

1
10

INFORME

PRESENTADO AL SUPREMO GOBIERNO

SOBRE LA

PLANTA BENEFICIADORA DE MINERALES DE COBRE

DE LA

CHILE EXPLORATION COMPANY

EN

CHUQUICAMATA

POR

AQUILES CONCHA S.

Ex-alumno de la Escuela Superior de Minas de París
i Jeólogo de la Dirección Jeneral de Obras Públicas.



SANTIAGO DE CHILE

IMPRENTA UNIVERSITARIA

Bandera 130

1915

Biblioteca del Congreso Nacional

Colección F. 1. 1. 1.

23

Serie

Y-2

Tabla

Obs.

202364

INFORME

PRESENTADO AL SUPREMO GOBIERNO

SOBRE LA

PLANTA BENEFICIADORA DE MINERALES DE COBRE

DE LA

CHILE EXPLORATION COMPANY

DE

CHUQUICAMATA

POR

AQUILES CONCHA S.

Ex-alumno de la Escuela Superior de Minas de Paris
i Jefe de la Direccion Jeneral de Obras Públicas.



SANTIAGO DE CHILE

IMPRESA UNIVERSITARIA

Bandera 130
1915



PREFACIO.

En el mes de Junio del presente año, recibí una comision del señor Ministro de Industria i Obras Públicas, don Fernando Freire, para estudiar i hacer ensayos sobre los mejores sistemas de vía húmeda aplicables a la estraccion del cobre de los minerales chilenos. Algunos dias despues, el señor Ministro me concedió un local en la Escuela de Minería de Santiago para llevar a efecto las esperiencias. Este informe debia comprender tambien una monografia i crítica sobre los principales establecimientos que benefician el cobre en Chile por el sistema mencionado.

Comencé mis trabajos con las piritas de cobre que abundan en las minas vecinas a Santiago i gracias a la benevolencia de don Guillermo Acuña obtuve algunos sacos de su mina Africana.

Hice construir e instalar en la Escuela de Minería un aparatito para tostar minerales en 12 horas. Consistia en una retorta, un hornito de recuperacion i un motorcito que accionaba un compresor. Conocido el resultado de la tuesta i la manera como se comportaban los cuerpos que acompañaban al cobre en el mineral, pasé a la lixiviacion. Esta no ofrecia mayores dificultades i faltaba sólo por conocer la precipitacion del cobre de la solucion. Esta operacion no consistia en otra cosa sino en seleccionar uno, entre los numerosos procedimientos que existen para dicho objeto. Desde luego el único que permite obtener práctica i economicamente un cobre casi químicamente puro es la precipitacion electrolítica, al mismo tiempo que rejenera el ácido que se emplea para disolver el mineral.

Me quedaba entónces por cumplir la última parte de la comision o sea la monografia i crítica de los principales establecimientos

que beneficiaran los minerales de cobre por el sistema que yo hubiera adoptado, o por otro semejante. Esta eleccion recayó sobre Chuquicamata, donde me envió el señor Director Jeneral de Obras Públicas quien venia regresando de la inauguracion de ese gran plantel. El 20 de Agosto llegué a ese mineral, fruto de la iniciativa i perseverancia de los norteamericanos. Ahí no sólo tuve ocasion de visitar i conocer esa valiosa instalacion donde se dan la mano los últimos perfeccionamientos mundiales en el beneficio del cobre por la vía húmeda, sino que tambien pude investigar el porqué se habia adoptado ese procedimiento i las ventajas que ofrecia sobre los demas. Pude tambien convencerme que las esperiencias que habia hecho en Santiago eran investigaciones que preocupaban vivamente la atencion de las corporaciones norteamericanas que deseaban establecer la hidro metalurgia del cobre en sus explotaciones mineras.

Gracias a la esquisita amabilidad del señor Jerente Jeneral don Federico Hellmann, quien me presentó al distinguido Injeniero Químico i Metalurjista señor E. A. Cappelen Smith i a los jefes de las distintas secciones de Chuquicamata, pude encontrar toda clase de facilidades para el mejor desempeño de la comision que me confiara el señor Ministro de Industria i Obras Públicas don Fernando Freire.

Permanecí 37 dias en Chuquicamata, tiempo durante el cual se me facilitó la entrada a todos los departamentos, se me permitió sacar cróquis i esquemas de las instalaciones, i he condensado en el informe adjunto el resultado de mis propias observaciones.

El injeniero de la Inspeccion de Minas, señor Nicomedes Echegaray llevó la mision de informar sobre las minas i su explotacion, motivo por el cual sólo detallaré la usina de beneficio de los minerales situada a 6,08 kilómetros de las minas.

Tampoco informaré sobre la planta jeneradora de fuerza de Tocopilla porque no recibí oportunamente la autorizacion necesaria para permanecer mas tiempo en la provincia de Autofagasta.

Los planos que acompañan mi informe quedarán a disposicion del público en la Inspeccion de Minas, Alameda 1151; en la Sociedad Nacional de Minería, Moneda 759 i en manos del que suscribe, Compañía 2473.

RESÚMEN.

La Sub-estacion A recibe la corriente trifásica i está provista de los aparatos eléctricos mas perfeccionados para proteger la línea i los transformadores contra el exceso de voltaje producido por rayos o descargas eléctricas de las nubes.

La extraccion del mineral se hace en la forma mas económica que se conoce i costará \$ 0,75 por tonelada.

El mineral lo transporta de la mina a la planta, un ferrocarril con traccion a petróleo, con un costo de 8 centavos por T. Km.

La molienda ocupa 1 120 H. P. de fuerza i su costo es de \$ 1 por T. de mineral. Emplean algunas máquinas desconocidas en Chile como los «Symons Disc».

La lixiviacion por el ácido sulfúrico se hace con un gasto de \$ 0,95 por T. de mineral a 2% de cobre. En esta operacion han batido el record mundial en el espesor o altura de mineral colocado en los estanques de lixiviacion, que es de 4,20 m. Los ripios quedan con una lei de 0,03% de cobre.

Chuquicamata es la primera usina del mundo que emplea en gran escala la precipitacion del cobre de una solucion de sulfato por medio de la electricidad. El resultado ha sido por demas halagador i han salvado un sinnúmero de dificultades, llegando a extraer la T. de cobre electrolítico con un gasto de \$ 300 de 10 d i con un rendimiento de 88,6% de la corriente empleada i de un 90% del cobre contenido en el mineral. En este departamento emplean, por el momento, 13 000 H. P. de fuerza.

El transporte de los cuerpos, tanto sólidos como líquidos i gaseosos ha sido objeto de un estudio por demas complicado e interesante. Los minerales i ripios viajan de un departamento a otro sobre correas sin fin, accionadas por motores eléctricos, algunas de las cuales trasportan 550 T. por hora, desde el subterráneo de un edificio hasta el segundo piso del vecino. Las correas sin fin ocupan 600 H. P. El cobre en lingotes o en anodos solubles i demas mate-

rias sólidas, se moviliza por medio de una línea Decauville, con tracción por medio del aire comprimido.

Los líquidos como agua, petróleo, soluciones, ácido sulfúrico, etc., son manejados por: bombas eléctricas de diversos tipos, montajugos i pulsómetros a aire comprimido.

Los cuerpos gaseosos como vapor, aire, etc., viajan por dentro de tubos i son impelidos por las calderas mismas o por compresores.

El tiraje de las chimeneas se favorece por medio de ventiladores.





MONOGRAFÍA

DE LA

Planta de Beneficio de Chuquicamata.

SITUACION.

La planta beneficiadora de minerales de cobre de Chuquicamata se encuentra a 2 895,50 m. de altura sobre el nivel del mar, en el departamento de Antofagasta, Comuna de Calama, a 9 Km. en línea recta de la estacion de Calama i a $1\frac{1}{2}$ Km. de la estacion de Punta de Rieles. Esta última está unida por un ramal de 9 Km. con la de San Salvador, que, como la estacion de Calama, pertenece al ferrocarril de Antofagasta a Oruro.

Jeográficamente se encuentra a $68^{\circ} 55'$ de longitud al O. de Greenwich i $22^{\circ} 17'$ de latitud Sur.

Chuquicamata es nombre «aimará» que quiere decir «cama de oro», (chuqui=cama; camaya=oro).

ENERJIA.

La enerjía eléctrica encuentra en la planta beneficiadora de minerales de cobre de Chuquicamata, las mas variadas aplicaciones. Las máquinas empleadas en otras industrias están ahí gobernadas

por la electricidad, tanto en los trasportes como en las secciones de química i mecánica. Los progresos realizados en esa zona son un ejemplo de lo que puede esperarse en nuestro país, en provincias ricamente dotadas de fuerza motriz hidráulica capaz de producir electricidad a un costo tres veces inferior al de la planta generadora de Tocopilla. Allí se ha dado el primer paso por esta vía que es una fuente inagotable de aplicaciones interesantes i económicas en la vecindad de las explotaciones mineras. La electricidad es un agente que se adapta admirablemente, por su elasticidad, docilidad i facilidad de emplearla tanto en las pequeñas como en las grandes potencias, a todas las necesidades de una mina.

Otras fuentes de energía como el carbon, vapor, aire comprimido o agua bajo presión no podrían desempeñar con tanta economía las variadas funciones confiadas a la corriente trifásica, dada la dificultad que encontrarían para pasar de una a otra forma de energía.

La electricidad se aplica en Chuquicamata para producir: *calor* en las estufas i alambiques; *luz* en el alumbrado por incandescencia i por arco de la planta; *energía química* en los baños electrolíticos donde separa el cobre de la solución, *radiaciones ultra-violetas* en las lámparas de mercurio con vidrio de cuarzo destinadas a impresionar papel de ferro prusiato, en la oficina de copiar planos; *energía mecánica* en los motores de inducción que accionan ventiladores, bombas, martinets, grúas, tornos, compresores, correas sin fin, etc.

A esas variadas funciones agréguese: 1) la facilidad de transformarla en alta o baja tensión, lo que permite tanto su transporte económico a gran distancia con 110 000 V., como su distribución en los estanques para catodos donde se emplea con una tensión de 0,3 V. por baño; con un rendimiento de 90% en el primer caso i de 99% en el segundo; 2) el fraccionamiento de la instalación, en tantas porciones independientes como motores de inducción (en la planta hai 256 motores asíncronos con un consumo de fuerza de 30 113 H. P.).

Los motores asíncronos o de inducción usados en Chuquicamata soportan fluctuaciones superiores al doble de su carga normal, son suaves i silenciosos, no producen chispas debido a que funcionan sin escobillas, colectores, ni contactos eléctricos. Los motores

pequeños como los de la maestranza, trabajan a baja tension para sacar de ellos mejor rendimiento i para mayor seguridad del personal.

La frecuencia adoptada para el trasporte de enerjía es de 50 períodos.

El costo del caballo-año de enerjía es de \$ 500 de 10 d.

LLEGADA DE LA CORRIENTE A LA SUB-ESTACION A.

El problema técnico i económico del trasporte de 40 000 caballos de fuerza a 140 kilómetros de distancia ha sido resuelto de una manera irrehachable.

La corriente trifásica que viene de Tocopilla llega a la Sub-estacion A por tres cables compuestos cada uno por 6 alambres torcidos alrededor de un séptimo. Estos alambres son de cobre semi-duro, de un espesor OOOB+S i vienen apoyados en torres de acero galvanizado por medio de aisladores tipo Locke, de 7 campanas de porcelana vitrificada i esmaltada cada uno. La línea de tierra está constituida por dos cables de 0,0095 m. de acero Siemens Martins, unidos a la parte superior de cada torre, cables que sirven de pararrayos. La distancia de una torre a la otra es, en jeneral, 220 m. salvo en ciertas partes donde la formacion del terreno permite una mayor separacion.

Los aisladores de campana fueron ensayados con voltaje de 250 000 V. como tambien a la ruptura. La forma de campana fué adoptada con el objeto de impedir que la humedad o camanchaca pusiera en contacto la torre con los cables conductores. Se retarda la condensacion de la camanchaca por medio de las siete campanas cuyos interiores no están al alcance de las radiaciones caloríficas. El vidrio habria sido mas quebradizo e higroscópico.

SUB-ESTACION A. (Ver plano).

La Sub-estacion A. consta de 5 edificios adyacentes, sirviendo cada muralla lonjitudinal para separar dos edificios vecinos. Llamaremos «primer edificio» aquel donde llegan los cables que traen la corriente de Tocopilla.

Primer edificio.

Dimensiones: 31,20 m. de largo; 7,13 m. de ancho; altura de las murallas, 18,50 m.

