promocional en: *Álbum Histórico Mexicano*, México, 1922, sin página.

¹¹ Fundición y Talleres Mecánicos Norberto Aranzábal, *Maquinaria y accesorios para la industria minera*, Folleto descriptivo, Pachuca, Hgo. ca. 1940, 11 ff.



Figura 6.1

Escenas de la maestranza de Pachuca durante el período paraestatal en el que se sustituyeron muchas de la máquinas originales.

a) Vista de una parte de la nave de maquinado de los talleres de la maestranza.

b) Vaciado del horno de hierro a una olla para verter el metal en los moldes.

Fuente: Fotografías del autor, 1977.



Figura 6.2
Vista del almacén general de Pachuca durante la década de 1920.
Fuente: Postal adquirida en el mercado de antigüedades de El Parián de Pachuca.



Figura 6.3
Maniobra de carga de troncos de madera con la grúa de vapor a camión Mack para llevarla a las minas. Estos vehículos operaron hasta la década de 1980, actualmente se encuentran preservados por el Archivo y Museo de Minería de Pachuca.
Fuente: Fotografía del autor, 1977. 226

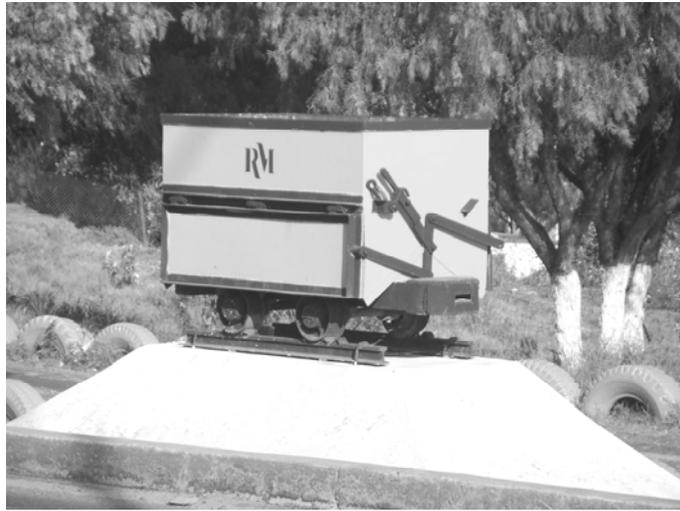


Figura 6.4
Carro de mina del tipo de los construidos por la Compañía Real del Monte y Pachuca en los talleres de la maestranza y también en algunas de las minas. El que aparece en la imagen esta en exhibición en el exterior de la antigua estación de bombeo de los jales.
Fuente: Fotografía del autor, enero 2010.

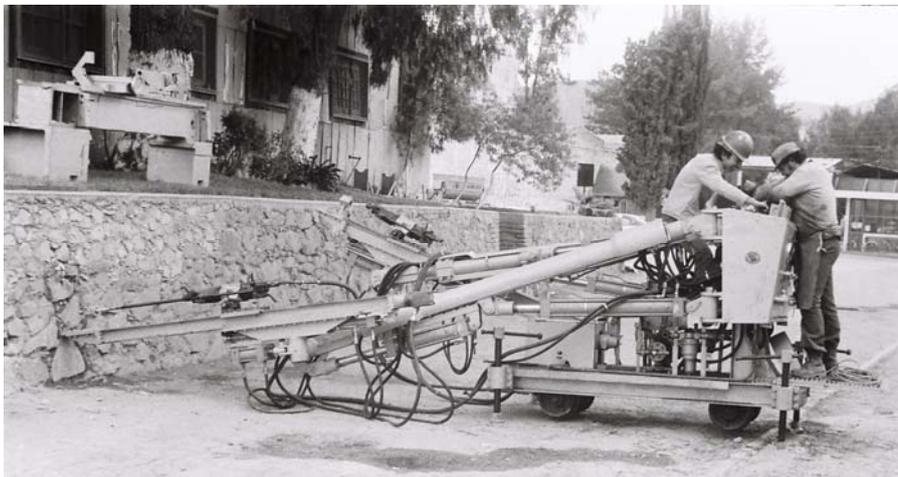
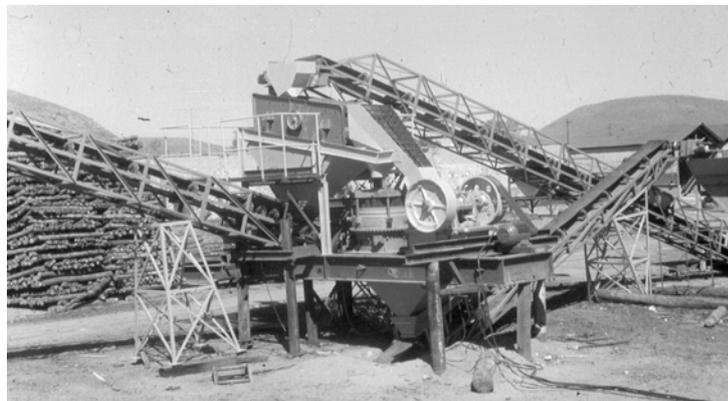


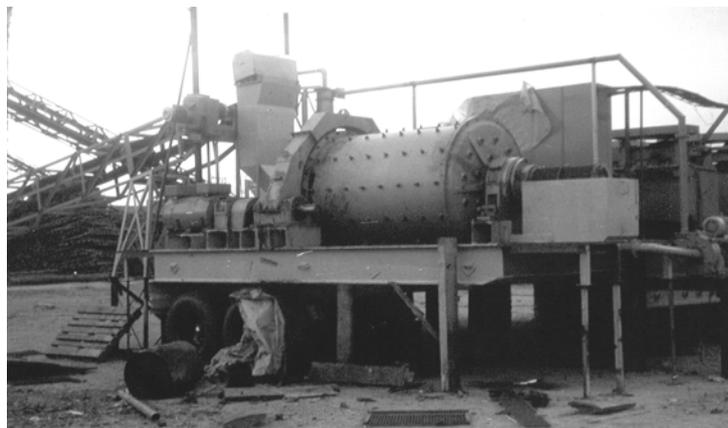
Figura 6.5
Carro de mina con dos brazos móviles para soporte de máquinas perforadoras diseñado y construido en los talleres de la maestranza alrededor de 1978. Las perforadoras, de tamaño grande eran compradas a un proveedor. La escena se tomó durante los ajustes al equipo.
Fuente: Fotografía del autor, ca. 1978.



a)



b)



c)

Figura 6.6

Planta móvil para procesamiento de minerales encargada por la Comisión de Fomento Minero en etapa de construcción en los patios de los talleres. Las máquinas de proceso fueron adquiridas a proveedores externos nacionales, las plataformas y demás estructuras eran de fabricación propia.

a) Vista de tolvas y estructura de bandas transportadoras.

b) Sección de criba vibratoria y quebradoras.

c) Molino de mineral en sección de vía ~~de~~ meda.

Fuente: Fotografías del autor, 1978.

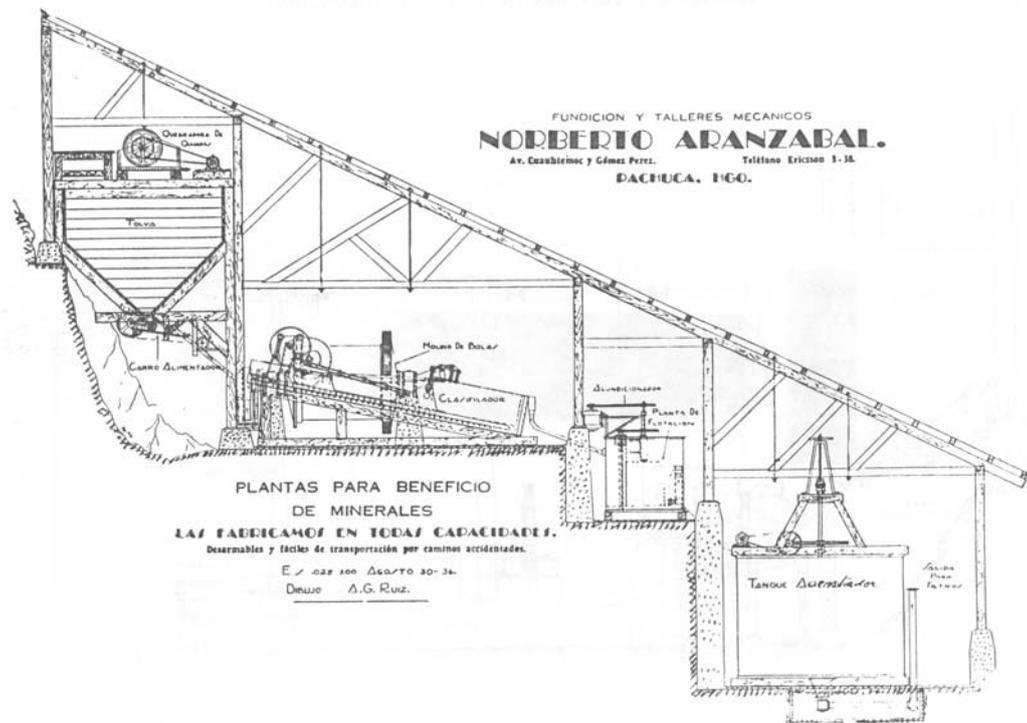


Figura 6.7
 Corte de diseño de planta de beneficio con celdas de flotación. Todos los componentes principales eran fabricados en Pachuca por la empresa señalada.
 Fuente: Fundición y talleres mecánicos Norberto Aranzábal, *Maquinaria y accesorios para la industria minera*, Pachuca, ca. 1940.

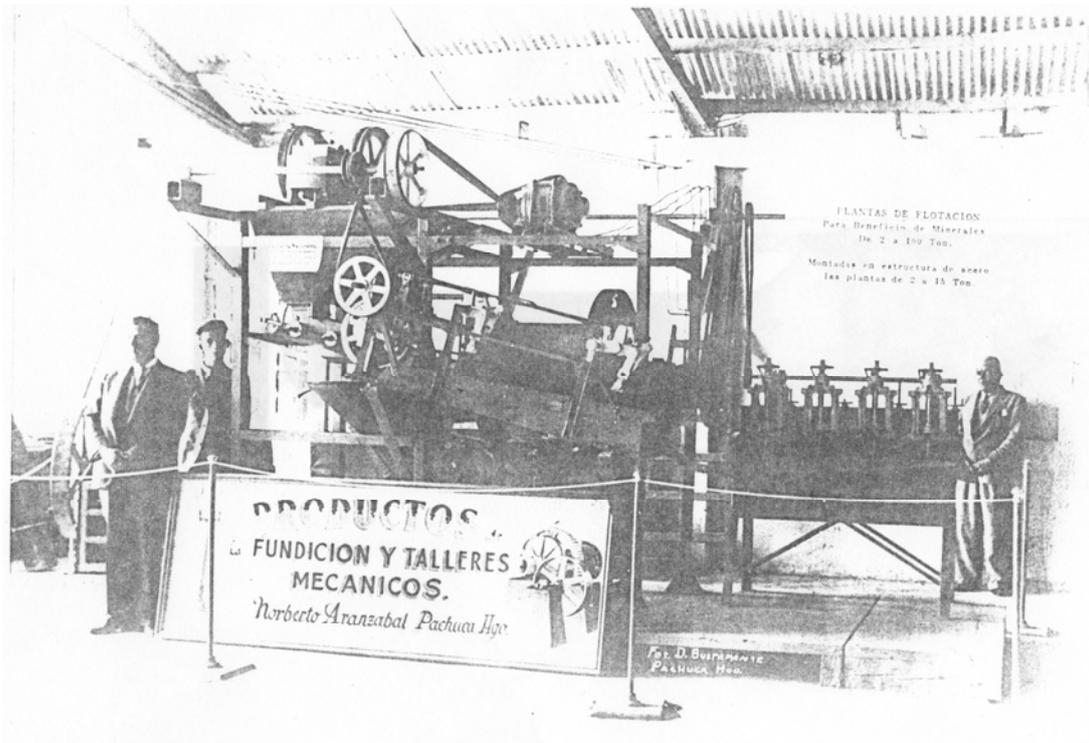


Figura 6.8

Fotografía de una pequeña planta de beneficio en alguna exposición, se hace énfasis en la idea de lo que ahora se llama “paquete tecnológico completo, llave en mano”. Puede considerarse que este tipo de productos era atractivo para la pequeña minería y para las emergentes cooperativas mineras.