En las dos últimas torres, los tres cables que traen la corriente de Tocopilla a 110 000 V. se dividen en seis conductores (cada cable en dos conductores) i entran al primer edificio por las alas estremas; alas que están separadas por un espacio de 14 metros que corresponden a los departamentos centrales. En cada uno de los tres primeros edificios, las alas tienen los mismos aparatos. Igual cosa sucede en los dos departamentos centrales.

Cada ala recibe tres conductores de color amarillo, lila i verde, que se apoyan en poderosos aisladores de porcelana de 8 aletas. Pasan al interior del edificio por medio de dos conos de porcelana horizontales, unidos i sujetos en la muralla, por su base. Al interior, cada cable se divide en dos, uno de los cuales baja apoyándose en aisladores i pasa por un interruptor, un para-rayos i una resistencia de aceite, que sirven como aparatos protectores contra el exceso de voltaje producido por rayos, efluvios o descargas de electricidad atmosférica. Los interruptores de los tres cables funcionan simultáneamente por medio de un manubrio que los acciona a los tres a la vez. El otro extremo de los tres cables pasa por un interruptor i va al segundo edificio.

Los dos departamentos centrales están ocupados por seis bobinas terrestres de reaccion que reciben el exceso de voltaje de los departamentos correspondientes del primer edificio i le crean un camino directo e inofensivo hácia la tierra. Cada bobina terrestre de reaccion tiene un para-rajo conectado con un ampermetro de 005.

PARARAYOS.

Estos consisten en dos antenas de cobre, situadas en un mismo plano vertical, sostenidas por aisladores de porcelana. Una de las antenas está en coneccion con la línea de alta tension i la otra está en comunicacion con la resistencia de aceite o con la bobina terrestre de reaccion. Las dos antenas están separadas en su base por un espacio de 25 centímetros mas o ménos, distancia que será aumentada o disminuida segun las necesidades del servicio que posteriormente se hagan sentir. Hácia arriba las antenas se abren. Cuando

se produce una descarga atmosférica en la línea el exceso de voltaje puede seguir dos caminos: uno hacia el segundo edificio donde chocará con la self-inducción de la bobina de reaccion. Esta self-inducción que se debe a la elevada frecuencia de la corriente alterna del rayo, enjendra en la bobina de reaccion una fuerza contra electro-motriz que impide el aumento de voltaje, protejiendo así los aparatos eléctricos colocados en los demas edificios. En el segundo camino que puede seguir el exceso de voltaje se topa con el pararrayo de antena, atraviesa el espacio de aire que separa las antenas, produciendo una luz i entra a la tierra. Debido a la forma particular de las antenas i a otros fenómenos, el arco producido se va abriendo hácia arriba hasta que desaparece dejando el circuito eléctrico en su estado normal. Es cuestion de segundos.

Las resistencias de aceite están encerradas en una gran caja metálica montada sobre rieles i ruedas. Tienen su disco fusible que puede observarse desde el exterior i una flecha que indica el nivel del aceite que llega por un cañon de 0,05 m. i entra por la parte inferior hasta el nivel correspondiente. La merma por evaporacion u otra causa se reemplaza por la parte superior. Debajo de cada resistencia de aceite o de cada bobina terrestre de reaccion, existe un estanque de concreto con pendiente hacia un cañon por donde se puede escurrir el aceite en caso necesario. Las cajas metálicas de las resistencias de aceite tienen la forma de un paralelepípedo rectangular, con las dimensiones aproximadas siguientes: 2,40 m. de altura; 1,20 m. de ancho i 1,40 m. de largo.

Las bobinas terrestres de reaccion están tambien contenidas dentro de cajas metálicas de 1,50 de alto, mas o ménos. Cada una tiene un termómetro para medir la temperatura del aceite que no debe pasar de 30° C., dos fusibles i una caja metálica con aceite i nivel de vidrio, colocada a un metro de altura sobre la bobina.

Segundo edificio.

Dimensiones: 28 m. de largo; 17,76 m. de ancho i 12 m. de altura de las murallas. Este edificio lo dividiremos en dos naves longitudinales.

PRIMERA NAVE.

Los seis cables de las alas exteriores del primer edificio pasan al segundo i entran cada uno en una bobina de reaccion destinada, como lo he dicho, a no dejar pasar el exceso de voltaje. Pasan en seguida por un interruptor de aceite para 130 000 Volts i 3 300 A. Cada tres interruptores se conectan simultáneamente por medio de un manubrio.

En los departamentos centrales hai seis resistencias de aceite iguales a las que describí en las alas exteriores del primer edificio, para 130 000 V. i 12 700 A. Cada una tiene su pararrayo, cuyas antenas están conectadas: una con el cable que viene de la segunda nave i la otra con un cable cuyo extremos van: uno a un juego de pararrayos i el otro a la bobina terrestre de reaccion del departamento central del primer edificio.

SEGUNDA NAVE.

Tenemos entónces que de la primera nave pasan 12 conductores a la segunda, de los cuales: 6 vienen de los interruptores de aceite i atraviesan un ampermetro para 200 A., i seis de las resistencias de aceite.

Estos 12 conductores se conectan en la segunda nave con dos sistemas de barras colectoras a 110 000 V.

Tercer edificio.

12 conductores vuelven a salir de los dos sistemas de barras colectoras i llegan a este tercer edificio, cuyas dimensiones son: 28 m. de largo; 16,26 m. de ancho; altura de las murallas 8,45 m. i 1,50 m. altura del techo.

PRIMERA NAVE.

Los 12 conductores pasan, en el segundo piso, por 12 interruptores de aceite. Cada tres de éstos últimos están unidos por un eje de trasmision accionado por un motorcito eléctrico de 0,37 K. W. 1 350 r. p. m. cuya velocidad se reduce por medio de engranajes. Este motor sirve para abrir o cerrar el circuito de los tres interruptores de aceite. Los 12 conductores pasan en seguida por 12 bobinas de reaccion i van a la segunda nave.

En el primer piso hai cuatro bombas accionadas por 4 motores eléctricos (una en cada departamento) de 500 V. 11, 1 A. 9 H. P., 710 r. p. m. i de frecuencia 50. El motor i la bomba centrífuga están calados en el mismo eje. El aceite impelido por la bomba pasa por un serpentín de 15 espiras sumergido en un estanque *ad hoc*, donde se enfria por medio del agua, i sigue por cañerías hasta las máquinas eléctricas que lo emplean.

SEGUNDA NAVE.

Los 12 conductores de la primera nave llegan aquí a 12 grandes aisladores de aleta de 1,30 m. de altura, aisladores que tienen en la parte superior una esfera de 0,40 m. de D., por el interior de los cuales se introducen a los cuatro transformadores de 10 000 K. W. (tres en cada uno). Estos son de tres fases, aislados por aceite frio i bajan la tension de 99 000 V. a 5 165 V. Los enrollamientos primarios i secundarios están conectados en estrella. Los cuatro transformadores están montados sobre rieles i ruedas, i tienen debajo su estanque de concreto para el escurrimiento del aceite en caso de necesidad. Cada uno está encerrado en una gran caja metálica de: 4 m. de largo; 3 m. de alto; i 2,5 de ancho, mas o ménos. A un metro de altura sobre cada transformador hai un depósito de fierro con aceite, de capacidad de 0,700 m. cúbicos i un nivel vertical de vidrio que indica su altura. Este depósito está unido con el transformador por medio de una cañería de 0,076. De la parte inferior de cada transformador sale una cañería de 0,152 m. que sirve para introducir el aceite en su interior, aceite que se escurre por otra cañería igual que sale de la parte superior. Ambas cañerías están conectadas con las bombas de la primera nave.

Despues de ser transformada, sale la corriente a 5 000 V. mas o ménos por tres barras dobles, anarilla, lila i verde, barras que pasan a cierta altura sobre la línea férrea que atraviesa este edificio i entran al subterráneo del siguiente.

Cuarto edificio.

En el subterráneo de este edificio están: las celdas correspondientes a los transformadores, las celdas registro de los transformadores, los transformadores de excitacion, los convertidores asincro-

nes i síncronos, las celdas de proteccion contra el exceso de voltaje, celdas en construccion etc. (Ver croquis).

En el primer piso están ubicadas las celdas con los interruptores correspondientes a las del subterráneo (Ver croquis).

En el segundo piso están las barras colectoras correspondientes a las celdas anteriores i a la distribucion de una parte de la corriente. (Ver croquis).

Quinto edificio.

Dimensiones. 63 m. de largo; 19,13 m. de ancho i 17,40 m. de altura hasta la parte superior del techo.

A este edificio llegan 18 000 K. W. a seis motores de corriente alternativa, mas uno que se está instalando. De estos siete, tres son síncronos o alternadores i cuatro son asíncronos o de induccion.

MOTORES SÍNCRONOS O ALTERNADORES.

Estos no son sino alternadores usados como motores bajo la accion de una corriente idéntica a la que ellos producirian como generadores. La corriente trifásica con que funciona cada uno es de: 5 000 V.; 372 A.; Frecuencia 50; 3 670 H. P.; 500 r. p. m. Cada uno tiene escobillas positivas i negativas en número de 192 de cada clase. Todas son de morganita.

Cada motor de estos, está acoplado sobre el mismo eje, con dos dinamos (uno a cada lado). Las características de estas son: 235/260 V.; 5 300/4 800 A.; 1 250/1 000 K. W. cada una.

Los alternadores tienen excitadoras independientes cuya corriente continua produce en cada electro del rotor una polaridad i una intensidad de imantacion bien definida. Estos motores presentan poca estabilidad i no pueden funcionar sino a cierto número de revoluciones por minuto, velocidad que les comunican antes de ponerlos en carga. Cada uno de los tres dinamos excitadores están acoplados en el mismo eje con un motor asíncrono que recibe una corriente de: 40,5 amperes de intensidad, 5 000 volts de fuerza electromotriz, frecuencia 50; 395 caballos i 985 r. p. m. El dinamo excitador produce una corriente de: 220/260 V.; 1 130/2 400 A.; 250/265 K. W.

MOTORES ASÍNCRONOS O DE INDUCCION.

La corriente trifásica con que funciona cada uno de los cuatro motores asíncronos o de induccion es de 5 000 V.; 360 A.; frecuencia 50; 3 700 H. P.; 490 r. p. m. Estos obran como motores i acciona, cada uno, dos dinamos acopladas en el mismo eje, dinamos que dan: 335/260 V.; 5 300/4 800 A.; 1 000/1 250 K. W. cada una. Estas dinamos tienen 12 hileras de escobillas, con 32 escobillas de morganita cada hilera. El colector está dividido en tres coronas. El inductor tiene 12 polos o electro-imanés. El inducido tiene 1,60 m. de D. mas o ménos.

El motor de induccion es del tipo de anillos colectores i se pone en movimiento por medio de resistencias en el secundario o sea en las bobinas del rotor. Casi todos los motores de la planta son de ese mismo tipo i para ponerlos en movimiento, las bobinas del inductor están conectadas con una resistencia constituida por un estanque metálico cilíndrico que contiene agua con 10% de soda cáustica dentro del cual hai sumerjidas dos láminas o discos de fierro que corresponden a dos de los enrollamientos del inductor. El tercer enrollamiento está en coneccion con el estanque mismo. Este es un aparato que permite intercalar una resistencia progresiva, cosa absolutamente necesaria para vencer la gran fuerza de inercia al ponerlo en marcha. Produce chispas sino cuando se corta la corriente.

Hai además en este departamento dos dinamos chicos accionados por dos motores asíncronos de 500 V.; 23,8 A.; frecuencia 50; 22 H. P.; 1 440 r. p. m. Las dinamos producen corriente continua de 110/158 V.; 80 A.

Los motores están en lugares secos, bien ventilados, muy aseados i perfectamente bien aislados. No se acercan a ellos sino los obreros que los tienen a su cargo. Cada motor tiene su tablero con ampermetro, voltmetro, interruptor, resistencia, corta-circuito, etc. Los descansos de los motores son del tipo con recipiente de aceite i anillos.

HOJAS DE CONTROL.

En el gran tablero de distribucion de la Sub-estacion A se saca diariamente el diagrama del voltaje durante el dia i la noche, i el

diagrama diario de la utilizacion de la enerjía eléctrica para el conjunto de motores, con indicacion de la intensidad.

AISLAMIENTO.

Es tan perfecto que baste decir que hasta hoy dia apenas si ha habido un caso o dos de muerte por la electricidad, contando el período de construccion, pues aun no están definitivamente concluidas las instalaciones. El último caso de muerte se debió, como pude constatarlo, a una excesiva imprudencia del trabajador, quien abrió las puertas de una celda donde habia un gran rótulo que decia: «Peligro de muerte. Se prohíbe la entrada».

Para la corriente que viene de Tocopilla, hai seis voltmetros, tres en triángulo i tres montados en paralelo. Uno de los voltmetros da diariamente el diagrama del voltaje con que llega la corriente de Tocopilla. Este voltaje varía entre 96 000 i 100 000 volts, con un término medio de 99 000 V.

En las dinamos de esta Sub-estacion se produce la corriente continua que se emplea en la electrolisis. Para conducirla hasta la casa electrolítica, que está al lado de la Sub-estacion, se emplea 103 T. de cobre en planchas i conductores dentro de la sub estacion; 39 T. de cobre en planchas entre la sub estacion i la electrolisis i 215 T. de cobre en los 5 circuitos dentro de la casa electrolítica. En las grandes intensidades como ésta, es preferible transmitir la corriente por planchas de cobre que por cables; pues son mas manuales. Los remaches empleados en las uniones de las planchas son de cobre de 0,019 m. Cuando ha sido necesario soldar las planchas, la soldadura ha sido hecha con 4 partes de estaño i 10 de mercurio. Se ha empleado planchas de dos dimensiones distintas para conducir la corriente: unas de 0,228 por 0,0127 m. i otras de 0,254 m. por 0,011. de seccion.

Este quinto edificio dispone, por último, de una gran grúa eléctrica para levantar pesos hasta de diez toneladas.

He dado ya una lijera descripcion de los aparatos que reciben, trasforman i protejen la corriente trifásica que llega a Chuquimata a la Sub estacion A.

SUB-ESTACION B.

Una parte de la corriente que llega a las tres barras colectoras de 5 000 V. pasa por interruptores i se dirige por tres cables a la sub-estacion. Ahí existen tres trasformadores chicos que trasforman los 3 000 K. W. de 5 000 V. en 525 volts. A este voltaje la corriente alternativa se reparte en seguida a: la carpintería, descloruración, casa de bombas, fundición, chancadoras, correas sin fin, maestranza, etc.

SUB-ESTACION C.

También recibe 3 000 K. W. a 5 000 V. que los transforma a 525 V. corriente que se emplea en accionar los motores de inducción de correas sin fin, chauchos, etc.

Conocida ya la forma de energía empleada, pasaré a la descripción de la planta beneficiadora de minerales que hará resaltar aun más las ventajas del empleo de la corriente trifásica a alta tensión en el desarrollo de una explotación minera.

TRANSPORTE DEL MINERAL DE LAS MINAS A LA PLANTA

En las minas las palas a vapor cargan el mineral en carros de ferrocarril de 60 T. cada uno. Veinte de estos carros son arrastrados hasta la planta por una línea de trocha ancha de 6,08 kilómetros de largo. Este servicio se hace por medio de locomotoras a petróleo de 91,5 T de peso sin el tender.

MATERIAL RODANTE.

Disponen de 20 carros «Oliver Dump» con capacidad para veinte toneladas de mineral cada uno, i de 60 carros norteamericanos de 60 T. cada uno, con descargador automático situado debajo del carro. Estos carros se arman en Chuquicamata i los grandes pesan vacíos 18 T. cada uno.

Para armarlos disponen de un desvío de la línea férrea, una

grúa a mano, una cañería de aire comprimido que alimenta la fragua, un martillo remachador i el aparato para ensayar los frenos. La armadura se hace al aire libre. El martillo remachador pesa 15 kilos i cabecea un remache en 25 segundos.

LOCOMOTORAS.

Hai tres a petróleo de 91,5 T. de peso i 5 chicas, a carbon, de 51 T. para formar los trenes completos en la cancha de las minas. Estas últimas consumen 3 T. diarias de carbon cada una. El carbon cuesta entre \$ 70 i \$ 95 la tonelada puesto en Chuquicamata i el petróleo \$ 120 en la Planta i \$ 66 puesto en los estanques de Tocopilla por la Union Oil Company. (Pesos de 9-d).

ENTRADA DEL TREN A LA PLANTA.

El tren cargado con minerales entra a la planta por un terraplen que termina en un puente de 365,75 m. de largo sostenido por 40 tramos de acero. El primer tramo a partir del terraplen tiene 3,96 m. de altura i 2,13 m. de ancho en la parte superior. Los demas están a 9,14 m. de distancia uno de otro, con alturas crecientes hasta el último que tiene 11,58 m. de altura sobre la superficie de los cuatro cilindros de concreto que le sirven de fundacion.

El primer tramo es simple, los dos siguientes van entrelazados por dos fierros en forma de x, formando una verdadera torre. El cuarto es simple. El quinto i sexto van tambien entrelazados i así sucesivamente.

El puente tiene una vía hasta el tramo 34 o sea sobre un largo de 301,75 m. Desde ahí la línea se bifurca i siguen las dos trochas chas separadas por 4,57 m. de eje a eje. El resto de la línea hasta el comienzo de los buzones tiene un largo de 64 m.

BUZONES PARA ALMACENAR MINERALES.

La doble vía continúa por encima de los 32 buzones donde descargan el mineral tal como viene de la mina. Hai dos hileras para-

lelas de 16 buzones de 4,57 m. de abertura cada uno en el sentido de la línea férrea. El ancho trasversal de cada par de buzones de exterior a exterior es de 10,67 m. Estos descansan sobre cuatro hileras de pilares. Cada hilera tiene 48 pilares a 2,28 m. de distancia uno de otro, haciendo un total de 109,72 m. Las dos hileras interiores distan 2,46 m. entre sí i están a 4,10 de las exteriores. Los buzones están cubiertos exteriormente por tablonés de madera de pino de 0,050 m. por 0,254 m. por 9,42 m. La doble vía que pasa por encima de los buzones está a 13,41 m. de altura sobre el nivel de la última fundación.

Los buzones son de forma rectangular, con piso de madera de 0,05 m. por 0,20 m. Debajo de cada uno hai un gran embudo por donde se vacia el mineral sobre pequeñas cadenas cuncunas sin fin, de acero ondulado, con movimiento intermitente. Estas alimentan dos largas correas sin fin, de 1,34 m. de ancho, que se apoyan de trecho en trecho sobre hileras de 6 poleas colocadas en forma de arco de círculo. Un motor eléctrico de $7\frac{1}{2}$ H. P. i 470 r. p. m. acciona cuatro alimentadores cuncuna.

La capacidad de los 32 buzones es para 18 000 T de mineral.

A ámbos lados de los buzones i a la altura de la línea férrea hai una caminata entablada, con baranda hácia el exterior, baranda que queda a 14,50 m. sobre el nivel del suelo.

Las paredes laterales exteriores de los buzones se prolongan hasta 1 m. encima del nivel del suelo, a fin de guarnecer contra el viento la correa sin fin que recibe el mineral.

Los trozos de mineral demasiado grandes para que puedan pasar por el embudo de los buzones son quebrados con dinamita en el mismo buzón.

Las dos correas sin fin que reciben el mineral lo levantan hasta el piso superior de la casa de chancadores jiratorios.

CHANCADORES JIRATORIOS. (Mc. Cully núm. 10).

Las correas dejan caer el mineral dentro de los chancadores que pueden recibir trozos hasta de 91 por 76 centímetros, para reducirlos al anillo de 10 cm. Cada chancador tiene una capacidad

para 7 000 T. diarias i está accionado por un motor de corriente trifásica de 120 H. P. La polea que queda encima de la chancadora i alrededor de la cual da vuelta la correa sin fin, es magnética i permite retener i separar las herramientas o trozos de fierro o acero que hayan podido caer sobre la correa sin fin, evitando así la ruptura de los chancños. Esta polea tiene fuerza para retener trozos de fierro de un peso de 500 kilos.

Dos motores eléctricos de 30 H. P. cada uno, 480 r. p. m. i 35,7 A., accionan las correas sin fin.

Este edificio dispone de una grúa eléctrica accionada por cuatro motores de 37, 30,15 i 15 H. P. Para cada movimiento de la grúa se emplea un motor i quedan dos para levantar pesos livianos o pesados, hasta de 10 T.

El mineral chancado cae a dos correas sin fin de 0,914 de ancho, con capacidad para trasportar 275 T por hora, con una velocidad de 45,718 m. por minuto, situadas en el subterráneo. Estas trasportan i levantan el mineral hasta el edificio vecino, donde lo vacian en cuatro parrillas inclinadas, cuyos barrotes dejan espacios de 3 cm. para evitar que el mineral de tamaño inferior pase por los Symons disc. Estas dos correas están accionadas por dos motores de 30 H. P., 500 V., 35 A., 480 r. p. m., frec. 50.

CASA DE QUEBRADORES DE DISCOS I DE CILINDROS

En el piso superior de esta casa, el mineral de cada correa se divide en dos partes i cae dentro de 4 quebradores de discos (Symons disc. tipo C) de 1,219 m. con capacidad para quebrar 137,5 T. por hora. El mineral que sale de los «Symons disc» puede pasar por el anillo de 3 cm. i cae en buzones que dividen cada porcion de mineral en dos. Las 8 porciones caen por gravedad a 8 quebradores de cilindros, tipo Garfield, de 1,375 m. por 0,508 con capacidad para chancar 68,75 T. por hora, con una velocidad periférica de 228,59 m por minuto, dejando el mineral de 1,27 cm.

En el piso de los «Symons disc» hai una grúa eléctrica capaz de levantar 10 T. i dos grúas mas en los rodillos Garfield.

Cada «Symons disc» está accionado por dos motores eléctri-

cos, uno de 40 H. P. i otro de 30 H. P. Ambos de 730 r. p. m. Cada motor tiene su resistencia de discos en agua con soda cáustica, conmutador, interruptor, reostato, etc.

Los 8 chanchos del piso inferior están accionados por 8 motores de 75 H. P., 84,5 A., 485 r. p. m. Estos motores mueven cada uno una trasmision, que a su vez acciona los chanchos.

Los «Symons disc» son máquinas nuevas, desconocidas en Chile i han dado excelentes resultados.

El mineral de esta casa, molido al anillo 1,27 cm., cae sobre dos correas sin fin trasversales de 0,914 de ancho, con capacidad para trasportar 275 T. por hora, con una velocidad de 45,718 m. por minuto. Estas correas están colocadas en el subterráneo, accionadas por dos motores de $7\frac{1}{2}$ H. P.; 10,7 A. por terminal; 500 r. p. m. en plena carga. Se vacian, en el mismo subterráneo, sobre una correa sin fin longitudinal de 0,914 m. de ancho, con capacidad para 550 T. por hora i 91,43 m. por minuto. Esta trasporta i levanta el mineral a la torre muestreadora, pasando ántes por una romana que registra automáticamente su peso, conjuntamente con el peso de la correa que lo lleva, cantidad que se descuenta en seguida. Esta romana permite saber exactamente el peso de mineral vaciado en cada estanque de lixiviacion.

TORRE MUESTREADORA.

Tiene por objeto separar una pequeña cantidad del mineral total que pasa por ella, cantidad que representa exactamente la composicion química i la estructura física del mineral que sigue su curso a los estanques de lixiviacion. Ocupa un edificio de 8,23 m. de ancho, 8,99 m. de largo i 13,71 m. de alto.

Muestreador Vezin: el mineral se vacia en un buzón en forma de embudo, adyacente a un eje de 0,055 m. de D. que da 20 r. p. m., eje que tiene a tres alturas diferentes, un brazo hueco. El primer brazo hueco de 1,828 m., al jirar juntamente con el eje, corta el chorro de mineral sacando 2,5% del total del mineral. Esta muestra sigue cayendo por gravedad hasta que el segundo brazo hueco de 1,219 m. le estrae el 2,5%, proceso que se repite una ter-

cera vez con el tercer brazo de 0,914 m. que toma 2,5% de la muestra tomada por el segundo brazo. En resumen, el comun tomado por el Vezin asciende a 15 625 billonésimas partes del total del mineral, lo que para la explotación actual de 5 000 T. daría 78,125 kilos diarios, muestra que sigue por gravedad hasta un depósito capaz de contener 200 kilos de mineral.

En el primer piso hai un chanco accionado por un motorcito de induccion de 3,5 H. P.; 4,03 A. por terminal i 960 r. p. m. Este chanco sirve para moler la muestra sacada por el Vezin, comun que se envia al laboratorio donde se analiza para conocer la lei de cobre del mineral que se ha enviado a la lixiviacion.

En el segundo piso de la torre hai un motor de induccion de 75 H. P.; 485 r. p. m.; 84,5 A. que acciona el eje de que he hablado i la correa sin fin que sube el mineral a la torre.

El total de mineral sale de la torre por un embudo de 0,33 m. de ancho en su parte inferior i cae sobre una correa sin fin que lo lleva hasta los estanques de lixiviacion. Esta corre por el lado norte de los estanques, tiene 310,58 m. de centro a centro o sea 621,16 m. de largo total, con capacidad para trasportar 550 T. por hora. Tiene 1,219 m. de ancho i recorre 91,437 m. por minuto.