Fuente: Fundición y talleres mecánicos Norberto Aranzabal, *Maquinaria y accesorios para la industria minera*, Pachuca, ca. 1940.

≡ FUNDICION Y TALLERES MECANICOS. N. ARANZABAL.

MÁQUINAS CLASIFICADORAS DUPLEX de construcción REFORZADA y de las cuales se encuentran trabajando en las siguientes negociaciones:

Cia. Real del Monte y Pachuca.
" Minera de Huautla Mor.
" Teojomulco Oaxaca
" Internacional de Fundiciones-
y Metales.
" Nacional Gold-Silver Com-
pany S.A. Oax.
" Minera del Cubo S.A. Gto

Para Capacidad de 100 Toneladas
en Adelante.
Medida: 6 x 18 y 8 x 21 Pies.

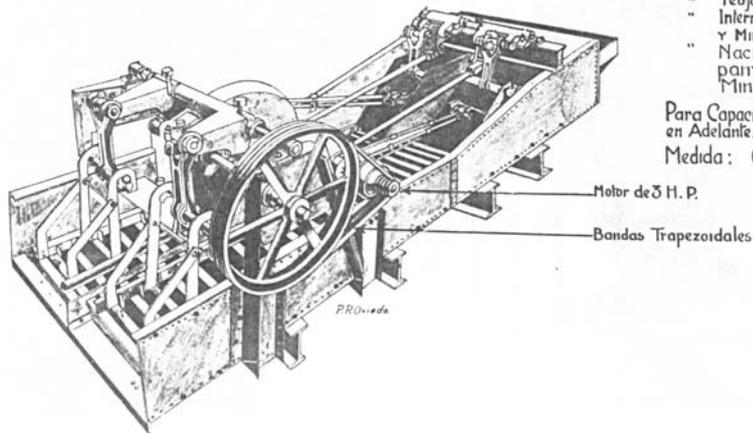


Figura 6.9

Dibujo publicitario de clasificador de mineral. Este equipo de notable grado de complejidad fue copiado de los diseños que llegaron a Pachuca y adaptado a las condiciones del país y fueron fabricados para diversas empresas mineras del país, incluyendo a la Compañía de Real del Monte y Pachuca. Durante la época las limitaciones de comercio de la II Guerra Mundial favorecieron el desarrollo de talleres como el aquí señalado. En la figura 5.15 se muestra un corte de éste equipo para ver sus partes internas.

Fuente: Fundición y talleres mecánicos Norberto Aranzábal, *Maquinaria y accesorios para la industria minera*, Pachuca, ca. 1940.

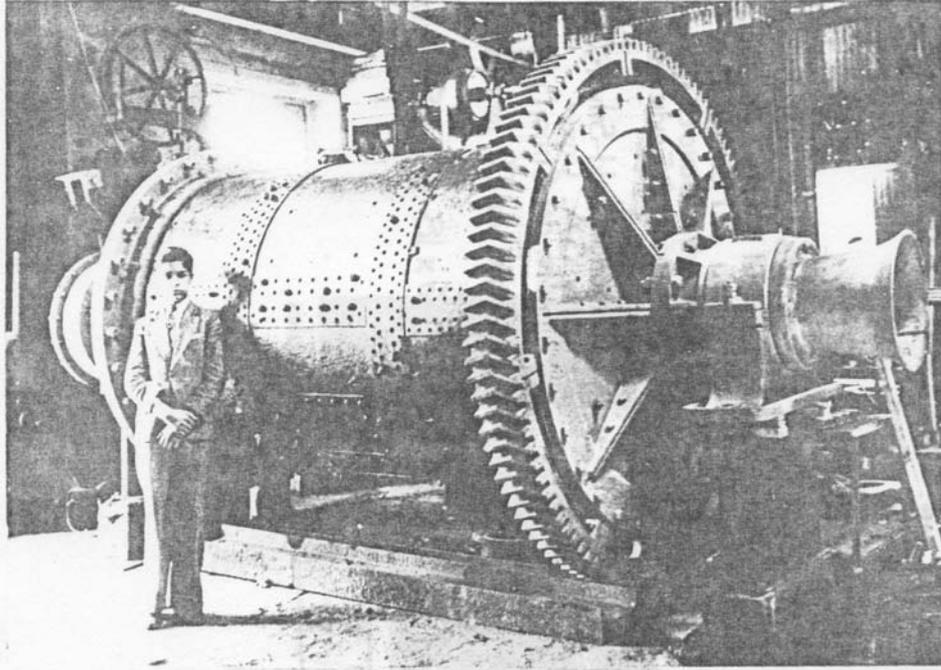


Figura 6.10

Molino de bolas de 5' x 8', con capacidad de 80 toneladas al día. Se hace la indicación que el equipo se fabricó en secciones para ser transportado en caminos accidentados, en ese caso para una compañía en Oaxaca donde fue transportado desarmado a lomo de mulas, pesa 14 toneladas.

Fuente: Fundición y talleres mecánicos Norberto Aranzábal, *Maquinaria y accesorios para la industria minera*, Pachuca, ca. 1940.

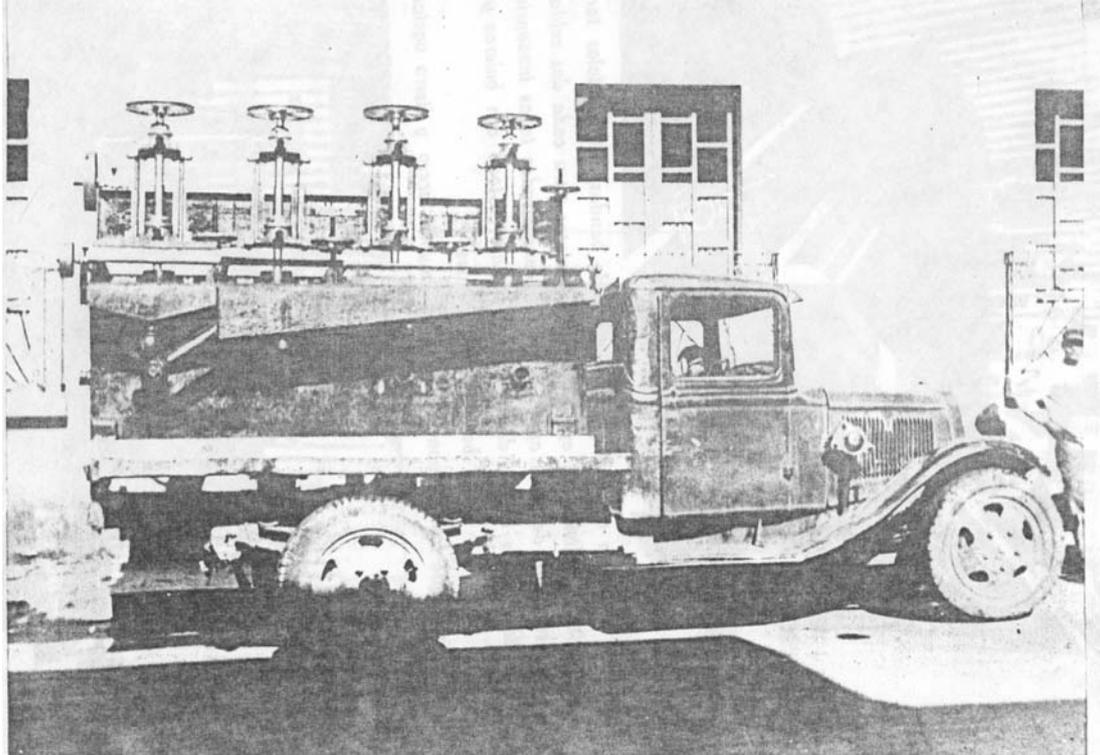


Figura 6.11

Celda de flotación sobre camión. Se indica que el equipo va completamente armado, pesa 2,000 kg y como se aprecia puede ser llevado en un camión de poco tonelaje.

Fuente: Fundición y talleres mecánicos Norberto Aranzábal, *Maquinaria y accesorios para la industria minera*, Pachuca, ca. 1940.

Conclusiones

La región de Pachuca y Real del Monte, tuvo actividad en la minería desde el siglo XVI, fue ahí donde se inventó el método de amalgamación que proporcionó a la corona española cuantiosos caudales de plata. Durante el México independiente la región siguió siendo una importante productora y sitio de innovaciones tecnológicas como la introducción del uso del vapor, la perforación neumática y la electricidad. Todo ello realizado por el esfuerzo compartido de connacionales y extranjeros. Para inicios del siglo XX se alcanzó una infraestructura tecnológica acorde a los parámetros de modernidad utilizados a nivel mundial. El logro de lo anterior implicó disponer del recurso natural en abundancia, de equipos e instalaciones adecuadas, del capital científico y tecnológico adecuado (depositado en patentes, libros y procesos), y de profesionales y técnicos calificados con las actitudes y habilidades necesarias para operar y mejorar el trabajo de las minas y haciendas de beneficio.

Apoyada en esta infraestructura y en este capital humano, llegó a establecerse en 1906 la administración norteamericana de la Compañía de Real del Monte y Pachuca. La cual supo aprovechar las ventajas disponibles y continuar con las operaciones durante casi medio siglo, alcanzando un lugar destacado en la producción minera mundial. Entre los elementos que permitieron la preeminencia de la empresa minera citada, se halla la aplicación de los elementos que la Segunda Revolución Industrial puso a disposición en el período de 1880 a 1914 y que serían perfeccionados y ampliados en los años siguientes. Los más relevantes son: la aplicación de la energía eléctrica a los procesos minero metalúrgicos, la generalización de la perforación neumática, las nuevas técnicas de trabajo subterráneas, la aplicación de la cianuración en el beneficio de minerales y la reorganización en general de los sistemas de trabajo.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Sumado a lo anterior, la Compañía de Real del Monte y Pachuca, realizó durante el período de la administración norteamericana, de 1906 a 1947, una cuidadosa exploración geológica que le permitió localizar vetas de gran riqueza como la de Purísima en Real del Monte en plena Revolución Mexicana y las de El Álamo y Nueva Australia en Pachuca en las décadas de 1930 y 1940, cuya explotación alcanzó magnitudes nunca antes registradas en la región.

En las tareas de la Compañía de Real del Monte y Pachuca, un logro fundamental fue la disponibilidad de energía eléctrica. Si bien desde 1897 se inició la electrificación de minas y haciendas de beneficio, el proceso de incorporación y generalización del uso de la electricidad fue lento y sujeto a los caudales de energía que podían proporcionar las empresas proveedoras del fluido. Fue hasta el bienio 1910-1911, con el enlace al sistema Necaxa de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, cuando se pudo contar con el suministro necesario para satisfacer una demanda creciente del fluido eléctrico. Pese a ello, en épocas de sequías hubo limitaciones en la entrega de la misma.