Esta correa sin fin, cargada de mineral, entra a un gran puente-grúa eléctrico que corre sobre rieles a lo largo de los estanques, i vacia el mineral por medio de un dispositivo especial sobre otra correa longitudinal. El puente-grúa puede moverse de Este a Oeste i recibir el mineral en cualquier punto a lo largo de los estanques. La correa longitudinal a su vez puede vaciar el mineral en cualquier punto del estanque por cuanto tiene movimiento de Norte a Sur. De esta manera el mineral cae continuamente al estanque i el puente-grúa dirige la caida de modo que se vaya llenando regularmente. Los rieles del puente están situados fuera de los estanques.

Antes de describir la lixiviacion voi a dar algunos datos sobre la construccion de los estanques.

ESTANQUES PARA ALMACENAR ÁCIDOS DILUIDOS.

Hai siete estanques rectangulares para almacenar soluciones, dispuestos en tres grupos. El primero lo componen cuatro estanques adyacentes de 3,65 m. de hondura por 21,335 m. de ancho por 45,71 m. de largo cada uno, siendo el largo la muralla divisoria comun a cada dos estanques consecutivos. El segundo grupo, de iguales dimensiones que el anterior está constituido por tres estanques. El tercer grupo de dos estanques tiene: 3,657 m. de hondura, 39,62 m. de ancho i 45,718 m. de largo, cada uno, interiormente.

Los tres grupos están alineados i separados unos de otros por espacios de 5 metros.

Todos los estanques son de cemento armado, revestidos interiormente con una capa protectora de 0,0375 m. de asfalto armado, para impedir que las soluciones ácidas ataquen el cemento, al mismo tiempo que ofrece una resistencia mecánica suficiente. El fondo de los estanques no se apoya directamente sobre el suelo sino sobre vigas horizontales, longitudinales i trasversales de cemento armado, vigas que se cortan en ángulo recto. Estas, a su vez, descansan en los puntos de union, sobre pirámides cuadrangulares truncadas de concreto armado, formando el conjunto una especie de tablero de damas. La base superior de estas pirámides, tiene 0,63 m. por lado i la inferior 1,10 por lado i 0,85 m. de altura entre las bases. La distancia que separa las bases inferiores de dos pilares vecinos es de 1,95 m. La altura de las vigas de cemento que hai encima de las pirámides, i sobre las cuales descansa el fondo de los estanques, es de 0,45 m.

La superficie interior de las murallas de los estanques es vertical. La exterior es oblicua. El grueso de las murallas es de 0,27 m. en la parte superior i 0,42 en la parte inferior. Las murallas de 45,718 m. de los estanques tienen exteriormente 16 refuerzos de concreto armado, contando los dos que hacen esquina, que son oblicuos. Cada refuerzo tiene: 5,20 m. de altura (que es tambien la altura exterior de la muralla). 1,10 m. de ancho en la base, ancho que muere en nada en la parte superior de la muralla del estanque. El grueso de los refuerzos es de 0,60 m. i la distancia que los separa

unos de otros es de 2,45 m. La muralla de 21,33 m. del primer estanque tiene 13 refuerzos contando el que está en la prolongacion de la pared divisoria entre el primer i segundo estanque, pared que tiene 0,30 m. de ancho en la parte superior. Todos los refuerzos están alineados i tienen las mismas dimensiones.

La muralla que corre de Este a Oeste tiene 12 refuerzos en el estanque número 2.

El estanque número 3 tiene 7 refuerzos contando el que está en la línea divisoria con el estanque número 4.

Igual número de refuerzos que el número 3 tienen los demas estanques para almacenar ácidos, en las murallas que corren de Este a Oeste.

Las esquinas de los grupos de estanques son ochavadas.

Por encima de cada estanque entra un tubo de plomo, de 0,50 m. de D. exterior, que sirve para llenar el estanque con ácido diluido. Este tubo está conectado por medio de válvulas con dos cañerías principales de fierro fundido de 0,40 m. de D., forradas interiormente con plomo de 0,225 de D., cañerías que corren paralelas, a un metro de altura sobre el nivel de los estanques i fuera de ellos, hasta la casa de bombas.

Las válvulas con sus respectivas llaves están numeradas.

Las dos cañerías paralelas descansan sobre durmientes colocados encima de un puente de fierro de 5,40 m. de altura. Este puente sostiene tambien un entablado con baranda de fierro que corre a lo largo de los estanques i que sirve para vijilar las operaciones, abrir o cerrar las válvulas, etc. Encima de cada par de válvulas hai una lamparilla eléctrica para vijilar la operacion durante la noche. Los sostenes del puente de fierro descansan sobre albañilería de concreto. De cada estanque sale lateralmente por su parte inferior un tubo de acero de 0,43 m. de D., forrado interiormente con plomo, conectado por medio de una válvula con llave con otro cañon principal que corre a lo largo de todos los estanques, a 1,50 m. bajo el nivel del fondo de ellos.

De los tubos de evacuacion de los estanques 8 i 9 sale un tubo de 0,15 de D., que puede llevar la solucion a los dos cañones paralelos de los estanques de lixiviacion.

Del cañon principal de evacuacion de los estanques para alma-

cenar ácidos, sale un cañon de 0,43 m. que lleva la solucion a los cañones de 0,43 m. que corren paralelamente a 0,60 m. sobre el nivel de los estanques de lixiviacion.

No seguiré con la descripcion del enorme número de cañones, válvulas i llaves, porque seria incomprendible i porque su objeto no es otro que vaciar o llenar los estanques con soluciones mas o ménos ácidas.

ACIDO SULFÚRICO NUEVO.

Este se mezcla con agua o con solucion débil en el primer estanque, ajitando el ácido por medio de 5 cañerías de aire, que entran simétricamente por el fondo del estanque.

CIMENTOS DE LOS ESTANQUES PARA ÁCIDOS.

Para ahorrar la descripcion, que seria árdua, doi adjunto el croquis de las fundaciones.

ESTANQUES DE LIXIVIACION.

Hai dos grupos de tres estanques cada uno, paralelos a los anteriores i a un nivel mas bajo para poderlos llenar por gravedad. La capacidad de cada uno es de 10 000 T. i sus dimensiones interiores son: 4,876 m. de hondura, 45,718 m. de largo i 39,62 de ancho. Las esquinas de cada grupo son ochavadas.

Estos estanques son de concreto armado, revestidos interiormente con asfalto trinidad mezclado con arena silicosa (1 de asfalto i 3 de cuarzo molido) i aplicado sobre una teja metálica de fierro dulce desplegado, sostenida con alambres en la albañilería. Este revestimiento, de 0,0375 m. de grueso, tiene suficiente resistencia fisica para evitar el desgaste i soportar lateralmente el peso del mineral, como tambien la temperatura desarrollada, al mismo tiempo que impide que los ácidos ataquen el concreto armado.

Los estanques estremos de cada grupo tienen lateralmente 11 refuerzos cada uno. En el otro sentido tienen 17 refuerzos contando los que hacen esquina que son oblicuos. El estanque central de cada grupo tiene 16 refuerzos. Los dos grupos están alineados i separados por un espacio de 7,62 m.

Hondura interior de los estanques encima del filtro 4,20 m. i 4,87 m. hasta el fondo.

El tabique que separa los estanques vecinos tiene en su parte superior un grueso de 0,36 m.

Las murallas que llevan los refuerzos tienen en su parte superior un grueso de 0,28 m. i en la inferior un grueso de 0,45 m. La altura exterior del estanque es de 6,50 m.

El fondo del estanque descansa sobre vigas horizontales, longitudinales i trasversales de cemento armado, de 0,42 m. de altura por 0,30 de ancho. Estas vigas se cortan en ángulo recto i descansan en los puntos de union, sobre pirámides cuadrangulares truncadas, de cemento armado, de 0,60 m. por lado en la base superior i 1,10 m. por lado en la base inferior i 1 metro de altura entre las bases. La distancia que separa las bases inferiores de dos pirámides vecinas es de 1,50m.

FILTRO.

En el fondo de cada estanque de lixiviacion hai un filtro constituido por una estera de fibra de coco, aprisionada entre dos gruesos enrejados de madera. Esa estera es inatacable por los ácidos diluidos i ha dado buenos resultados. El enrejado inferior que tiene 0,10 m. de altura permite al ácido correr hasta los 8 puntos donde están los cañones de 0,15 m. de D. que, despues de unirse en uno solo llevan la solucion a la casa de bombas, bombas que la elevan a un estanque *ad-hoc*.

El enrejado superior de 0,05 m. de altura tiene por objeto preservar la estera contra la accion mecánica del puente grúa que derripia el estanque, una vez que las soluciones han disuelto el mineral de cobre. Los ripios quedan con una lei de 0,03% de cobre.

LIXIVIACION.

Esta parte del tratamiento merece una atencion i un estudio especial por el sinnúmero de dificultades que se presentaron ántes de llegar al elegante i sencillo procedimiento que han adoptado, batiendo al mismo tiempo un record mundial en la altura de mineral colocado en los estanques de lixiviacion (4,20 m).

La composición química del mineral que se trata de lixiviar es

Humedad.....	0,22
Sílice, SiO ²	67,46
Cal, CaO.....	0,25
Bióxido de Cu, CuO.....	1,88
Cloro, Cl.....	0,26
Acido nítrico, AzO ³ H.....	0,05
Sulfatos, SO ³	1,728
Azufre, S.....	0,27
Alúmina, Al ² O ³	15,99
Sesquióxido de fierro, Fe ² O ³	1,86
Magnesia, MgO.....	0,024
Bióxido de manganeso, MnO ²	0,038
Protóxido de sodio, Na ² O.....	1,84
Protóxido de potasio, K ² O.....	2,20
Pérdida por calcinacion.....	6,50

La clase mineralógica de minerales de cobre que se encuentran hasta 110 m. de hondura es:

CHALCANTITA (Sinónimo de Sianosa).

Llamada vulgarmente «caparrosa azul». Es un sulfato hidratado de cobre de la siguiente fórmula química: H¹⁰CuSO⁹. Tiene las propiedades físicas que se espresan a continuacion: peso específico 2,2 a 2,3; densidad 2,5; brillo vidrioso trasluciente; color azul de Prusia; gusto metálico desagradable; polvo incoloro i soluble en agua que la colora de azul.

BROCANTITA.

Es un sulfato hidratado de cobre de la siguiente composición química: H⁶Cu⁴SO¹⁶. Propiedades físicas: peso específico 3,8 a 3,9; densidad 3,5 a 4; insoluble en agua pero atacable por los ácidos; se encuentra en masas cristalinas de un lindo color verde esmeralda; polvo verde claro.

ATACAMITA.

Es un oxi-cloruro de cobre de la siguiente composicion química: $H^2Cu^2ClO^3$. Propiedades físicas: peso específico 3,6 a 3,76; densidad 3 a 3,5; de un precioso color verde esmeralda; polvo verde manzana; brillo vidriosos; soluble en los ácidos.

Debajo de la zona de minerales oxidados ya nombrados se encuentra una zona de cementacion constituida por Chacalcita mezclada en los primeros 35,5 m. con Brocantita; i pura, aparte de su ganga, en los 17,18 m. siguientes en hondura. Los minerales de esta zona tienen las siguientes características:

CHALCOCITA (Sinónimo de Chalcocina).

Es un sulfuro de cobre de la siguiente composicion química: Cu^2S . Propiedades físicas: peso específico 5,5 a 5,8; densidad 2,5 a 3; se presenta en cristales aplastados de apariencia hexagonal; color negro azulejo de fierro; da virutas con el cortaplumas; soluble en ácido nítrico colorándolo de verde.

Debajo de la zona de cementacion sigue la Chalcopirita hasta una hondura que la darán a conocer los sondajes que actualmente se efectúan en las minas. Durante mi permanencia en Chuquicamata un sondaje hecho a 2 865,62 m. sobre el nivel del mar, en una de las minas, llevaba 465,47 m. de hondura bajo la superficie del suelo i hasta esa hondura existia el mineral de Chalcopirita con una lei de 2% de cobre aproximadamente. Este mineral tiene las características siguientes:

CHALCOPIRITA.

Es un sulfuro doble de cobre i fierro, con la composicion que sigue: $Cu^2Fe^2S^4$. Propiedades físicas: peso específico 4,1 a 4,3; densidad 3,5 a 4; brillo metálico mui vivo; es frágil; color amarillo dorado oscuro a veces con reflejos verdes irisados; polvo negro verdoso; soluble en ácido nítrico i difícilmente soluble en sulfato ácido de fierro. Cuando está pura contiene: 32 a 34% de cobre, 29 a 32% de fierro i 33 a 36% de azufre.