El personal de electricistas y los directivos de la Compañía de Real del Monte y Pachuca instalaron y mantuvieron un equipamiento diverso de motores y equipos que permitió disminuir los costos de operación de la empresa comparados con los correspondientes al empleo de máquinas de vapor. Las bombas centrífugas accionadas por motores eléctricos enfrentaron con éxito el problema del agua subterránea que por siglos había sido una limitante severa en la profundización de los laboríos. Asimismo, el alumbrado eléctrico y los sistemas de ventilación generaron mejores condiciones ambientales y disminuyeron sensiblemente el riesgo de intoxicaciones. El nivel de seguridad también aumentó debido a la generalización de equipos para transportar al personal con mayor rapidez en su acceso y salida de las minas. En el manejo de materiales, el uso del cable aéreo, locomotoras, malacates y bandas transportadoras accionados todos

por electricidad, facilitaron la extracción y transporte del mineral a las haciendas de beneficio.

Por otra parte, la aplicación de la perforación neumática que se había iniciado en el último cuarto del siglo XIX, pudo conseguirse plenamente al contar con la electricidad. Ello facilitó el trabajo subterráneo y aceleró el trabajo minero permitiendo altas cifras de producción. Al respecto, puede considerarse que el uso de las perforadoras neumáticas fue una tecnología asimilada de manera completa, ya que fueron fabricadas localmente refacciones y equipos en su totalidad, adecuados a las necesidades particulares de las condiciones de trabajo existentes en la región.

En cuanto a las técnicas de trabajo subterráneo, definidas principalmente por las características de las vetas y las rocas que las contienen, fueron atendidas por dos sistemas principales de rebajes: el de sobrecarga y el de corte y relleno. La empresa intentó entre 1921 y 1925 el uso del oxígeno líquido como sustituto de la dinamita, aspecto innovador en el continente americano. Sin embargo, la poca ventaja económica que representaba y los elementos de incertidumbre implícitos en toda novedad, no ayudaron al establecimiento de ese sistema.

Por lo que se refiere al procedimiento de cianuración, éste vino a sustituir, en 1906, al beneficio de los minerales por amalgamación con mercurio inventado y desarrollado en Pachuca desde el siglo XVI. La región, fue la última en abandonar el beneficio por amalgamación a nivel industrial. Lo anterior fue debido a la gran experiencia acumulada por los operarios que desarrollaron innovaciones y perfeccionamientos al antiguo proceso, y que explican su vigencia hasta la segunda década del siglo XX. De este modo, la compañía mexicana de Real del Monte y Pachuca, entre los años de 1900 a 1904, consiguió en el ámbito de este beneficio importantes logros como la mecanización del método de patio y la aplicación de maquinaria moderna para las operaciones de quebrado, molienda y

concentración de minerales. Un importante ahorro en transporte se obtuvo con la centralización del beneficio en la hacienda de Loreto.

La cianuración de minerales de plata fue puesta a punto en Guanajuato en 1904 en una variante llamada de decantación, la cual constituyó un cambio importante en el beneficio ya que permitió una mayor rapidez en la obtención de la plata de las menas. Además, podía aplicarse a todo tipo de minerales argentíferos incluyendo los que eran rebeldes o refractarios al patio. La Compañía norteamericana de Real del Monte y Pachuca aplicó desde su establecimiento en 1906 la variante de Guanajuato, pero a partir de 1912 adoptó el tanque Pachuca que había sido puesto a punto en la ciudad por una empresa competidora desde 1907.

La manera de obtener cianuro de un modo económico, fue objeto de atención en diversas partes del mundo, aspecto que se acentuó durante la Primera Guerra Mundial en la que se cortó el suministro de Europa a América. Una alternativa a la escasez del cianuro fue la flotación, sin embargo las limitaciones del conocimiento en la década de 1910 no permitieron la aplicación exitosa del procedimiento. Entre 1917 y 1919 se estableció en Canadá una planta que permitió abastecer de reactivo al continente. Entre 1933 y 1936 la Compañía de Real del Monte y Pachuca intentó elaborar su propio cianuro, pero éste no fue competitivo frente al menor precio del producido con la electricidad barata generada en las Cataratas del Niágara.

La Hacienda de Loreto fue equipándose gradualmente con equipos de mayor capacidad y de mejor rendimiento. Después de 1911, se eliminó el método antiguo de precipitar valores por medio de cajas que utilizaban viruta de zinc y se puso en marcha un procedimiento que empleaba polvo de ese metal. Al introducirse en 1918 el desoxigenador Crowe, se completó el sistema de recuperación utilizado hasta hoy. Otra importante mejora fue el filtro Merrill para

recuperación de valores que se aplicó en 1911. Al cerrarse la Hacienda de Guerrero en 1930, la de Loreto procesó todos los minerales de la empresa, lo cual trajo importantes ahorros en el transporte de materiales y significó un avance importante en la reorganización de la Compañía. Para 1934 se alcanzó la máxima capacidad del beneficio en la empresa, la cual se había multiplicado por 18.76 con respecto a 1906. En forma paralela y buscando disminuir las emisiones de cianuro, desde 1930 se estableció una planta para recuperar este tóxico reactivo.

Es conveniente señalar que después de 1922, el proceso de la refinación (etapa final del beneficio posterior a las de molienda y cianuración) se efectuó con la ayuda de una moderna planta con un procesamiento electrolítico, que además realizaba el servicio a otras empresas de la región y del país.

Por último pero no menos importante, fue el manejo de los desperdicios o jales que implicó la unión de las tres principales empresas mineras de la región a fin de adquirir extensos terrenos al sur de Pachuca para confinar el material de desecho. Una ventaja adicional fue la recuperación de una buena cantidad de agua reutilizable en los procesos del beneficio. Conviene añadir que la expectativa de reaprovechar los valores presentes en los jales se logró en el período paraestatal y llega hasta la actualidad.

Hasta aquí hemos visto, que la asimilación de una tecnología puede ser valorada por medio de la fabricación local de equipos. Para el caso de nuestro estudio, la Compañía de Real del Monte y Pachuca, en un primer momento, fabricó sus refacciones y posteriormente máquinas perforadoras completas; asimismo, construyó en los talleres de la maestranza equipos de proceso utilizados en el beneficio. Aún más, las habilidades aprendidas por los mecánicos fueron

transferidas a otros talleres locales que hoy en día continúan fabricando equipos para minería y procesos de beneficio.

El alto nivel técnico y administrativo del personal directivo y la dedicación al trabajo del personal operativo, permitieron asumir una serie de retos innovadores en la explotación minera y el beneficio. Ejemplo de eso fue el sostenimiento de las operaciones durante la Revolución Mexicana, el impulso a las operaciones a niveles de producción de relevancia internacional, el enlace subterráneo Pachuca Real del Monte, y el cuidadoso manejo de los desechos o jales de las operaciones de beneficio.

La actividad minera significó una importante fuente de empleo y de actividad económica para el ámbito regional de influencia de las empresas involucradas, en particular de la Compañía de Real del Monte y Pachuca: los períodos de auge y decadencia de esta última, se reflejan en los aumentos y disminuciones de la población en las localidades relacionadas con la minería. Por otra parte, la infraestructura para las operaciones mineras en cuanto a energía eléctrica, comunicaciones y otros aspectos, favoreció a otras actividades productivas y a la población de la región, al facilitar el acceso a tales servicios. Puede considerarse que la minería fue el elemento definitorio de las actividades sociales en el período de estudio.

Hoy en día, en pleno año de 2010, la actividad minera ha disminuido a niveles muy bajos y muchas minas y dependencias de la Compañía de Real del Monte y Pachuca han dejado de operar. Esta situación, anunciada desde la década de los sesenta por la empresa paraestatal, desembocó en la suspensión de los trabajos de minería subterránea en 2005. En el presente, las operaciones están dirigidas al reprocesamiento de los depósitos de jales y en varias minas se mantiene el bombeo para el abastecimiento de agua a la población.

Para finalizar, debe considerarse el valor histórico patrimonial representado por las antiguas minas y haciendas de beneficio que constituyen testimonios que se remontan al siglo XVI y llegan hasta el XX. En la actualidad, varios de ellos han sido documentados y convertidos en museos. Resguardan importantes objetos de estudio que permiten conocer esquemas industriales y la forma de trabajo de los mineros y operadores de las plantas de beneficio. Algunos de estos sitios preservados por entidades como el Archivo Histórico y Museo de Minería de Pachuca, A. C., ejemplifican la posibilidad de emprender acciones en ese sentido y muestran la acogida que la comunidad y los visitantes dan a tal herencia cultural.

Anexo 1

Detalle del proceso de patio convencional a finales del siglo XIX en las haciendas de beneficio de Pachuca.^o

[Una vez realizada la molienda y formada la torta,] se agrega la sal distribuyéndola de manera que quede igualmente repartida en la torta. Al efecto se forman tantos montoncitos cuantos sacos de sal hayan de ponerse, reservando tres o cuatro para la distribución del sulfato. Se procurará que los montoncitos de sal queden equidistantes. Se extienden en seguida con la pala para cubrir los intermedios. En seguida se agrega el sulfato revolviéndolo de antemano con la sal que se ha reservado, se divide la torta en cuatro partes y a cada una se le pone la cuarta parte de sulfato, regándolo uniformemente. Se repasa para borrar la sal que se ha reservado, se divide la torta en cuatro partes y a cada una se le pone la cuarta parte de sulfato, regándolo uniformemente. Se repasa para borrar la sal y el sulfato, y en seguida se pone la tercera parte o la mitad del mercurio que deba emplearse. Este se introduce por medio de paños o lienzos que sirven de bolsa al mercurio que por su peso y el movimiento del balanceo que le da el peón, sale bajo forma de lluvia menuda a regar la torta. Se repasa de 7 a 8 horas, y el número de caballos varía con las dimensiones de la torta; 30 caballos para una torta de 166 toneladas, sin que haya proporcionalidad. Antes de terminar el trabajo del día, se procede a echar al centro para uniformar el trabajo; y si la torta se seca mucho se le riega con agua y se deja perfectamente bien incorporada. Al día siguiente se continúa el trabajo de vuelta y repaso.

[...]

El carácter de beneficio se juzga por una operación llamada tentadura, que se repite dos o tres veces al día. Se toman porciones de materia de diferentes puntos de la torta y se ponen en una jícara. Se la trabaja en seguida en una bandeja de agua lavándola para aislar principalmente el glóbulo de mercurio y la liz, que es mercurio finamente dividido. El examen de estas dos partes de la tentadura resuelve el estado del beneficio.

[...]

El examen de tentaduras se completa con el ensaye de pella, por medio del cual se sabe el avance de la torta de un día a otro y aun de la mañana a la tarde [...] Se hace como sigue: Se saca una tentadura en cantidad suficiente para que se pueda tomar una muestra como de 230 gramos. Se lava muy cuidadosamente para que no se pierda nada de mercurio ni de liz. [...] Se lava muy cuidadosamente

^o AGUILERA SERRANO, José Guadalupe, ORDOÑEZ, Ezequiel, SÁNCHEZ, P.C., *El Mineral de Pachuca*, Instituto Geológico, Boletines números 7, 8 y 9, México 1897, pp. 168-174.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

[...] *En seguida se somete a la acción del fuego moderado para que pierda la mayor parte del mercurio. La pella en ese estado, enteramente sólida, se mete a la mufla para determinar la eliminación completa del mercurio. El botón de plata obtenido se llama rosca. Se pesa, y con este segundo dato y el "empleo" (cantidad total de mercurio puesta a la torta), se procede al cálculo [del rendimiento de la torta].*

La limadura es un magnífico signo para reconocer que una torta entra en beneficio, si persiste cuando el ensaye de pella indica que esta ha terminado, revela condiciones químicas desfavorables. Se observa también cuando una torta esta tocada (que tenga sulfato en exceso); y ya para rendir, [...]

Cuando por ensayes de pella y residuo se juzga que el beneficio ha terminado, se procede al lavado de la torta, preparándola de antemano (y esta es la costumbre general) con un baño de mercurio que es aproximadamente el 50 % del empleo. Se voltea y repasa para incorporar este baño con la amalgamación formada. En seguida, se agua suficientemente para aflojar las lamas y se arrastran estas al lavadero con camones, en el que se pone bastante mercurio para recoger la pella que llevan consigo las lamas. Los lavaderos en el beneficio de patio se conocen con el nombre de lavaderos de cajón. [...]

Según la docilidad de los minerales, la habilidad del encargado del beneficio y las condiciones atmosféricas, una torta tarda en rendirse de 2 a 7 semanas. Se ve pues, que al procedimiento de patio es inherente el inconveniente de exigir mucho tiempo, ocasionando grandes pérdidas de mercurio y plata.

Separación de la amalgama

Por filtración se separa la amalgama del exceso de mercurio, sirviéndose de sacos cónicos de tela llamados mangas que se suspenden a un anillo de fierro. El peso de la amalgama que admiten, basta para determinar la filtración de la mayor parte del mercurio, el cual se recoge en un recipiente colocado abajo de la manga.

En seguida se destila la amalgama, sea en retortas de fierro horizontales, cuyo tubo de desprendimiento se somete a la acción refrigerante de una corriente continua de agua que determina la condensación del mercurio, o bien colocando la amalgama en platillos de fierro puestos unos sobre otros y tapados por una campana vertical de fierro llamada capellina, todo cubierto por otra campana que comunica de un lado con el horno y del otro con la chimenea. El mercurio se condensa "per descensum" y se recoge en recipientes "ad hoc". La condensación se efectúa por acción refrigerante de una corriente de agua.

[La figura A.1 describe el uso de la capellina y la A.2 muestra una retorta de hierro para separar el mercurio de la amalgama.]

[...]

En hornos de viento se funde con bórax la plata rosca en crisoles de plombagina, y la plata fundida se cuela en rieleras, cuyas dimensiones varían según el tamaño de las barras que se deseen.

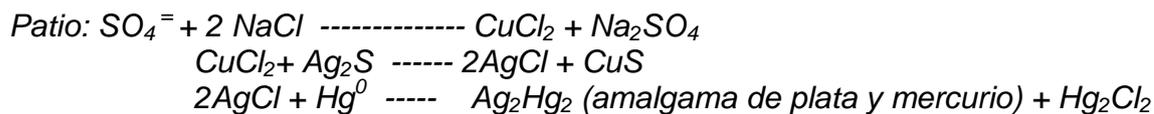
[...]

El rendimiento de plata en el procedimiento de patio, es 88 a 90 % de la ley del mineral de origen.

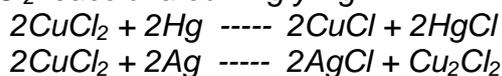
Los residuos [del proceso de amalgamación] se concentran en planillas. Consisten en un área plana ligeramente inclinada, de 3 metros de largo por 2 metros de ancho. En su extremidad inferior hay un recipiente con agua. Se hace un montón de lama en la parte superior de la planilla, y un peón hace la operación de lavado con una jícara o una cuchara de cuerno. Como resultado de esa concentración, se obtiene una poca de amalgama escapada del lavadero y sulfuros argentíferos llamados polvillos. Estos polvillos se exportan o se benefician mezclándolos con las lamas que salen de los aparatos de molienda.

Anexo 2

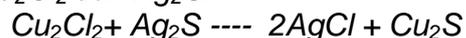
Reacciones del proceso de amalgamación de acuerdo a Modesto Bargalló**.



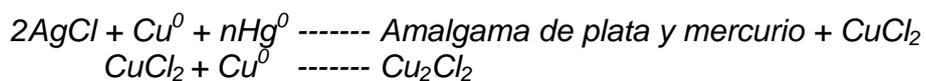
El CuCl_2 reacciona con Hg y Ag:



y el Cu_2Cl_2 con Ag_2S :



Reacciones con el cobre (Toneles, Kröhnke, cazo, tina y cocimiento)



Reacciones con el hierro (Panes, Boss)



** BARGALLÓ, Modesto, *La Minería y la Metalurgia en la América Española durante la Época Colonial. Con un apéndice sobre la industria del hierro desde la iniciación de la independencia hasta nuestros días.*, Fondo de Cultura Económica, México, 1955. pp. 194-195

Anexo 3

Glosario

Aislador. Pieza de materia no conductora de electricidad que sirve para mantener los conductores eléctricos aislados entre la tierra y ellos.

Alquitrán. Sustancia resinosa y empireumática que se saca principalmente por destilación de carbón mineral o madera.

Aluviales. Llanuras u otras formas geológicas que son resultado de procesos de arranque de partículas a rocas y que se hallan sometidas a modificaciones morfológicas y químicas durante su transporte por los cursos de los ríos.

Barrenas. Barras de acero que la perforadora mueve y golpea para horadar la roca. Se fabrican de acero especial y la punta debe llevar forma y filo especial, en la época había que someter a sucesivas operaciones de afilado y templado para restaurar las condiciones de trabajo que con el uso se perdían.

Barreno. Orificio que se realiza en la roca a fin de alojar ahí a los explosivos y poder realizar el tumbe del mineral.

Basalto. Roca eruptiva muy densa, inicialmente negruzca pero que se vuelve roja, parda o verdusca al ser alterados sus componentes. Ejemplo interesante de ellos son los prismas de la cascada de Regla.

Bórax. Compuesto utilizado como fundente, su nombre es tetraborato de sodio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$).

Brecha. Conglomerado de fragmentos de roca unidos por un cemento natural.

Cendra. Pasta compuesta de ceniza lavada y huesos o cuernos quemados, de ciervos o de otros animales con lo que se hacen copelas para afinar el oro y la plata.

Copela. Crisol pequeño hecho con huesos calcinados que se usa para efectuar la copelación. Horno de copela, horno de reverbero que sirve para efectuar la copelación.

Copelación. Procedimiento para separar, por oxidación, los constituyentes de una mezcla líquida cuando no tienen la misma afinidad por el oxígeno. Es un proceso de oxidación que se realiza a 900°C y el plomo (punto de fusión de 329°C) es

absorbido por la copela en forma de óxido, quedando sobre la copela un botón metálico de oro y plata (conocido como metal Doré).

Corriente eléctrica. Paso de la electricidad de un punto a otro en un conductor cuando existe entre ambos diferencia de potencial, su unidad es el Ampere.

Corriente continua. Es la corriente que circula siempre en un mismo sentido.

Corriente alterna. Es aquella en la que el sentido de movimiento de las cargas se invierte periódicamente en función a una frecuencia que se expresa en Hertz (ciclos/segundo).

Creosota. Líquido aceitoso, de olor fuerte, que se obtiene en el proceso de destilación fraccionada de los alquitranes de hulla y de madera de haya.

Deflagración. Es un tipo de explosión que se distingue de la detonación por el hecho que la propagación de la reacción química en el seno de la sustancia explosiva se efectúa principalmente por conductividad térmica. La velocidad con que progresa la deflagración es de menos de un milímetro a varios centímetros por segundo en los explosivos sólidos y de varios decímetros en los explosivos gaseosos. Ejemplo de esto es la explosión de la pólvora.

Detonación. Combustión que se propaga con gran rapidez (de 1 a 8 Km/seg) en el seno de materias explosivas, acompañada de ondas de choque. La rapidez de la reacción química y la magnitud considerable que alcanza la presión (más de 200 mil kg/cm²) permiten comprender el poder destructivo de las cargas que detonan. La dinamita y los explosivos clorados y nitrados pueden ser detonados cuando experimentan una elevación brusca de su temperatura o un choque violento, o cuando son cebados con un detonador como el fulminato de mercurio.

Doré, metal. Nombre con el que se designa la plata fundida que ha resultado del proceso de beneficio y que contiene oro.

Electrólisis. Descomposición química de compuestos líquidos al pasar por ellos una corriente eléctrica.

Electrólito. Líquido que puede ser descompuesto por el paso de una corriente eléctrica.

Explosivo. Compuesto químico que es capaz de reaccionar en forma de explosión. Existen dos tipos principales los deflagrantes como la pólvora y los detonantes o explosivos propiamente dichos.

Fundo minero. Es la propiedad subterránea que legalmente se asigna a una empresa.

Greta. Oxido de plomo en forma de polvo usado como fundente y para el vidriado de loza de cerámica. Esa última aplicación esta actualmente prohibida por la toxicidad del plomo.

Jales. Se refiere al material sobrante de un proceso de beneficio, incluye los desechos estériles y también los valores que no se pudieron recuperar.

Lamas. En la actualidad el término se refiere a partículas superfinas que no pueden procesarse o sedimentarse con facilidad. En los inicios del siglo XX, el término se refería en ocasiones al material fino que se tenía en una pulpa de mineral sometida a proceso.

Litargirio. Oxido de plomo fundido (PbO) en láminas o escamas muy pequeñas, de color amarillo mas o menos rojizo y en lustre vidrioso.

Metal Doré. Nombre que recibe la aleación plata-oro obtenida en las operaciones de beneficio. Suele llevar otros materiales considerados como impurezas y se envía a procesos de apartado o refinado para separar y obtener plata y oro con alto grado de pureza.

Nitro. Cualquier sal procedente del ácido nítrico.

Pertenencia. Designación del territorio que cubre una concesión minera y que puede ser trabajada por una persona o empresa determinada en los términos de ley correspondientes.

Potencia eléctrica. Producto del voltaje por la corriente eficaz que se aplica a un circuito o carga eléctrica. Se cuantifica en Watts o kilowatts.

Pulpa. Denominación del material después de haber sido molido y mientras está en los diversos procesos a que se somete.

Rebaje. Punto de trabajo en una mina donde se están realizando las actividades de perforación, tumba y retiro del material.

Resistencia eléctrica. Oposición de un conductor o un circuito al paso de la corriente eléctrica. Se expresa en Ohms y es el cociente del voltaje sobre la corriente.

Riolita. Tipo de roca de origen volcánico, uno de sus tipos es la obsidiana, forma producida por un rápido enfriamiento otorgándole una estructura vítrea.

Sifón. Arreglo de tubería o mangueras por medio de las cuales, aprovechando la diferencia de alturas de un recipiente al otro, se puede trasegar el líquido del nivel superior al inferior.

Sistema trifásico. Arreglo de aprovechamiento de corriente alterna en la que se utilizan tres conductores diferentes y cada corriente esta atrasada en un tercio de su período. Es la forma común de generación y distribución de corriente.

Tiro. En minería se refiere a la obra de acceso vertical a una mina subterránea, también se le llama pozo. En fluidos se entiende a la diferencia de presión entre la entrada y salida de un aparato, conducción o instalación, se aplica en las chimeneas y permite la salida de los gases quemados.

Toba. Piedra tierna porosa que se desmenuza fácilmente. La pómez pertenece a esta categoría.

Traquita. Roca volcánica que resultó de la consolidación de ciertos tipos característicos de magma.

Vacío. En la práctica de bombas y compresores se refiere a una disminución de la presión en un punto determinado en relación a la presión atmosférica.

Voltaje. Es el potencial eléctrico de un circuito, se cuantifica en Volts y es el producto de la resistencia por la intensidad de la corriente.