Estas últimas clases de minerales se encuentran en Chuquica-

mata a mas de 100 m. de hondura, de modo que el sistema de beneficio que se adoptará con ellos se mantiene en reserva por cuanto de aquí a 30 años, es decir cuando hayan concluido de beneficiar los minerales de color de la superficie, se habrá perfeccionado los sistemas de estraccion del cobre contenido en los sulfuros de baja lei.

ESTRUCTURA FÍSICA DEL MINERAL DE LA ZONA OXIDADA.

La parte mineralizada se encuentra en empegos, en planos de clivaje i en fracturas i se pone en descubierto por medio de una chancadura al anillo de 1,27 cm. dada la tendencia que tiene el mineral a partirse segun los planos i fracturas nombradas. Para llegar a esta dimension se procedió como sigue: se chancó el mineral a un tamaño grande, se lixivió i se analizó cuanto cobre quedaba en los ripios, dividiendo estos en 19 porciones de tamaños diferentes. Se siguió moliendo el mineral a dimensiones inferiores hasta llegar al tamaño adoptado en vista de que, en los ripios, la porcion de tamaño superior contenia un porcentaje de cobre insignificante que no abonaba el moler mas fino, dado que la pequeña cantidad de cobre recuperable valia ménos que la enerjía gastada en efectuar esa operacion. Este estudio permitió llegar a la conclusion de que el tamaño de molienda mas conveniente era alrededor de 1,2 cm. Los ripios quedan así con 0,03% de cobre soluble i se recupera en el procedimiento total un 90% del cobre contenido en el mineral.

Como se ve, se trataba de un mineral que al mismo tiempo que ofrecia ventajas para disolverlo, por encontrarse el cobre en empegos en minerales solubles en agua i en ácidos diluidos, ofrecia a su vez dificultades por el cloro, ácido nítrico i sales solubles en ácidos calientes o en movimiento.

Tres problemas habia que resolver a la vez porque dependia el uno del otro i éstos fueron:

- 1.º disolver los diferentes minerales oxidados de cobre para separarlos de sus gangas;
- 2.º recobrar despues el cobre en una forma comercial;
- 3.º aparatos en que se podia llevar a cabo esas diversas operaciones.

Por primera providencia se descalificó el ácido nítrico, el clor-

hídrico, el anhídrido sulfuroso, el protocloruro de fierro, el sulfato férrico i otros, por no tratarse de minerales con metales preciosos por exigir aparatos poco prácticos para el beneficio en gran escala i porque era necesario rejenerar sin grandes pérdidas el ácido sulfúrico contenido en los sulfatos del mineral i tambien el que se agregara durante la lixiviacion. Por otra parte no se podia pensar en la vía seca para estraer el cobre en hornos metalúrgicos de minerales de tan baja lei, que contenian oxi cloruros volátiles.

El problema quedó brillantemente resuelto por el empleo del ácido sulfúrico diluido a 10%, frio i sin movimiento; pues en caliente, con movimiento o mas concentrado, habria disuelto mayor cantidad de ganga, circunstancia que habria dificultado mucho la electrolisis al mismo tiempo que habria consumido ácido inutilmente.

La lixiviacion con el ácido sulfúrico diluido se efectúa de la manera siguiente: cada estanque recibe 10 000 T. de mineral de 1,27 cm. de tamaño, cantidad que llena el estanque hasta 0,20 m. mas abajo de la superficie superior de las murallas.

Entra en seguida la primera solucion ácida por el fondo del estanque, es decir, de abajo hacia arriba. Este detalle tiene mucha importancia por cuanto al hacerlo a la inversa sucede que el polvo fino baja al sacar la solucion i obstruye el filtro que hai en el fondo del estanque. Ademas el mineral mui molido se amasa y deja canales por donde pasa la solucion i una vez el estanque lleno de ácido resulta que ha quedado mineral sin humedecerse i en consecuencia sin disolverse.

La solucion, en parte descubrizada por la electrolisis, que ya habia sido usada repetidas veces durante mi permanencia en el mineral tenia las sustancias principales siguientes, en gramos por litro:

Cobre.....	8,9
Cloro.....	1,08
Fierro.....	1,79
Ácido nítrico.....	42,5
Ácido sulfúrico.....	83,00

Otra solución, en dicha ocasión, tenía las sustancias principales siguientes, en gramos por litro:

Cobre.....	13,15
Cloro.....	0,99
Fierro.....	1,8
Ácido sulfúrico.....	68,6
Acido nítrico.....	39,7

La primera solución que entra a los estanques permanece 24 horas i después de haber disuelto útilmente los sulfatos i oxi-cloruros de cobre e inútilmente las demás sustancias solubles de la ganga como ciertas sales de aluminio, fierro, cal, sodio, potasio, magnesio, va a la casa central de bombas por medio de cañerías forradas interiormente con plomo; casa que envía el líquido a un estanque principal que alimenta la casa electrolítica. Esta solución tenía cierto día, la composición siguiente, en gramos por litro:

Cobre.....	47 a 48	
Fierro.....	0,643	
Aluminio.....	0,837	
Cal.....	0,43	
Cloro.....	3,27	
Acido nítrico.....	18,70	
Acido sulfúrico.....	52,4	
Sulfatos de cobre, fierro, cal, etc.	172,8	
Sulfato de soda.....	47,1	} comprendidos en los sulfatos de cobre, fierro, cal etc.
Sulfato de potasa.....	12,34	

Cuando las soluciones están ya muy cargadas de sustancias extrañas, perjudiciales a la salud de los obreros i a la electrolisis misma, se botan en el lecho de un río seco donde los ácidos que llevan atacan las piedras calizas, las sales de aluminio, fierro, sodio, potasio, magnesio, etc., formando los respectivos sulfatos solubles o insolubles i quedando las soluciones neutralizadas por completo. Estas soluciones se reemplazan por solventes nuevos fabricados en la casa de ácido sulfúrico que posee la misma Compañía.

Apénas se ha estraído la primera solución entra, también de abajo hácia arriba, un nuevo ácido que permanece 12 horas en contacto con el mineral i que contiene ménos cobre, al estado de sulfato, i mas ácido libre que el primer solvente. Este ácido mas concentrado, en contacto con el mineral casi agotado, obra mas eficazmente i concluye de disolver los sulfatos u oxiclóruos solubles que se hayan escapado a la acción del primero. Además diluye la solución sulfatada que guardaba el mineral, haciendo las veces de esponja. Después de 12 horas es achicado hasta los estanques para guardar ácidos i vuelve a servir con el mismo objeto hasta que se concentra suficientemente, es decir, hasta que contenga 5% de cobre en disolución al estado de sulfato i 1 a 2% al estado de cloruro.

Los dos lavados que siguen tienen por objeto rescatar el ácido sulfatado que humedece aun el mineral. Estos se hacen de arriba hácia abajo i un lavado desplaza al anterior. Estas aguas ácidas también regresan a los estanques para almacenar ácidos.

Los estanques se llenan hasta que el ácido sobrepasa unos 5 cm. encima del mineral. La primera solución ácida que entra a los estanques de lixiviación contiene 3% de cobre al estado de sulfato i 5 a 6% de ácido sulfúrico libre. La segunda solución contiene 1,3 a 1,5% de cobre i 9 a 11% de ácido sulfúrico. Los otros lavados caen por encima de los estanques sobre un tablero de madera que reposa en el mineral mismo.

Como se ha visto, la lixiviación completa dura 6 días en cada estanque, en la forma que sigue: un día para llenar los estanques con minerales i con ácido; dos días para la primera lixiviación; dos días de lavados i drenaje del ácido; i un día para descargar los rípios. Como hai 6 estanques, resulta que diariamente cada uno está en una operación diferente.

RIPIOS.

El residuo o ripio queda así con sólo 0,03% de cobre. Los estanques se derripan por medio de un inmenso puente-grúa que corre sobre rieles colocados a lo largo de la hilera de estanques i fuera de ellos. Este puente pasa por encima del puente cargador

de minerales. Ambos corren en el mismo sentido, sobre rieles diferentes.

Para derripiar posee una gran cuchara colgante con movimiento de N. a S., que pesa 7 T. i levanta 6 T. de ripios de una vez, ripios que vacia cada tres cuartos de minuto en un buzón colocado dentro de la torre con ruedas que le sirve de sosten al puente por el lado Sur. Encima del buzón hai un «hopper» que muestrea la ganga muestra que se analiza en el laboratorio para averiguar su lei de cobre.

El buzón, por medio de un mecanismo especial, va descargando los ripios sobre una correa sin fin que corre paralela a los rieles de la grúa. Esta los vacia en un extremo sobre otra correa perpendicular que los lleva directamente a uno de los desmontes. La primera correa que recibe los ripios es reversible de modo que tambien puede vaciarlos en otra correa sin fin trasversal que los lleva al segundo desmonte.

Esta operacion se efectúa cuando arreglan el primer desmonte o en caso de accidentes.

Encima del desmonte, que corre de N. a S., hai un puente de fierro corredizo con una correa sin fin que recibe los ripios i los descarga regularmente a lo largo del desmonte, de uno a otro extremo. Los dos desmontes tienen un largo total de 258 m., correspondiéndole la mitad a cada uno. Las correas que suben al desmonte hacen un ángulo de 20° con la horizontal.

CASA DE BOMBAS.

Esta casa principal tiene las bombas necesarias para achicar las soluciones de los estanques de lixiviacion a los estanques para almacenar ácidos o a la descloruracion o a la casa electrolítica, etc.

Tratándose de soluciones con ácido libre se comprende que todas las bombas sean construidas de plomo i aluminio; las partes movibles forradas con plomo.

Todas están acopladas directamente con motores eléctricos verticales, disposicion que presenta la gran ventaja de evitar todo órgano de trasformacion del movimiento.

La aplicación de la electricidad a las bombas ha recibido en Chuquicamata una aplicación considerable, debido a la facilidad de instalación, a la economía en los gastos para establecerlas i durante su funcionamiento. Las bombas eléctricas gracias a su gran velocidad ocupan un espacio reducido; su manejo es por demás sencillo i se ponen en movimiento sin pérdida de tiempo. No consumen energía mientras no funcionan.

Chuquicamata muestra palpablemente las ventajas que pueden esperarse de la aplicación de la energía eléctrica en las instalaciones mineras. Allí se han establecido i probado un sinnúmero de aplicaciones aun tratándose de achicar ácidos con partículas sólidas para lo cual hubo que adoptar bombas especiales, construidas de plomo i aluminio.

Las alturas a que se impele el ácido i el gasto o volúmen por segundo varia mucho por lo cual se ha adoptado varios tipos de bombas. En muchos casos, como lo veremos, las bombas centrífugas se han acoplado directamente a los motores de inducción verticales. Es de notar lo silenciosas que son en su funcionamiento.

Las bombas centrífugas presentan una sencillez tan grande i una comodidad tal para accionarlas con motores eléctricos que su empleo no nos sorprendió en Chuquicamata.

Los motores i bombas han sido cuidadosamente instalados para evitar las vibraciones i los peligros. Las bombas son livianas sin que su construcción deje de ser robusta; no tienen accesorios delicados; los gastos para engrasarlas son reducidos i su consumo de energía es regular.

Los motores que accionan las bombas son naturalmente de corriente trifásica. Como la fuerza electro-motriz es elevada (500 V.) ha bastado agregar al motor de inducción un dispositivo para ponerlo en marcha, que consiste en una resistencia o reostato intercalado en el rotor por intermedio de escobillas i anillos. Este reostato permanece en circuito hasta que la bomba funciona regularmente. El aislamiento de los motores i tableros de distribución ha sido establecido para resistir a la humedad i para prevenir a todo accidente.

La fuerza de los motores i la capacidad de las bombas es la siguiente:

Dos motores eléctricos verticales de 200 H. P. de los cuales cada uno acciona directamente una bomba centrífuga vertical de 38,10 cm. que pueden achicar 22 179,375 litros de ácido por minuto a 18,287 metros de altura. Estas bombas están unidas por medio de un cañon de acero forrado interiormente con plomo, con dos estanques de concreto armado, revestidos con mastic de asfalto i arena, de 4,5 m. de ancho por 1,524 m. de hondura i 7,06 de largo; 4 motores eléctricos verticales de 50 H. P. que accionan directamente cuatro bombas centrífugas verticales de 0,2286 m., capaces de elevar 5 088,72 litros de ácido por minuto a 18,287 m. Estas bombas están unidas con sus respectivos estanques de iguales dimensiones que los anteriores.