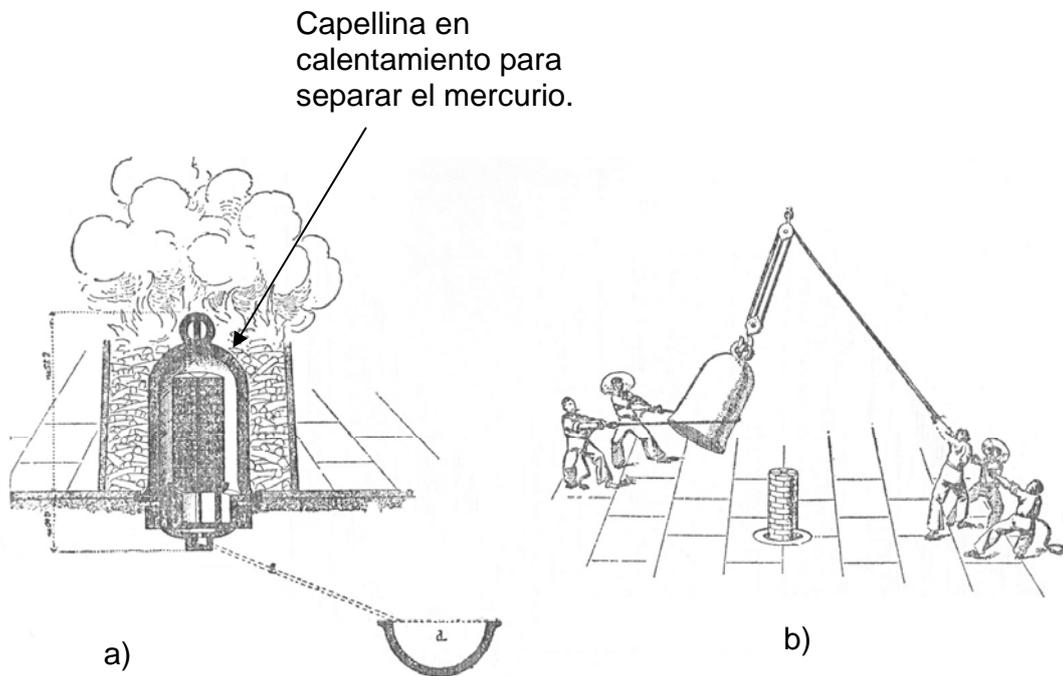


Figura A.1

Capellina para destilar el mercurio.

- En el proceso de calentamiento de la amalgama dentro de la capellina, el mercurio se recoge por un conducto en la parte inferior del piso.
- Una vez completamente frío y condensado el mercurio, se procedía a limpiar cenizas y subir la capellina, al interior quedaban los bloques de plata esponjosa.

Fuente: RICKARD, Thomas A., *Jouneys of observation*, 1907, en: YOUNG Jr., Otis E. *Western Mining*, University of Oklahoma Press, 1978.

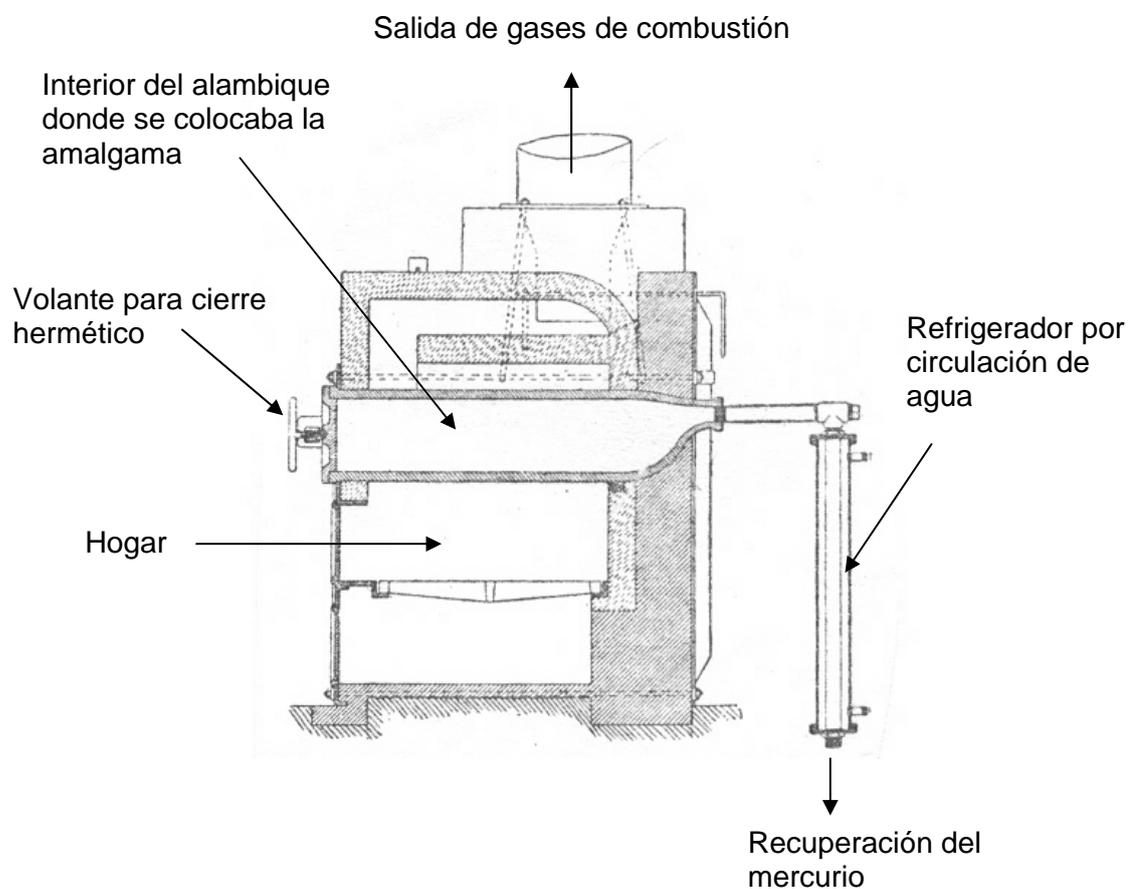


Figura A.2

Alambique horizontal para destilar el mercurio de la amalgama. Un equipo de este tipo se refiere en las mejoras hechas en Loreto. El corte del horno muestra el hogar, el cenicero y la salida de los gases de combustión. Afuera esta el refrigerador por corriente de agua. El mercurio se recogía de la tubería que aparece en la parte inferior derecha de la figura.

Fuente: COLLINS, Henry F. *The Metallurgy of Lead and Silver, Part II: Silver*, Charles Griffin & Co. Ltd. London 1900.

Referencias Documentales

Abreviaturas en documentos de archivo:

AHCRdMyP Archivo Histórico de la Compañía de Real del Monte y Pachuca

CTEPEH Cía. de Transmisión Eléctrica de Potencia en el Estado de Hidalgo

Referencias Bibliográficas

ACEVES PASTRANA, Patricia, WADE CHAMBERS, David, “Minería y política en México: El caso de la química (1821-1867)” en: ACEVES PASTRANA, Patricia (editora), *La Química en Europa y América (Siglos XVIII y XIX)*, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México, 1994, pp. 223-254, libro: 291 pp.

ÁGUILA M., Marcos Tonatiuh, “Pequeñas grandes victorias: Los mineros de la Real del Monte entre la Gran Depresión y el Cardenismo”, en: ÁGUILA M., Marcos Tonatiuh, ENRIQUEZ PEREA, Alberto (Coordinadores), *Perspectivas sobre el cardenismo. Ensayos sobre economía, trabajo, política y cultura en los años treinta*. Universidad Autónoma Metropolitana, México, pp. 127-168. Libro: 359 pp.

AGUILERA SERRANO, José Guadalupe, ORDOÑEZ, Ezequiel, SÁNCHEZ, P.C., *El Mineral de Pachuca*, Instituto Geológico, Boletines números 7, 8 y 9, México 1897, 180 pp.

ALMARAZ, Ramón (Director), *Memoria de los trabajos ejecutados por la Comisión Científica de Pachuca en el año de 1864*, edición, estudio preliminar, notas y apéndices Víctor M. Ballesteros García (coordinador) edición facsimilar de la Universidad Autónoma de Hidalgo, Pachuca, 1993, 358 + XLV pp.

ÁLVAREZ DÍAZ, Carlos Eduardo, *Rehabilitación del sistema hidroeléctrico del Departamento Necaxa de Luz y Fuerza*, Tesis de Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, 1999

ANDRADE, Vicente de Paula, *Efemérides Pachuqueñas*, Universidad Autónoma de Hidalgo, 1986, 86 pp.

ANTÚNEZ ECHEGARAY, Francisco, *Monografía histórica y minera sobre el distrito de Guanajuato*, Consejo de Recursos no Renovables, publicación 17-E, México, 1964, 588 pp., 9 h. plegs.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Archivo Histórico y Museo de Minería A. C. *Canto en la tierra e imagen ante el tiempo. El Distrito Minero de Real del Monte y Pachuca*, con una nota histórica de NORIEGA BLANCO VIGIL, María Nieves, editada por: Archivo Histórico y Museo de Minería, Grupo Acerero del Norte, Altos Hornos de México, MICARE, Minera del Norte, Aceros Nacionales, Reyerson de México, FILAHSA, Grupo Real del Monte, Grupo PIASA, Pachuca, 1997, 128 pp.

AZUELA, Luz Fernanda, “La geología en la formación de los ingenieros mexicanos del siglo XIX”, en: *Formación de ingenieros en el México del siglo XIX*, RAMOS LARA, María de la Paz, RODRÍGUEZ BENÍTEZ, Rigoberto (Coordindores), UNAM, Universidad Autónoma de Sinaloa, México, 2007, pp. 91-107, libro: 172 pp.

BALLESTEROS, GARCÍA, Víctor, “La tecnología minera en la región de Pachuca en el siglo XVIII”, en: *Primer coloquio de Historia Regional. Memoria*, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, 1986, pp. 175-211.

BARGALLÓ, Modesto, *La Minería y la Metalurgia en la América Española durante la Época Colonial. Con un apéndice sobre la industria del hierro desde la iniciación de la independencia hasta nuestros días.*, Fondo de Cultura Económica, México, 1955, 442 pp.

BECERRA GONZÁLEZ, María, *Derecho Minero de México*, Editorial Limusa Wiley, México, 1963, 535 pp.

BELTRÁN VARGAS, Yolanda Isabel, *Patrimonio industrial minero: El caso de la hacienda de beneficio San Buenaventura, en Pachuca, Hidalgo*. Escuela Nacional de Antropología e Historia, Tesis de Licenciada en Arqueología, México, 2004, 180 pp. + plano.

BENJAMIN, Edward H. (Director), *California Mines and Minerals*, California Miners' Association for the California Meeting of the American Institute of Mining Engineers, Louis Roesh Press, San Francisco, 1899, 450 + xlviii pp.

BETANCOURT, Salvador L. SODI, Alejandro, Editores, *Álbum Histórico Mexicano*, México, 1921, sin paginación.

BERNSTEIN, Marvin D. *The Mexican Mining Industry, 1890 –1950. A study of the interactions of politics, economics and technology*, New York State University, 1964, 412 pp.

BESSERER, Federico, NOVELO, Victoria, SARIEGO, Juan Luis, *El sindicalismo minero en México 1900-1952*, Ediciones Era, México, 1983, 94 pp.

BRAY, John, L. *Metalurgia extractiva de los metales no férreos*, prólogo de Francisco Muñoz del Corral, traducción de José María Bermúdez, Ediciones Interciencia, Madrid, 1ª. edición en español, 1966, 571 pp.

BRUSSOLO, V.A., "A Novel Water Connection for Stoper Drills", EVERHEART, E.W., *et al.*, *New Methods that cut Mine and Plant Costs*, Compilación de los editores de: Engineering and Mining Journal, New York, ca. 1940.

BURKART, Joseph, *Memoria sobre la explotación de minas en los distritos de Pachuca y Real del Monte*, trad. de Miguel Velázquez de León, estudio introductorio, notas y apéndices de Víctor M. Ballesteros G. Edición facsimilar de la Universidad Autónoma de Hidalgo, 1989 sobre la primera en español de 1861, 113 + LXXVI pp., sobre con 7 cuadros, 1 plano y 3 perfiles.

BUTTS, Allison, COXE, Charles, *Silver. Economics, metallurgy and use.*, Robert E. Krieger Publishing Co., Huntington, 1975, New York, 488 + x pp.

CÁRDENAS GARCÍA, Nicolás, *Empresas y trabajadores en la gran minería mexicana 1900-1929. La Revolución y el nuevo sistema de relaciones laborales.*, Secretaría de Gobernación, Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana, México 1998, 362 pp.

CARDWELL, Donald, *Historia de la tecnología*, Alianza Editorial, Madrid, 1996, 531 pp.

CARRIÓN, Luis, *Curso de Explotación de Minas*, Tipografía de Pedro Haro Sue, Pachuca, 1889, 510 pp.

CASTERA, Pedro, *Las minas y los mineros. Querens*, Biblioteca del Estudiante Universitario núm 104, UNAM, México, 237 pp.

CASTILLO, Félix, *Un infierno bonito*, Biblioteca Hidalguense Arturo Herrera Cabañas, Gobierno del Estado de Hidalgo, 1994, 253 pp.

CAZADERO, Manuel, *Las Revoluciones Industriales*, Fondo de Cultura Económica, Textos de Economía, México, 1995, 229 pp.

CLENNELL, J.E. *The Cyanide Handbook*, McGraw Hill Co. New York, 2a. edición, 1915, 601 pp.

COLLINS, Henry F. *The Metallurgy of Lead and Silver*, Part II: Silver, Charles Griffin & Co. Ltd. London 1900, 352 + 86 pp.

COLL-HURTADO, Atlántida, SÁNCHEZ-SALAZAR, María Teresa, MORALES Josefina, *La minería en México, geografía, historia, economía y medio ambiente.*

Instituto de Geografía, UNAM, col. temas selectos de geografía de México I. 5. 2, México, 2002, 126 pp.

---, ---, "Minería y electricidad", en: HERRERA CANALES, Inés, *La minería mexicana. De la colonia al siglo XX*, col. Lecturas de Historia Económica Mexicana, Instituto Mora, El Colegio de Michoacán, Instituto de Investigaciones Históricas- UNAM, México, 1988, pp. 182-204.

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, *Evolución del Sector Eléctrico en México*, Edición conmemorativa del cuarenta aniversario de la CFE, México, 145 pp.

CRESPO y MARTÍNEZ, Gilberto, "La Evolución Minera", en: SIERRA, Justo, editor *México y su Evolución Social*, José Ballescá y Sucesores, México, 1901, México, 1901, tomo 2, pp. 49-97.

DERRY, T.K., WILLIAMS, Trevor, I., *Historia de la Tecnología*, Siglo XXI Editores, tomo IV, México, 1987,

Dirección General de Estadística o Departamento de la Estadística Nacional, *Censo General de la República Mexicana, Estado de Hidalgo, 28 de octubre de 1900*, Secretaría de Fomento, Colonización e Industria, México, 1902.

---, *División Territorial de los Estados Unidos Mexicanos*, Secretaría de Fomento, Colonización e Industria, México, 1913.

---, *Censo General de Habitantes. Estado de Hidalgo. 30 de noviembre de 1921*, México, 1927.

---, *Quinto censo de Población, Estado de Hidalgo. 15 de mayo de 1930*, México, sin fecha de edición.

---, *6º Censo de Población 1940. Hidalgo*, Secretaría de Economía Nacional Economía Nacional, México, 1943.

---, *Séptimo Censo General de Población 1950*, Secretaría de Economía Nacional Economía Nacional, México, 1952.

Enciclopedia Universal Ilustrada Europea Americana, Espasa Calpe, Madrid 1966, tomo 16.

ESTRADA ALBURQUERQUE, Anselmo, *Memoria del Reloj Monumental de Pachuca*, edición del autor, Pachuca, 1988, 112 pp.

EVERHEART, E.W., BRUSSOLO, V.A., "A Novel Water Connection for Stoper Drills", *et al.*, *New Methods that cut Mine and Plant Costs*, Compilación de los editores de: Engineering and Mining Journal, New York, ca. 1940.

FERRARI, Massimo, LAZZATI, Emanuele, *Trains*, Crescent Books, New York, traducción del italiano, 1990. 191 pp.

FLORES, Teodoro, et al. *Estudio geológico de la zona minera comprendida entre los Minerales de Atotonilco El Chico y Zimapán en el Estado de Hidalgo*, Instituto Geológico, Boletín no. 43, Talleres Gráficos de la Nación, México 1924, 159 pp.

FOREMAN-PECK, JAMES, *Historia Económica Mundial. Relaciones económicas internacionales desde 1850*, Prentice Hall, Madrid, 1995. 532 pp.

Fundición y Talleres Mecánicos Norberto Aranzábal, *Maquinaria y accesorios para la industria minera*, Folleto descriptivo, Pachuca, Hgo. ca. 1940, 11 ff.

GALARZA, Ernesto, *La Industria Eléctrica de México*, Fondo de Cultura Económica, México, 1941, 229 pp.

de GALIANA Mingot, Tomás, *Gran diccionario de las ciencias en color*, Larousse, Paris, 1987.

GALINDO y R., José J. *El Distrito Minero Pachuca-Real del Monte*, Compañía de Real del Monte y Pachuca, Pachuca, 1957, 48 pp.

GALINDO y VILLA, Jesús, *Geografía sumaria de la República Mexicana*, Editorial Patria, 6ª. edición, México, 1948, 182 pp.

GARCÍA, Ing. J. Aurelio, "La Hacienda de beneficio de Guerrero, Omitlán, Hgo. Informe de su inspección", en: *Boletín Minero*, Secretaría de Industria Comercio y Trabajo, noviembre de 1922, p. 657.

--- "Reseña Técnica Minera del Estado de Hidalgo", en: *Boletín Minero*, Secretaría de Industria Comercio y Trabajo, noviembre de 1924, p. 189.

GARCÍA-PELAYO y GROSS, Ramón, *Diccionario Usual Larousse*, Ediciones Larousse, México, 1985. 742 pp.

de la GARZA TOLEDO, Enrique, *et al.*, *Historia de la Industria Eléctrica en México*, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México, 1994, vol. 1, pp. 63, 64.

---, *Características de las Plantas Hidráulicas en Operación*, Comisión Federal de Electricidad, México, 1986.

GAUDIN, A.M., *Flotation*, Mc Graw Hill, New York, 1932, 552 pp.

GEMELLI CARERI, Giovanni Francesco, *Viaje a la Nueva España*, estudio preliminar, traducción y notas de Francisca Perujo, Colección Nueva Biblioteca Mexicana núm. 29, Instituto de Investigaciones Bibliográficas, UNAM, México, 1976 214 + LXXIII pp.

GEYNE, A. R., FRIES, Carl, SEGESTROM, Kenneth, BLACK, R. F., WILSON, Y. F., *Geología y yacimientos minerales de los distritos de Pachuca y Real del Monte, Hgo.* con una Reseña histórica por Alan Probert, Comisión de Fomento Minero, Nacional Financiera, Banco Nacional de México, Banco Nacional de Comercio Exterior, México, 1963, 222 pp. + 20 planos.

GILLE, Bertrand, *Introducción a la Historia de las técnicas*, Editorial Crítica Marcombo, col. Tecnología y Humanismo, Barcelona, 1999, 206 pp.

GIMÉNEZ CACHO, Luis Emilio, "La fundación del Sindicato Minero Metalúrgico", en: AGUILAR, Javier, coordinador, *Los Sindicatos Nacionales en el México Contemporáneo, vol. 2 Minero Metalúrgico*, GV Editores, México, 1987, pp. 7-38, 324 pp. (obra completa).

GLEMBOTSKII, V.A., Prof., KLASSEN, V.I. Prof., PLASKIN, I.N., *Flotation*, Primary Sources, New York, traducción del ruso de R.E. Hammond, 1972, 633 pp.

Gobierno del Estado de Hidalgo, *Los Municipios de Hidalgo*, 1984, Pachuca, Hgo, 303 pp.

de la GOUPILLIERE, Hatón, *Cours d'Exploitation des Mines*, tomo 1, Vve. Ch. Dunod et P. Vicq Éditeurs, Paris, 1896, 904 pp.

GROETHE, Albert, SALAZAR SALINAS, Leopoldo et al. "El Estado de Hidalgo", *La Industria Minera de México*, tomo 1, Estados de Hidalgo y México, Imprenta y Fototipia de la Secretaría de Fomento, México 1912, 420 pp.

GUERRA, François Xavier, *México, del antiguo régimen a la revolución*, Fondo de Cultura Económica, 1991, México, 1991, tomo 1 453 pp., tomo 2, 547 pp.

GUZMÁN MAYER, Genaro, *La Torre del Reloj Monumental de Pachuca*, edición conmemorativa de su cincuentenario, Pachuca, 1960, 36 pp.

HABER, Stephen H., *Industria y Subdesarrollo. La industrialización en México, 1890-1940*, Alianza Editorial, Colección Raíces y razones, México, 1992, 278 pp.

HARTMANN, Howard L, *Introductory Mining Engineering*, John Wiley & Sons, New York, 1987, pp.

HENGLEIN, F.A. *Tecnología Química*, Tomo 2, 2ª edición en español, traducida por J. Marques Ferrer y José Manuel Partierra, URMO, S.A. de Ediciones, Bilbao, tomo I 550 pp. tomo II 584 pp.

HERNÁNDEZ IVAR, Iván, *La tecnología de vapor en la mina de Acosta. Real del Monte Hidalgo, durante el siglo XIX desde la perspectiva de la arqueología Industrial*, Tesis de Licenciado en Arqueología, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México, 2003, 217 pp.

HERRERA CANALES, Inés, FLORES CLAIR, Eduardo, VELASCO AVILA, Cuauhtémoc, *Guía del Archivo Histórico de la Compañía de Minas de Real del Monte y Pachuca*, Archivo General de la Nación, Serie Guías y Catálogos núm. 62, México, 1981, 173 pp.

HERRERA CANALES, Inés, *La minería mexicana. De la colonia al siglo XX*, col. Lecturas de Historia Económica Mexicana, Instituto Mora, El Colegio de Michoacán, Instituto de Investigaciones Históricas- UNAM, México, 1988, pp. 182-204.

---, GONZÁLEZ MARÍN, Eloy, *Recursos del subsuelo, siglos XVI al XX*, UNAM, Oceano, núm. 10, col. Historia Económica de México coordinada por Enrique Semo, México, 2004, 156 pp.

HISCOX, Gardner, D, *Compressed Air Its Production, Uses and Applications*, Norman W Henley & Co. New York, 1903, 822 pp.

HUMBOLT, Alejandro de, *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*, Estudio preliminar, revisión del texto, cotejos, mapas y anexos de Juan A. Ortega y Medina, Editorial Porrúa, colección Sepan Cuantos, núm. 39, México, 696 pp. + 6 planos.

INKSTER, Ian, *Science and technology in history, an approach to industrial development*, Macmillan, London, 1991, 391 pp.

The Illustrated Science and Invention Encyclopedia, H. S. Stuttman Co. Publishers, New York, 1977.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, *Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo*, Aguascalientes, 1992, 134 pp..

---, *Anuario Estadístico del Estado de Hidalgo*, 1994, Aguascalientes, Ags. pp. 5-6.

JIMÉNEZ OSORIO, Luis, *Apuntes para una Monografía de Real del Monte*, edición del autor, Pachuca, 1983, 36 p.

JOHNSTON, George, "A brief history of concentration and Johnston concentrator", en: BENJAMIN, Edward H. *op. cit.* pp. 439-441.

KASATKIN, A.S., *Fundamentos de Electrotecnia*, Editorial Mir, Moscú, 1985, 539 pp.

Keystone Metal Quarry Catalog 1927, McGraw-Hill Catalog and Directory Co., 642 pp.