En otra seccion de la misma casa hai dos bombas centrífugas verticales de 0,1524 m., capaces de elevar 1 022,287 litros de ácido por minuto a 18,287 m. de altura, accionadas por dos motores verticales de 15 H. P. cada uno i unidas a dos estanques de 1,524 m. de hondura por 4,267 m. de ancho por 4,267 de largo. Una de éstas bombas se emplea para hacer circular los ácidos en los baños electrolíticos donde se hacen catodos de cobre empleando una solucion pura i caliente de sulfato de cobre.

Por último una bombita de 0,076 capaz de elevar 340,76 litros de ácido por minuto a 6,095 m. de altura, accionada por un motor eléctrico de $7\frac{1}{2}$ H. P.

En la misma casa hai tambien dos compresores de 900 libras accionados por dos motores eléctricos de 30 H. P. i en el piso superior del edificio existe una grúa a mano con capacidad para levantar un peso de 10 T.

El aire entra a los compresores horizontales por un tubo de 0,10 m. i sale por un cañon de 0,043 m.

Todas las bombas tienen sus válvulas para bajar automáticamente la presion en caso necesario. Estas válvulas no están en las bombas mismas sino en los cañones que salen de ellas. Las bombas trabajan a gran velocidad i la aspiracion i la compresion se deben únicamente a la fuerza centrífuga desarrollada. Los cañones por donde impelen los ácidos son, en jeneral, de un diámetro pequeño, debido a la velocidad con que sale el líquido. El agua llega por un solo lado de la turbina.

PLANTA DESCLORURADORA

Ocupa un galpon de 121,916 m. de largo por 24,38 de ancho.

El mineral de Chuquicamata contiene un poco de atacamita, (CuCl , 3CuO , $3\text{H}^2\text{O}$) oxiclورو de cobre i clورو de sodio (Na^2Cl) que se disuelven en los estanques de lixiviacion mediante la accion de los ácidos. La sal comun con el sulfato ferroso formado durante la lixiviacion dan una solucion de protocloro de fierro que ataca al sulfato de cobre disuelto formando bicloruro de cobre (CuCl^2). Nace pues la necesidad de separar el oxiclورو i el bicloruro de cobre, por cuanto, si no se hiciera estas sales irian a la electrolisis juntamente con la solucion sulfatada i producirian ahí una gran cantidad de cloro que atacaria los electrodos de los baños i seria, ademas perjudicial a la salud de los obreros al salir a la atmósfera. Por este motivo se precipita esta sal en los cilindros de que hablaremos mas adelante, mediante el empleo de granallas de cobre. Para efectuar esta reaccion se usan 23 cilindros jiratorios, de eje horizontal, de 9,143 m. de largo por 1,422 m. de D., hechos con planchas de acero remachadas, revestidos interiormente con plomo en hojas, con mastice de asfalto i con alfarería. Los ejes de estos tambores distan 3,0479 m. uno de otro. Esta disposicion asegura durante la rotacion del cilindro un contacto íntimo de la solucion con las granallas de cobre, obrando la primera constantemente sobre superficies limpias de metal i ademas asegura un desgaste homogéneo de sus piezas. Por otra parte el revestimiento impide que todas esas sustancias corrosivas ataquen las planchas de acero que forman el cilindro.

El cilindro está provisto esterioresmente de una corona dentada o cremallera que engrana con un piñon accionado por un engranaje, que a su vez, lo mueve el piñon del motor de induccion que es de corriente trifásica, 560 r. p. m. i 50 H. P. de fuerza; ese mecanismo le comunica un movimiento de rotacion sobre sí mismo de 8 vueltas por minuto; ademas descansa i está guiado en su movimiento por 8 cilindritos, cuatro en cada extremo, que se apoyan sobre dos coronas de acero paralelas a la cremallera.

Los cilindros se cargan a pala con granallas de cobre por la misma abertura circular por donde sale constantemente la solucion

que ha entrado por el extremo opuesto, a la altura del eje del cilindro.

Las bombas envían el ácido de la lixiviación a dos distribuidores de plomo situados a 30,479 m. de distancia una de otro de eje a eje; distribuidores que dividen la totalidad de la solución en 23 partes, una para cada cilindro. El líquido entra por un extremo a la altura del eje del cilindro, llevando, además, de las sustancias en disolución (de las cuales las principales son el cloruro cúprico i el sulfato de cobre) los ácidos sulfúrico, nítrico i clorhídrico. En el interior del tambor se encuentra con las granallas de cobre que lo llenan casi hasta la mitad. Ahí se producen las reacciones cuyo fin es la precipitación del cloruro cúprico que lleva la solución, al estado de cloruro cuproso, insoluble, color plomizo, debido a las impurezas que contiene, color que cambia rápidamente en contacto con el aire que lo oxida superficialmente formando un oxiclорuro de color verde.

El ácido sulfúrico diluido i en frío no ataca las granallas de cobre dentro de los tambores; el ácido clorhídrico diluido las ataca muy poco a esa temperatura. No así el ácido nítrico que disuelve la mitad de las granallas de cobre formando un nitrato de cobre. Por ese motivo el rendimiento de las granallas es sólo de un 50% en el uso a que se les había destinado.

Las granallas descomponen el cloruro cúprico apoderándose de una molécula de cloro, con la cual forman cloruro cuproso, forma bajo la cual queda el primitivo cloruro cúprico (Cu Cl^2) o bicloruro de cobre.

El protocloruro de cobre (Cu Cl) sale en suspensión en la solución por el otro extremo del cilindro, por una abertura circular cuyo centro está en el eje del tambor. Esta abertura lleva un saliente en espiral para impedir que las pequeñas municiones o el cobre de cemento sigan acompañando a la solución.

El líquido con el cloruro en suspensión, al salir de los 23 cilindros, cae en una canal de madera revestida con plomo que tiene 7 ramificaciones hacia los 7 decantadores sistema Dorr.

DECANTADORES.

La separación por decantación se hace con el objeto de apartar las partículas sólidas de cloruro cuproso en suspensión, del líquido mismo. La clarificación por diferencia de densidad se aplica ahí

ventajosamente, gracias a la gran diferencia de peso específico entre el cloruro i el líquido. La solución de ese problema no puede ser mas económica. Los estanques cilíndricos verticales donde se abandona el líquido a un relativo reposo, son hechos de concreto revestido con mastic de asfalto Trinidad. Sus dimensiones son: 6,095 m. de D. por 3,657 m. de altura. La distancia de uno a otro es de 7,315 m. de eje a eje.

Cada concentrador está provisto, debajo del fondo, de una gran llave para evacuar de vez en cuando el ácido contenido en su interior conjuntamente con el cloruro cuproso depositado; mezcla que forma una lechada que alcanza a uno o dos por ciento del total de la solución que se trata diariamente.

La solución llega al centro del decantador i baja hasta el fondo por un grueso tubo de plomo ad-hoc. Por el interior de este tubo pasa un eje de madera provisto de unas paletas que sirven para remover el precipitado, impidiendo que se pegue o apermace en el fondo del decantador. En la parte superior lleva el eje un mecanismo especial que por medio de una aguja indica la resistencia que encuentra la paleta para jirar; resistencia que es casi proporcional al espesor de cloruro cuproso depositado. Esa aguja indica el momento oportuno para vaciar el estanque. El eje recibe su movimiento por medio de engranajes cónicos, en conexión con una transmisión accionada por un motor eléctrico de 5 H. P., 6,7 A., 720 r. p. m. Hai otro motor de repuesto.

Mientras tanto, la solución clara, con 3% de ácido sulfúrico libre, rebalsa constantemente por encima del decantador, con una velocidad mui pequeña dada la gran circunferencia del devertero i sigue por gravedad hácia dos estanques de concreto, que describiré cuando llegue a la «Casa de Bombas B».

La planta descloruradora tiene una grúa eléctrica que puede levantar hasta 30 T. de peso, grúa que corre a todo el largo del edificio. Se ocupa en el transporte de recipientes llenos de granallas de cobre desde un extremo de la casa hasta la boca de cada cilindro, donde vacia las municiones para que los obreros las introduzcan con la pala al interior del tambor. Ultimamente mezclaban las granallas con cobre de cemento, proveniente de la precipitación por el fierro del cloruro cuproso previamente disuelto en una solución sa-

turada de cloruro de sodio. Como fierro empleaban: tarros de conserva, baldes viejos, sunchos, etc. El empleo de este cobre de cemento les daba mui buenos resultados para precipitar el cloruro de cobre.

MONTA-JUGOS.

La pulpa de cloruro de cobre sale por el fondo de los decantadores i llega por gravedad a 6 monta-jugos cilindricos, verticales, de 3,35 m. de altura i 1,37 m. de D. interior, situados a una distancia de 1,75 m. de eje a eje. Estos aparatos constituyen un dispositivo mui cómodo para elevar el líquido corrosivo a los tres filtros de presión situados en el piso superior encima de los monta-jugos. El cañon de plomo destinado a dirigir el líquido llega hasta el fondo del recipiente. Cuando éste está mas o ménos lleno, se abre una llave por donde llega aire comprimido; ese flúido, ejerciendo una presión sobre la superficie del líquido, lo obliga a subir por la canalización *ad hoc*. Cuando se ha evacuado el ácido, se cierra la llegada de aire i se introduce una nueva cantidad de pulpa; enseguida se comienza la misma operacion.

El monta-jugo está confeccionado con materiales capaces de resistir la corrosiva accion de la pulpa.

Estos aparatos funcionaban de una manera intermitente i exigian una vijilancia continua, puesto que era indispensable dar acceso alternativamente a la pulpa i al aire. Igual dificultad se presentaba con los tres filtros de presión sistema Kelly, motivo por el cual se han reemplazado por un filtro continuo «Oliver» que funcionaba tambien como ensayo, conjuntamente con los anteriores.

FILTRO CONTINUO DE PRESION ROTATIVO «OLIVER».

Este filtro merece nuestros mayores elogios. Consiste en un cilindro de madera, horizontal, de 3,50 m. de D. i 2,50 m. de ancho, sumerjido casi hasta la mitad en un recipiente de fierro revestido con plomo. Una bomba accionada por un motorcito eléctrico de 7½ H. P., envia la pulpa a ese recipiente dentro del cual jira el cilindro a razon de un $\frac{1}{2}$ de revolucion por minuto. En la periferia del cilindro hai una ramificacion de tubos unidos a un cañon que entra por el interior del eje que es hueco i de gran diámetro. Esta ramifica-

cion está recubierta herméticamente por un grueso fieltro que hace las veces de funda i que constituye la superficie exterior del cilindro.

El filtro tiene una capacidad de 800 T. diarias i está accionado por un motor de induccion de 10 H. P. de fuerza, 500 V., 585 r. p. m., en plena carga, motor que tambien acciona la bomba i el compresor que obran en el filtro. El motor se pone en marcha automáticamente por medio de un dispositivo especial.

La cañería de aspiracion del compresor está en coneccion con un recipiente de elasticidad i con la ramificacion que aspira el ácido sulfatado, dejando adherido sobre la periferia del fieltro el cloruro cuproso con un espesor de dos centímetros. Este cloruro se vacia automáticamente segun una jeneratriz a la altura del eje del cilindro sobre los carritos Decauville que tienen 1,32 m. de altura sobre el nivel del riel.

La base del estanque que alimenta el filtro está a 0,342 sobre el nivel del eje del Oliver. Dicho estanque tiene 1,828 m. de D, i 3,82 m. de altura. El líquido o pulpa llega al estanque por la parte superior por una cañería de plomo de 0,076 m. i alimenta al filtro por la parte exterior de la periferia a la altura del eje por medio de un cañon de plomo horizontal de 0,10 m. de D. Esta cañería sale por el fondo del estanque alimentador. La cañería de aire que va al interior del estanque alimentador tiene 0,05 m. de D.

Si la aspiracion fuera mui violenta i el cloruro quedara demasiado seco, condicion que le impediria despegarse automáticamente del fieltro, se abre una cañería de agua de 0,05 i una lluvia fina cae sobre el cloruro i lo reblandece. Por si esto no fuera suficiente hai tambien un dispositivo que permite soplar aire por la ramificacion, en el momento preciso en que debe despegarse el cloruro.

El ácido libre de cloruro en suspension, sale por una cañería de 0,10. Esta solucion es aspirada por una bomba aspirante de 0,038 por 0,038 (bomba Duriron) accionada por un motor eléctrico de 5 H. P. El estanque alimentador tiene en la parte inferior forma de embudo i termina con la cañería alimentadora.

El ácido filtrado va a unirse con el que fué a la casa de bombas B.

En la seccion Electrolisis i Fundicion trataremos del beneficio del cloruro cuproso.

PLANTA DE ÁCIDO SULFÚRICO

Ocupa un edificio, con 130 ventanas hacia el exterior, de 51,76 m. de largo, por 21,436 m. de alto, por 25,75 m. de ancho en la seccion donde están los hornos de reverbero para calcinar azufre i 20,72 m. de ancho en el resto del edificio. Esta planta tiene capacidad para 20 T. diarias de ácido sulfúrico.

Produccion del gas sulfuroso i dimensiones de los hornos.

Este se produce por la calcinacion del azufre en catorce hornos de reverbero de 0,749 m. de ancho, 1,62 m. de largo por 1,04 m. de alto, interiormente i 1,358 m. de ancho por 2,54 m. de largo exteriormente, afianzados por armaduras de rieles verticales cada metro i medio, rieles que penetran en la base de concreto i que ademas tienen amarras de fierros cilindricos por encima i por debajo del horno. La compuerta por donde se introduce el azufre se sube o baja por medio de un contrapeso. El azufre en pequeños pedazos se introduce a pala por la compuerta que tiene 0,228 m. de ancho por 0,44 m. de alto. El centro de esta compuerta queda a 0,70 m. sobre el nivel del suelo.

Los pilares de fundacion que sostienen cada horno descansan sobre una base de concreto i están a 1,828 m. de distancia uno de otro.

Los catorce hornos abarcan un largo total de 19,40 m. están en hilera i una misma muralla sirve para separar dos hornos consecutivos.

Para poner los hornos en funcionamiento los calientan durante dos dias con un fuego de leña que hacen en las suelas. Retiran las cenizas cuando el horno está a 300 grados de temperatura e introducen el azufre. El calor desarrollado por la combustion del azufre basta enseguida para mantener la temperatura necesaria para que la tuesta siga efectuándose. El azufre con 90% de lei lo compra la Compañía a \$ 8 el quintal español puesto en la estacion de Chuquicamata.

El gas sulfuroso resultante pasa, con el azoe del aire i el oxígeno no combinado, por una abertura de 0,127 m. de ancho hecha en la pared del fondo del horno, pared que tiene 0,076 de ancho, a una cámara donde se deposita el polvo que lleva consigo (ganga del mineral de azufre). Esta cámara horizontal, comun a todos los hornos, tiene 0,609 m. de ancho, el mismo largo que los 14 hornos i es abovedada en la parte superior.

Todos los gases anteriores pasan en un extremo de esa cámara por una abertura de 0,812 m. de alto hecha en un muro de 0,08 m. de grueso, al compartimento anexo donde se produce el ácido nítrico.

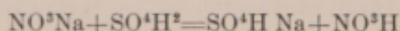
En este compartimento se prepara el ácido nítrico haciendo obrar, en estanquitos de fierro fundido, 420 kls. de ácido sulfúrico a 62° B. sobre 330 kls. de nitrato de sodio (salitre). El ácido cae lentamente sobre el salitre i forma ácido nítrico que se volatiliza a esa temperatura i bisulfato de soda que se liquefia i estrae de vez en cuando por un tubo lateral que llevan los dos estanquitos.

Este compartimento tiene 1,17 m. de altura en el centro, 2,26 m. de largo, 1,55 m. de ancho. Es abovedado en la parte superior.

Los estanquitos tienen cuatro patas de 0,17 m. de altura, 1,20 m. de largo, 0,92 m. de ancho, 0,35 m. de alto, medidas interiormente. El grueso de las paredes del estanquito es de 0,031 m. i una de ellas tiene un tubo lateral de 0,45 m. de largo, 0,038 m. de D. por donde se estrae el bisulfato de soda fundido de vez en cuando.

El salitre se carga, sea por el embudo de la parte superior o por un costado. La cantidad de salitre empleada es 9% del S.

Las reacciones que ahí se verifican se pueden traducir por la fórmula química siguiente:



Ademas el ácido azótico puesto en libertad se apodera del agua que abandona el ácido sulfúrico al combinarse con la soda i forma ácido hidratado: $\text{Az}^2\text{O}^2\text{H}^2\text{O}$ que hierve a 86 grados i humea en contacto con el aire húmedo. Su color es amarillo debido al peróxido de azoe.

Todos los gases ya nombrados pasan por una abertura abovedada en la pared de 0,056 m. de grueso del compartimento del salitre, a una pequeña chimenea vertical de 1,367 m. por 1,47 m. interiormente i 2,08 m. por 1,90 m. exteriormente. Esta tiene por objeto producir tiraje i enviar los gases a la atmósfera en los momentos en que se calientan con leña los hornos donde mas tarde se coloca el azufre. Hecha esta operacion se cierra el registro de la chimenea i los gases siguen su curso por un tubo de plomo de 0,939 m. de D. hasta la parte inferior de la Torre de Glover.

TORRE DE GLOVER.

Las dimensiones exteriores son: 3,35 m. por 3,35 m. i 10,97 m. de altura encima de las fundaciones. Interiormente tiene, en los primeros 3,47 m. de altura, 1,727 m. por 1,527 m. con murallas de 0,58 m. de grueso, de ladrillos químicos de obsidianita (feldespato mui silicoso); en los 2,13 m. siguientes en altura tiene una seccion interior de 1,98 m. por 1,98 m. i murallas de 0,228 m. de grueso: en los 2,89 siguientes tiene 2,18 m. por 2,18 m. i murallas de 0,126 m. de espesor. En los últimos 1,828 m. de altura tiene 2,438 m. por 2,438 m. i 0,228 m. de espesor de murallas.

Encima de la torre viene un piso de 1,968 m. de altura, donde hai un distribuidor del ácido nitro-sulfúrico a 60° B que proviene de un estanque de 0,37 m. de altura situado en el piso superior encima del distribuidor. El ácido nitro-sulfúrico ha sido elevado hasta este estanque por medio de pulsómetros que describiré mas adelante i proviene de la Torre de Gay-Lussac que ya veremos.

Ambas torres están forradas con plomo de 6 mm. exteriormente, plomo que está sujeto por un encatrado de madera de 0,254 m. por 0,254 m. que sostiene cada torre.

En la Glover se utiliza la temperatura relativamente elevada que traen los gases sulfurosos que vienen de los hornos de tuesta del azufre, para dos objetos distintos: 1) efectuar la concentracion hasta 60° B del ácido a 50° que sale de las cámaras de plomo, i 2) desnitrificar el ácido sulfúrico cargado de sulfato ácido de nitrosil, que viene de la torre fria de Gay-Lussac.

El interior de la Glover, a la altura donde entran los gases, tiene la forma de un peine, cuyos dientes son tabiques de 0,368 m.

por 0,228 m. encima de los cuales viene un relleno de ladrillos silíceos que dejan intersticios para el paso de los gases.

El gas ácido sulfuroso llega muy caliente (300°) a la base de la Glover, circula de abajo hacia arriba, determina la descomposición del sulfato de nitrosil y la vaporización de los compuestos azoados a la vez que disminuye de temperatura.

El ácido nitro-sulfúrico, al calentarse, abandona el sulfato ácido de nitrosil; y el calor y el ácido sulfuroso descomponen completamente al sulfato.

El tiraje dentro de la Glover y en las cámaras de plomo lo produce, artificialmente, un ventilador, situado en el primer piso. Este ventilador aspira en la parte superior de la torre por un tubo de plomo de 0,91 m. los gases sulfurosos mezclados con un exceso de aire y vapores nitrosos, y los impele a la parte superior de la primera cámara de plomo. A esa misma altura hay otros dos tubos de plomo de 0,76 m. de D. que comunican la Glover directamente con la primera cámara. Estos tubos están provistos de válvulas que se abren cuando algún accidente impide la marcha del ventilador.

Las reacciones que veremos en las cámaras de plomo comienzan en la torre de Glover, así por ejemplo, se forma ahí ácido sulfúrico por la reacción del gas sulfuroso sobre el sulfato ácido de nitrosil, motivo por el cual el ácido que penetra por encima de la torre aumenta de 10 a 15% de su peso en ácido normal.

CÁMARAS DE PLOMO.

Hay 4 cámaras de plomo, con una capacidad, cada una de 1 762,6 metros cúbicos y de las dimensiones siguientes interiormente: 9,14 m. de altura, 25,29 m. de largo, 7,62 m. de ancho, distribuidas en la forma que se ve en el croquis adjunto. Las paredes son de hojas de plomo soldadas entre sí con soplete aerhídrico y mantenidas por un encatrado hecho con madera de 0,10 m. por 0,20 m. y de 0,07 m. por 0,20 m. La parte inferior de cada cámara queda dentro de un estanque de madera de 0,609 m. de altura, forrado interiormente con plomo. Entre la primera y segunda cámara queda un corredor de 1,42 m. de ancho, y otro del mismo ancho entre la 3.^a y 4.^a divide las dos primeras de las dos últimas. Por este corredor pasa una cañería de vapor de 0,076 m. cuyas ramificacio-

nes de 0,031 m. penetran en cada cámara por dos costados adyacentes. Tambien corre una cañería de agua que entra por cuatro puntos distintos en cada cámara.

Los gases atraviesan la primera cámara, salen por un tubo de plomo de 0,50 m. de D. a 2 m. de altura sobre el suelo i entran a la segunda por la parte superior. De igual manera salen por la parte inferior de la segunda i entran por la parte superior de la tercera i así sucesivamente hasta que salen de la cuarta cámara por tres tubos de plomo de 0,38 m. de D. para entrar a la parte inferior de la torre fria de Gay-Lussac.

Los gases que entran a la primera cámara encuentran adentro chorros de vapor i agua pulverizada, ingredientes que facilitan i ayudan las reacciones. En el interior la temperatura es mas elevada que en la vecindad de las paredes; el vapor de agua no se condensa, se produce sulfato ácido de nitrosil que se disuelve en ácido sulfúrico en suspension en la cámara, miétras que en la vecindad de las paredes hai condensacion de una parte del vapor de agua i por consiguiente dilucion del ácido sulfúrico i desdoblamiento del sulfato ácido de nitrosil.

La temperatura tomada en el interior, al lado de las paredes, es, en esta cámara, 81 a 97° C, i la densidad de ácido sulfúrico que se condensa es de 50° B.

Cada cámara tiene, esteriormente, un termómetro i un areómetro Baumé. El primero da el diagrama de la temperatura durante todo el tiempo que funcionan las cámaras.

El desdoblamiento se produce con mayor actividad a causa del enfriamiento en el tubo de comunicacion entre la primera i segunda cámara. En esta última las reacciones vuelven a producirse, gracias a que la temperatura es mas elevada que en el tubo de comunicacion ya nombrado.

En la segunda cámara la temperatura varia entre 85 i 97° C., i la densidad del ácido condensado se mantiene a 50° B.

La oxidacion del anhídrido sulfuroso, mui avanzada por las reacciones que se han llevado a efecto en la primera cámara i en la primera parte de la segunda cámara, se completan mas lentamente en esta última i en la tercera cámara donde la temperatura se mantiene entre 61 i 77° C., i la densidad del ácido alcanza a 49° B.

Las reacciones terminan en la cuarta cámara, donde llega muy poca agua que se ocupa en condensar el ácido formado i los productos azoados, que a una temperatura elevada, pasarían con el ázoe a la Torre de Gay-Lussac.

La temperatura en la cuarta cámara se mantiene entre 39 i 50° C. i la densidad del ácido sulfúrico a 49° B.

El ácido condensado sobre las paredes se reúne en el estanque que sirve de base a cada cámara i sale por tubos de plomo, pasa por un recipiente que permite muestrearlo i sigue su camino por gravedad hasta un estanque situado en el subterráneo de donde va al punto en que se desea emplearlo.

Los gases que han salido de la cuarta cámara entran por tres tubos de plomo a la parte inferior de la columna de Gay-Lussac; un tubo por cada costado.

COLUMNA FRÍA DE GAY-LUSSAC.

Las dimensiones exteriores son: 4,620 m. por 3,55 m. i una altura de 11,96 m. encima de la fundación. Interiormente tiene: en los 1,828 m. de altura, 1,828 por 2,89 m. de sección, con murallas de ladrillos químicos de 0,228 de grueso; los 6,09 m. siguientes en altura tienen interiormente una sección de 3,24 m. por 2,18 m. i murallas de ladrillos químicos de 0,35 m. Los 5,18 m. siguientes tienen 3,50 m. por 2,43 m. i murallas de 0,22 m.

Encima de la columna hai un espacio de 1,968 m. donde hai un distribuidor del ácido sulfúrico a 62° que proviene de un estanque de 1,828 m. de altura i 3,148 m. por lado, situado en el piso superior, estanque donde llega el ácido que envían los pulsómetros, ácido que al caer en la Torre en finísimos chorritos, disuelve los vapores nitrosos no condensados en las cámaras formando sulfato ácido de nitrosil, i regresa por gravedad a los estanques que alimentan a los pulsómetros, para ser enviado más tarde a la Glover donde abandona los vapores nitrosos que disolvió en la Gay-Lussac.