KIRK, Raymond E., OTHMER, Donald F. (Directores) *Enciclopedia de la Tecnología Química*, UTHEA, 1ª. edición en español, México, 1962, vol. 4, 1038 pp., vol 11, 995 pp., vol 12, 1019 pp.

KLINCKWOESTROEM, Carl von, *Historia de la Técnica*, Editorial Labor, Barcelona, 1960, pp.

KNIGHT, Alan, *The Mexican Revolution*, Cambridge University Press, Cambridge, 1987, 2 volúmenes, 619+679 pp.

KRAUSE, Enrique, ZERÓN-MEDINA, Fausto *Porfirio*, vol. 4 El Poder, Editorial Clío, México, 1993, pp.

LARA BEAUTELL, Cristóbal, *La Industria de Energía Eléctrica*, Fondo de Cultura Económica, México, 1953, 260 pp.

LATOUR, Bruno, *Ciencia en acción, como seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Editorial Labor, Buenos Aires, 1992, 278 pp.

LEÓN LÓPEZ, Enrique, *La ingeniería en México*, Sepsetentas, núm. 134, México, 1974, 190 pp.

LUDLOW, Leonor, "El progreso porfirista", en: *Gran Historia de México Ilustrada*, INAH, Planeta DeAgostini, tomo IV, pp. 141-160.

LOYOLA, Rafael (coordinador), *Entre la guerra y la estabilidad política. El México de los 40.*, CONACULTA, Grijalbo, col., Los Noventa, núm. 9. México, 1986, 396 pp.

Mac DONALD, Donald, "The history of silver", en: BUTTS, Allison, COXE, Charles, *Silver. Economics, Metallurgy and Use*, Robert E. Krieger Publishing Co. Huntington, New York, 1975, pp. 1 - 15.

MACÍN Francisco J., ZAVALA RUIZ, José, *La electrificación de México*, Talleres Linotipográficos Jorge Briones, México, 1944, 120 pp.

de MADARIAGA, César, Ing. *La Industria Minera*, Libros de invenciones e industrias, Calpe, Madrid, 1925, 92 pp.

MANZANO, Teodomiro, *Anales del Estado de Hidalgo*, Gobierno del Estado de Hidalgo, 1927, 3 v.

MARICHAL, Carlos, CERUTTI, Carlos, Compiladores, *Historia de las grandes empresas en México, 1850-1930*, Universidad Autónoma de Nuevo León, Fondo de Cultura Económica, México, 1997, 349 pp.

MATAIX, Claudio, *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*, Harla, México, 1982, 660 pp.

MATEOS ORTIZ, Manuel, *Los sistemas de Cianuración aplicados a la explotación de minerales de oro y plata*, Imprenta de Manuel León Sánchez, México, 1910, 107 pp.

Memoria. Segundo Encuentro Nacional para la Conservación del Patrimonio Industrial, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Universidad de Guadalajara, Comité Mexicano para la Conservación del Patrimonio Industrial, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Museo Nacional de los Ferrocarriles Mexicanos, Gobierno del Estado de Aguascalientes, Aguascalientes, 2002, 519 pp.

MENES LLAGUNO, Juan Manuel, *Historia Mínima del estado de Hidalgo*, Miguel Ángel Porrúa, México, 2006, 254 pp.

MIRA, Guillermo, "Minería y metalurgia", en: VILCHIS, Jaime, ARIAS, Victoria, *Ciencia y técnica entre Viejo y Nuevo Mundo*, Quinto Centenario, Col. Encuentros, Serie Catálogos, Lunweg Editores, Consejo Internacional de Archivos, Ministerio de Cultura, Barcelona, 1992, pp. 83-138.

MORALES, José Ignacio, *La Hacienda de Beneficio de Loreto de Pachuca*, Tesis Profesional para obtener el título de Ingeniero Químico Metalúrgico, Instituto Politécnico Nacional, México, 1941,

MORRAL, Facundo, JIMENO, Emilio, MOLERA, P. *Metalurgia General*, Editorial Reverté, Barcelona, 1988, pp.

NAVARRETE GÓMEZ, David, "Crisis y supervivencia de una empresa minera a fines de la colonia: La Vizcaína (Real del Monte)", en: HERRERA CANALES, Inés (coordinadora), *op. cit.* 1998, pp. 95-118.

----, *Propietarios y trabajadores en el distrito de minas de Pachuca, 1750-1810*, Tesis de licenciatura en historia, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 1992, 182 pp.

ORDOÑEZ, Ezequiel, RANGEL, Manuel, *El Real del Monte*, Instituto Geológico, Boletín 12, México, 1899, 105 pp.

ORDOÑEZ, Ezequiel, *Obras II*, recopilación y edición de Raúl Rubinovich y María Lozano con la colaboración de Héctor Mendoza V., El Colegio Nacional, México 1995, 573 pp.

OROZCO LINARES, Fernando, *Porfirio Díaz y su tiempo*, Editorial Panorama, cuarta reimpresión, 1989, México, 212 pp.

OROZCO, Rafael, Ing. *La Industria Minera de México, Distrito de Guanajuato*, Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, Depto. de Exploraciones y Estudios Geológicos, Talleres Gráficos de la Nación, México, 1922, 167 + iv + planos y láminas.

ORTEGA MOREL, Javier, *Minería y ferrocarriles, el caso de Pachuca Real del Monte, 1879-1906*, tesis de maestro en historia, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, México, 2002, 187 pp.

----, *Aproximación a la Historia de la Minería en el Estado de Hidalgo*, Secretaría de Educación Pública -FOMES Universidad Autónoma de Hidalgo, Colección Raíces Hidalguenses, Pachuca, 1998, 56 pp.

----, "El Ferrocarril de Hidalgo y del Nordeste", en: *Memorias del Cuarto Encuentro de Investigadores del Ferrocarril*, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Museo Nacional de los Ferrocarriles Mexicanos, México, 2000, pp. 288-296.

----, "Aprovechamiento de la energía hidráulica durante el siglo XIX entre Real del Monte y Omitlán, Hgo. Planteamiento de un patrimonio industrial", en: *Memoria. Segundo Encuentro Nacional para la Conservación del Patrimonio Industrial*, op. cit., pp. 315-325.

PARRA, Alma, "Perfiles empresariales extranjeros en la minería mexicana", en: *Vetas*, Revista del Colegio de San Luis, San Luis Potosí, año III, núm. 7, enero-abril de 2001, pp. 75-92.

de PAULA ANDRADE, Vicente, *Efemérides Pachuqueñas*, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2a. edición, estudio preliminar de Juan Manuel Menes Llaguno, Pachuca, 1986, 83, pp.

de la PEÑA, Sergio, AGUIRRE, Teresa, *De la Revolución a la Industrialización*, col. Historia Económica de México núm. 4 coordinada por Enrique Semo, UNAM, Océano, México, 2006, 543 pp.

du PONT de Nemours & Co. *Blasters' Handbook*, 15 th. edition, Wilmington, Del. 1967, 524 pp.

PROBERT, Alan, *En pos de la Plata*, Cía de Real del Monte y Pachuca- Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal, Pachuca, 1987, 391 pp.

----, "Reseña histórica de los Distritos Mineros de Pachuca y Real del Monte", en: GEYNE, A. R., FRIES, Carl, SEGESTROM, Kenneth, BLACK, R. F., WILSON, Y. F. *Geología y yacimientos minerales de los distritos de Pachuca y Real del Monte, Hgo.* Comisión de Fomento Minero, Nacional Financiera, Banco Nacional de México, Banco Nacional de Comercio Exterior, México, 1963, pp. 93-110.

RANDALL, Robert W., *Real del Monte, una empresa británica en México*, Fondo de Cultura Económica, Madrid, 1977, 340 pp.

REMÍREZ, Teodoro J. *Manual del Minero Práctico*, Ediciones Botas, México, 1948, 302 pp.

del RÍO, Andrés Manuel, *Elementos de Oricognosia*, edición y estudio preeliminar de Raúl Rubinovich Kogan, UNAM, México, 1992, 200 pp.

RITSON, J. A. S. "Metal and coal mining, 1750-1875", en: SINGER, Charles, HOLMYARD, E. J. HALL, A. R.; WILLIAMS, Trevor I., *A History of Technology*, Vol. IV. Oxford University Press, 1979, pp. 64 - 98.

RIVAS PANIAGUA, Enrique, *Hidalgo, entre selva y milpas. . . la neblina, monografía estatal*, Secretaría de Educación Pública, Comisión Nacional de libros de Texto Gratuitos, 3a. edición, 1a. reimpresión, México, 1997, 284 pp.

RIVERA CAMBAS, Manuel, *México Pintoresco, Artístico y Monumental*, Edición Facsimilar, Editorial del Valle de México, México, 1981, Tomo III, 633 pp.

RIVERO, Martha, "La política económica durante la guerra", en: LOYOLA, Rafael (coordinador), *Entre la guerra y la estabilidad política. El México de los 40.*, CONACULTA, Grijalbo, col., Los Noventa, núm. 9. México, 1986, pp. 13 a 47. Libro: 396 pp.

ROMERO GIL, Juan Manuel, *La minería en el Noroeste de México: Utopía y realidad 1850-1910*, Universidad de Sonora, Plaza y Valdés, México, 2001, 373 pp.

RUBLÚO, Luis, *Historia de la Revolución Mexicana en el Estado de Hidalgo*, No. 92 de la Biblioteca del Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana, México, 1983, 2 volúmenes, 177 + 208 pp.

RUIZ de la BARRERA, Rocío, *La empresa de minas del Real del Monte (1849-1906)*, Tesis doctoral en Historia, El Colegio de México, México, 1995, 505 pp.

----, "La empresa de Minas del Real del Monte (1849-1906). Medio siglo de explotación minera: ¿Casualidad o desarrollo estratégico", en: MARICHAL, Carlos, CERUTTI, Carlos, Compiladores, *Historia de las grandes empresas en México, 1850-1930*, Universidad Autónoma de Nuevo León, Fondo de Cultura Económica, México, 1997, pp. 291-316.

SARIEGO, Juan Luis, REYGADAS, Luis, GÓMEZ, Miguel Ángel, FARRERA, Javier, *El Estado y la Minería Mexicana. Política, trabajo y sociedad durante el siglo XX*, Secretaría de Energía, Minas e Industria Parastatal, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión de Fomento Minero, Fondo de Cultura Económica, México, 1988, 571 pp.

SECRETARÍA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO, *Reseña y Memorias del Primer Congreso Nacional de Industriales*, Dirección de Talleres Gráficos, México, 1918. 437 pp.

SIERRA, Justo, editor *México y su Evolución Social*, José Ballescá y Sucesores, México, 1901, México, 3 tomos.

SINGER Charles, HOLMYARD, E. J., HALL, A. R., WILLIAMS, Trevor I. *A History of Technology*, Oxford University Press, 1979, 7 volúmenes.

SOUTHWORTH, John R., *Las Minas de México*, edición del autor, México, 1905, 260 pp.

SOUTHWORTH, John R., HOLMS, Percy G. *El Directorio Oficial Minero de México*, volumen X, Editado por los autores, México 1908, 242 + 46 pp.

SOSA ELÍZAGA, Raquel, *Los códigos ocultos del cardenismo: Un estudio de la violencia política, el cambio social y la continuidad institucional*, UNAM, Plaza y Valdéz, México, 1996, 579 pp.

TAGGART, Arthur, F. *Elementos de preparación de minerales*, traducción de José González Sabariegos, Ediciones Interciencia, Madrid, 1ª. edición en español, 1966, 251 pp.

TAMAYO, Jorge, Ing. "La Ingeniería Hidráulica en México" en: *Anales de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, Número 3, 1972, México pp. 181 - 208.

THANE, B. L., "The use of drill machines in mine stoping", en: BENJAMIN, Edward H., *op. cit.*, pp. 219-225.

TEMPLE, John, "Metal mining" en: *A History of Technology*, vol VI, part I, editor WILLIAMS, Trevor, 1979, pp. 420, 421.

de la TORRE de la TORRE, Federico, *La Ingeniería en Jalisco en el siglo XIX*, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de los Altos; Centro de Enseñanza Técnica Industrial, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, Colegio de Arquitectos y Urbanistas del Edo. de Jalisco, Colegio de Ingenieros Civiles del Edo. de Jalisco, 2000, 297 pp.

TORRES, Blanca, "La guerra y la posguerra en las relaciones entre México y los Estados Unidos", en: LOYOLA, Rafael (coordinador), *Entre la guerra y la estabilidad política. El México de los 40*, CONACULTA, Grijalbo, col. Los Noventa, núm. 9, México, p. 65-82.

TORRES CAMPO, Gustavo, MENES LLAGUNO, Juan Manuel, coordinadores, *Real del Monte, el esplendor de ayer para siempre*, Gobierno del Estado de Hidalgo, Pachuca, 1997, 1987, 120 pp.

UHTHOFF LÓPEZ, Luz María, *La American Smelting and Refining Company (ASARCO) en México, (1890-1930)*, Tesis de licenciatura en Historia, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 1983, 158 pp.

URIBE SALAS, José Alfredo, *Empresarios del metal amarillo en México*, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Fundación Cultural Vueltabajo, col. Cuadernos de Historia Empresarial, México, 2003, 63 pp.

---, *Historia de la minería en Michoacán. Volumen I*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Sociedad Mexicana de Mineralogía, Museo Tecnológico del Siglo XIX "Minas Dos Estrellas", col. Historia y Procesos, núm. 2, Morelia, 2002, 227 pp.

VELASCO, Cuauhtemoc, FLORES CLAIR, Eduardo, PARRA, Alma, GUTIÉRREZ, Edgar O., "Estado y minería en México (1761-1910)", Secretaría de Energía, Minas e Industria Parestatal, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión de Fomento Minero, Fondo de Cultura Económica, México, 1988, 455 pp.

VIEJO ZUBICARAY, Manuel, Ing., ALONSO PALACIOS, Pedro, Ing., *Energía Hidroeléctrica. Turbinas y plantas generadoras*, Editorial Limusa, México, 1977, 330 pp.

WEMPLE, F. H. "The silver market", en: BUTTS, Allison, COXE, Charles, *Silver. Economics, Metallurgy and Use*, Robert E. Krieger Publishing Co. Huntington, New York, 1975, pp. 35 - 56.

WILLIS, B.A., *Tecnología de procesamiento de minerales. Tratamiento de menas y recuperación de minerales*, Editorial Limusa, México, 1987, 568 pp.

WRAY, María Fernanda, *El golf en Hidalgo, un legado para México*, Gobierno del Estado de Hidalgo, México, 2002, 142 pp.

YANNOPOULOS, J.C., *THE Extractive Metallurgy of Gold*, Van Nostand Reinhold, New York, 1991, 281 pp.

YOUNG Jr., Otis E. *Western Mining*, University of Oklahoma Press, 3 th. Reprint, 1978., 342 pp.

ZAPATA RUIZ, Juan, *Estudio del mineral del Xotol para su tratamiento por cianuración*, Tesis de Químico Metalurgista y Ensayador, Escuela Nacional de Ciencias Químicas, UNAM, México, 1932, pp.

ZÁRATE RUIZ, Francisco, GARCÍA ALVA, Federico, *Hidalgo Moderno. Álbum descriptivo del Estado*, col. Los Estados y sus Progresos, Oficina tipográfica del Gobierno del Estado de Hidalgo, Pachuca, 1902, 76 pp.

ZOPPETI JUDEZ, Gaudencio, *Estaciones transformadoras y de distribución*, Gustavo Gili, Barcelona, 1972, 559 pp.

Referencias Hemerográficas

BANCALARI, Rafael, "Descripción de la Fábrica Nacional de Dinamita y Explosivos", en: *Boletín Minero*, diciembre 15 de 1915. pp. 37-40.

Boletín Financiero y Minero de México, 4 de enero de 1904.

BRADY, Agustín, "La minería en los campos mineros de México durante el año de 1910", en: *Boletín Oficial de la Cámara Minera de México*, 1911, pp. 12-14.

BURWELL, Blair, "Pachuca: Home of the Patio Process", en: *The Engineering and Mining Journal*, New York. Noviembre 8 de 1924, pp. 725-730.

CUATÁPARO, Juan N. "Progresos mineros" en: *El Minero Mexicano*, México, noviembre 25 de 1875.

de CSERNA, Zoltan, "La evolución de la geología en México (~1500-1929)" en: *Revista del Instituto de Geología*, vol. 9, núm 1, 1990, pp. 1-12.

GARCÍA, Ing. J. Aurelio, "La hacienda de Beneficio de Guerrero, Omitlán, Hgo., informe de su inspección" en: *Boletín Minero*, Secretaría de Industria Comercio y Trabajo, noviembre de 1922.

--, "Reseña Técnica Minera del Estado de Hidalgo", en: *Boletín Minero*, Secretaría de Industria Comercio y Trabajo, octubre, noviembre, diciembre de 1924, enero, febrero, marzo y junio de 1925.

GARFIAS, Valentín R. "General Notes on the Production, Marine Transportation and Taxation of Mexican Petroleum", en: *Transactions of The American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, Vol LXV, New York, 1921, pp. 528-567.

El Heraldo, Pachuca, febrero 11, 18, 25 de febrero de 1906

HERRERA CANALES, Inés, "Empresa Minera y Región: La Compañía de Minas de Real del Monte y Pachuca (1824-1906)", en: *Siglo XIX*, julio diciembre de 1989, Fac. de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Nuevo León. pp. 103-124.

----, "Los socavones aventureros", en: *Historias*, núm. 28, Instituto Nacional de Antropología e Historia, abril-septiembre de 1992, pp. 75-86.

HOVIS, Logan, MOUAT, Jeremy, "Miners, Engineers, and the Transformation of Work in the Western Mining Industry", en: *Technology and Culture*, vol. 37 no. 3, July 1996, The University of Chicago Press pp. 429-456.

KURYLA, Michael H, CLEVINGER, Galen H, "Liquid-oxygen explosives at Pachuca", en: *Transactions of American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, Reunión en Nueva York, Febrero de 1923. Separata de publicación, 51 pp.

LARSON, C.B., "The Famous Old Mining District of Pachuca, Mexico", en: *Ax-I-Dent-Ax. Employees' Magazine*, United States Refining and Mining Company, august 1929, pp. 1-13.

MACDONALD, BERNARD, "How Cyanidation Was First Applied to Silver Ores", en: *The Engineering and Mining Journal*, June 20, 1926.

El Minero Mexicano, julio 22 de 1880.

MIXTER, George, "Organization and Growth of the United States Smelting Refining and Minig Company", en: *Mining and Metalurgy*, American Institute of Mining Engineers, octubre, 1948, pp. 527-531.

El Mundo Ilustrado, "La Industria Minera en México. Una Gran Empresa. Nueva Hacienda de Beneficio", junio 28 de 1908.

Fusión, Grupo Acerero del Norte, Monclova, num. 19, julio 1996.

MURO, Hermenegildo, "Informe sobre los minerales de Pachuca y Real del Monte", en: *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 5ª época, pp. 135-140, 1907.

ORDOÑEZ, Ezequiel, "Las aguas subterráneas en las minas de Pachuca y Real del Monte. La inundación de 1895", en: Memoria de la Sociedad Científica Antonio Alzate, Núm 34, 1916, pp. 65-73.

OBREGÓN E. Jorge; GUERRA, G., Jesús E.; De STEFANO F., Alfredo Consejo Editorial,; "El cable-vía aéreo", en: *Hablando en PLATA Limpia, Revista de la Cía Real del Monte y Pachuca*, octubre-noviembre de 1985, pp. 6, 7.

OROPEZA, P. "Reporte de la Fábrica de Dinamita", en: *Boletín Minero*, noviembre de 1916, pp.

ORTEGA MOREL, Javier, "Las Máquinas de vapor en el Distrito Minero Pachuca Real del Monte" y "Negociación Minera de San Rafael y Anexas" en: *Apuntes Hidalguenses*, no. 6, marzo de 1993, Universidad Autónoma de Hidalgo, 50 p.

---- , "Orígenes de la Electrificación del Distrito Minero Pachuca Real del Monte (1894-1913)" en: *Revista del Seminario de Historia Mexicana*, número 1 otoño de 1996, Universidad de Guadalajara, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, pp. 77-86.

---- , *La Minería del Distrito Pachuca Real del Monte durante la Revolución Mexicana*, trabajo terminal del Seminario de La Revolución Mexicana, un enfoque regional, de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, México, julio de 1996, inédito.

PASCOE, Luis, "El Chico District, Hidalgo, México" en: *The Engineering and Mining Journal*, october 1, 1910, p. 642.

Periódico Oficial del Estado de Hidalgo, Gobierno del Estado de Hidalgo, diversos números.

RAMÍREZ, Simeón, Ing., "Informe sobre el tratamiento de los minerales por flotación en las compañías mineras "Pachuca y Real del Monte" y "Santa Gertrudis" Hgo., "Informe sobre el estado de actividad de las negociaciones mineras en Pachuca y Real del Monte, ambas en: *Boletín Minero*, mayo de 1917, pp. 445-452 y pp. 452-454.

Revista Geominet, no. 117, mayo/junio de 1982, "Términos mineros mexicanos", pp. 73-83.

RICE, Claude T. "Pachuca and Real del Monte Silver District", en: *The Engineering and Mining Journal*, New York, sept. 12, 1908, pp. 519-525.

---. "Cianidation of silver ores", en: *The Engineering and Mining Journal*, New York, oct. 3, 1908, pp. 647-654.

RICO, José Luis, "Cierran todas las Minas", en: *El Sol de Hidalgo*, Pachuca, 10 de enero de 2005.

SARIEGO RODRÍGUEZ, Juan Luis, "Los mineros de Real del Monte: un proletariado en formación y transición", en: *Revista Mexicana de Sociología*, año XLII, vol., XLII, núm., 4. oct.-dic. 1980, pp. 1379-1404.

SKEWES, J. H., "History of Mexico's Richest Silver Mines, *Compressed Air Magazine*, Vol. XXXV, Nos. II, III, New York, February, March, 1930.

WEED, Walter Harvey, *The Mines Handbook*, 1920, publicada por W.H. Weed, New York, vol. XIV.

Referencias Informáticas

Atlas-Copco History:

<http://www.atlascopco-group.com/acgroup/acgroup.nsf/docs/1917-1949>

Ing. Ezequiel Ordóñez, en: <http://www.colegionacional.org.mx/Ordonez.htm>

Gardner Denver History:

http://www.gardnerdenver.com/GDCorpData/pdf/GD_Capabilities.pdf

Ingersoll-Rand History: <http://www.irco.com/aboutir/history>

LYELL, Charles, Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation.

RANDALL ROBERTS, John A., "Resurgimiento de Guanajuato en la minería después de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) (Relatos)", en: *Memoria del IV Congreso Internacional de Historia de la Minería, Guanajuato, 1998*, CONACULTA INAH, Gobierno del Estado de Guanajuato, Universidad de Guanajuato, disco compacto, México, 2000.

SARIEGO RODRIGUEZ, Juan Luis, "El patrimonio tecnológico de los mineros de la Sierra Tarahumara", en:

<http://morgan.ia.unam.mx/usr/Industrial/BOL05/ARTICULOS/SARIEGO.html>

William Stanley en: <http://inventors.about.com/library/inventors/blstanley.htm>

Tenería de Pachuca:

<http://everardomarquezespinoza.blogspot.com/feeds/posts/default> enero 2010.