En la parte superior de esta última sale lateralmente una chimenea vertical de plomo de 0,609 de diámetro por donde se escapan a la atmósfera el ázoe, aire en exceso i trazas de productos nitrosos.

Al interior de la Gay-Lussac, a la altura donde entran los gases, hai una serie de tabiques de 1,828 m. de altura, 0,22 m. de grueso, separados por espacios de 0,22 m. sobre los cuales descansan los ladrillos que rellenan la columna i que dejan huecos entre sí.

A los 10,66 m. de altura interiormente empieza el relleno de coque metalúrgico que descansa sobre los ladrillos.

La fundacion de concreto de ámbas torres tiene 5,74 m. por 4,57 m.

El ácido que sale de las cámaras marca 50° B.; su densidad es mas o ménos 1,53; contiene 64% de ácido sulfúrico combinado con 36% de agua. No experimenta ninguna otra concentracion sino al contrario, se emplea en la misma usina, diluido a 10%.

Para fabricar las 20 a 22 T. diarias emplean 2 304 libras de salitre i 26 000 libras de azufre, en las 24 horas.

La mejor temperatura para las cámaras seria: 100° C. en la primera; 90° C. en la segunda; 70° C. en la tercera i 45° C. en la cuarta.

El color de los gases debe ser amarillo i si no lo tienen se coloca mas azufre en los hornos de tuesta.

El ácido de la Gay-Lussac va directamente a los dos estanques de los pulsómetros que corresponden a esta columna.

El ácido de la Glover se enfria primeramente por medio del agua en serpentines de plomo, ántes de enviarlo a los dos estanques que se corresponden con otros dos pulsómetros pertenecientes a esta torre.

El tiraje de la Gay-Lussac se puede graduar, segun el color de los gases, la temperatura de las cámaras i segun el funcionamiento jeneral de la planta de ácido.

PULSÓMETROS.

La eleccion del aparato mas apropiado para la elevacion del ácido sulfúrico, ha recaido ahí sobre los pulsómetros, de los cuales hai cuatro; cada uno con su respectivo estanque almacenador.

Dos pulsómetros se ocupan en elevar el ácido sulfúrico proveniente de la columna de Gay-Lussac al estanque que hai encima de la Torre de Glover, ácido que ha disuelto allí, en frío, los vapores nitrosos ántes que se escaparan a la atmósfera.

Los otros dos pulsómetros elevan el ácido sulfúrico a 62° B. que ha pasado por la Torre de Glover donde abandonó a alta temperatura el sulfato ácido de nitrosil, i lo depositan en el estanque que existe encima de la columna de Gay-Lussac.

Los pulsómetros son de fierro fundido i tienen 2,13 m. de largo exterior por 0,96 m. de diámetro interior, con paredes de 0,076 m. de grueso, i funcionan a aire comprimido.

Cada pulsómetro esta provisto de un manómetro registrador que hace automáticamente el diagrama de la presión.

PLANTA DE FUERZA.

Anexa a la planta de ácido está la casa de máquinas que produce el aire comprimido para manejar los ácidos, el vapor i agua que se usan en la fabricacion de ácido sulfúrico. Las dimensiones de este edificio son:

19,811 m. de largo por 7,619 m. de ancho. Esta seccion dispone, para los servicios mencionados de: dos calderos a vapor que trabajan a 100 libras, calentados por petróleo i que hacen funcionar un motor de 55 caballos destinado a accionar una compresora Ingersoll.

Los cilindros del motor son de 0,279 m. por 0,254 m. i su fundacion de concreto es de 2,638 m. por 1,419 m.

La fundacion de cada caldero consiste en tres sostenes de concreto: dos de 0,406 m. por 0,406 m. i uno de 2,438 m. por 2,33 m. La de cada compresor es de 2,23 m. por 2,09 m. La polea de este último tiene 1,489 m. de D.

El eje del compresor está a 0,96 m. sobre el nivel del suelo i el del motor a 0,65 m. Del eje del motor al eje del compresor hai una distancia de 4,572 m.

Entre los calderos i las máquinas hai un tabique con dos puertas de 2,133 m. de ancho. El departamento de máquinas ocupa 10,667 m. de largo i el de los calderos 9,144 m.

Los dos calderos envian el vapor para las cámaras i para mover el ventilador que existe al pie de la Glover.

Disponen tambien de una bomba que funciona a 50 libras de presión i que envia agua a la casa de ácidos.

LABORATORIO

La Chile Exploration Company tiene un excelente i bien dotado Laboratorio donde analizan: la lei de cobre de los minerales, de la solucion ántes i despues de pasar por la electrolisis, de los rипios, escorias; análisis completos de minerales, aguas para los consumos industriales i domésticos; los gases de los hornos, el aire de las salas de trabajo; conductibilidad eléctrica i resistencia mecánica a la traccion, compresion i estension de alambres fabricados con el cobre allí elaborado, etc.

El Laboratorio consta de los departamentos siguientes:

SALAS PARA MOLER RIPIOS.

Todas las máquinas están accionadas por motores eléctricos. Toman un saco de ripio, lo cuartean i lo secan. En seguida lo muelen en un chanco jiratorio, tipo Gates, de donde sale de 1 m/m. Pasa a un cuarteador de 120 revoluciones por minuto, que aparta 1/16 del total. Este 1/16 va a un moledor fino, Braun Pulverizador, cuya molienda pasa por el arnero de 0,147 m/m.

Dos kilos de este molido se lavan con 4 lts. de agua durante 15 minutos, despues de lo cual se determina el cobre contenido en 100 c.c. de esta solucion. El molido se sigue lavando con 4 lts. de ácido sulfúrico a 10% en volúmen, donde tambien se determina el cobre contenido.

De esta manera se obtiene con una misma muestra, tanto el cobre soluble en agua, como el cobre soluble en ácido.

SALA PARA MOLER MINERALES.

La muestra que viene de la Torre Muestreadora i que representa exactamente el comun del mineral que ha pasado por la Torre, se muele en un chanco accionado, como las demas máquinas, por la electricidad.

Se cuartea i se saca un kilo de muestra. Esta cantidad pasa por un moledor excéntrico, de un tipo nuevo en Chile, que la deja

de 1 m/m. En seguida pasa a otro chanco que da 800 r. p. m., de donde sale pasando por el arnero de 0,147 m/m.

El motor eléctrico que mueve las máquinas de esta sala es, como los demas, de corriente alternativa trifásica i de 5 H. P.

BODEGAS.

Es un verdadero almacen de productos químicos i útiles de Laboratorio. Tiene toda clase de repuestos i aparatos especiales de vidrio laboriosísimos para ciertas determinaciones como: arsénico, antimonio i gases que se analizan de vez en cuando.

SALA PARA CERNIR.

Tiene mesas apropiadas i varios juegos de 19 cernidores cilíndricos, con tela de bronce, que se embuten uno en otro como una portavianda. Estos corresponden a los 19 números del diagrama adjunto, cuya esplicacion la daré en otro capítulo.

Hai tambien una balanza de platillos, sensible a medio gramo destinada a pesar las diversas porciones en que queda dividido el mineral molido. Las diferentes muestras se guardan por duplicado.

LABORATORIO.

En un edificio separado se encuentra el Laboratorio, propiamente tal.

PRIMERA SALA.

Dispone de seis estufas eléctricas de Eimer and Amend, Nueva York. Funcionan con 220 volts—110 volts i 14 amperes—28 amperes. Las paredes delanteras i traseras por donde se escapan los gases i vapores de los productos que se desea secar se prolongan sin mayor ensanche hasta un metro de altura sobre la plataforma donde se colocan las cápsulas. Sólo las paredes laterales de la chimenea se abren formando embudo. Este dispositivo, obtenido despues de una larga práctica, impide en absoluto que los vapores entren al Laboratorio; pasan a la chimenea aun cuando las cápsulas estén en el borde de la plataforma.

Hai tambien un horno eléctrico para secar a alta temperatura. Llama la atencion dos alambiques eléctricos automáticos si-

tuados a cierta altura. Uno de ellos destila 4,543 litros por hora. El otro destila 45,435 litros de agua por hora. El agua de los alambiques pasa por dos calentadores eléctricos que la entregan a la temperatura que uno desea según el enchufe que se coloque. Están arreglados para cuatro temperaturas diferentes que son las que más se emplean. Tiene capacidad para 22,717 litros que los hace hervir en 20 minutos.

Esta agua tibia o caliente baja por tubos de goma que terminan en un tubo de vidrio de punta aguda, con ayuda del cual se lavan los precipitados de los filtros.

Hai también: un hornito cuyo combustible es gasolina i que da una temperatura de 800° C.; un molino de bolas de porcelana, con bolas de ágata que lo han empleado en ensayos de descloración, construido por Abbe Engineering C.º, Nueva York. Es conocido con el nombre: The little Trojan.

Este laboratorio tiene una conexión especial de 60 K.W. para los calentadores, estufas i alambiques. Dispone además de todos los utensilios de vidrio necesarios para los análisis.

SALA DE BALANZAS.

Tiene cinco balanzas de precisión: una para oro i plata; dos de precisión sensibles a 1/20 de miligramo; dos sensibles a 1/10 de miligramo i una sensible a 1/200 de miligramo.

En otra mesa hai: un puente Lord Kelvin para medir resistencias de alambres de cobre, fabricados en la fundición, aun inferiores a 1/100 de ohm, gracias a que por ese método se elimina la influencia de los contactos. La resistencia de comparación está constituida por un grueso alambre de Mallechort dispuesto paralelamente a una regla graduada sobre la cual corren cursores.

En derivación sobre el circuito colocan cuatro resistencias i un galvanómetro sensible. Un termómetro permite tomar la temperatura a la cual se efectúa la medida para hacer después la corrección, pues los metales aumentan de resistencia con la temperatura. La resistencia específica del cobre fabricado por la Chile Exploration C.º, es de 1.560 microhm-centímetros a 0° de temperatura C. i es mejor que los mejores que existen en el comercio. Es admirable la corrección con que ejecutan esa medida de resistencia.

En la misma sala hai tambien una caja de fierro que contiene \$ 100 000 en útiles de platino.

SALA DE PRECIPITACION ELECTROLÍTICA.

De todos los metales que se pueden dosar electrolíticamente, el cobre es el que da con la mayor sencillez los resultados mas exactos, por lo que, este método de análisis, tiende a ser empleado casi esclusivamente en los laboratorios industriales. El método seguido en el Laboratorio de la Chile Exploration es el siguiente: Separan el cobre en una solucion nítrica. (Un poco de ácido sulfúrico no estorba i un licor esclusivamente sulfúrico da un depósito que se precipita lentamente). El ácido clorhídrico es proscrito en absoluto por dar depósitos esponjosos (sin contar con el ataque del electrodo positivo).

La solucion nítrica o sulfúrica tiene 5% de ácido concentrado. Se emplea una intensidad de 1 amper como máximo. En jeneral se usa 0,25 A. Se opera en crisoles de platino. No es indispensable ni necesario medir exactamente la intensidad de la corriente, basta saber que corrientes mui intensas dan un depósito color café mezclado con oxidulo o sea protóxido de cobre, a menudo esponjoso. Esta operacion es tan bien efectuada que obtienen siempre un depósito de un precioso color rojo rosado, bien adherente al electrodo negativo. En frio (25 a 30° C.) dosan 0,25 grs. en 5 horas con una corriente de 0,5 à 1 A. por 100 cc., i 2,2 a 2,5 volts. Comunmente dejan toda la noche precipitándose el cobre en 36 catodos sin movimiento que tienen admirablemente bien colocados en la sala de precipitacion electrolítica i con sólo 0,25 A.

En los 12 catodos con movimiento jiratorio de la misma sala hacen en media hora una determinacion, empleando una corriente de 10 A. de intensidad.

En caliente producen el depósito mas rápidamente, pero, en jeneral, como se trata de precipitados de importancia los hacen en 12 o 15 horas, es decir, en toda la noche.

El fin de la operacion lo conocen de una manera simple i exacta: sumerjen un poco mas el electrodo negativo i observan si la corriente deposita aun cobre sobre la parte sumerjida. Este procedimiento es bueno siempre que la solucion tenga mas de 0,0002

grs.; lo verifican tomando una gota i ensayándola al ferrocianuro que es mas sensible que el amoniaco.

Enseguida lavan el anodo en circuito cerrado (sin cuya precaucion el ácido nítrico volveria a disolver el cobre) con agua i despues con alcohol. Lo secan 10 minutos en una estufa eléctrica calentada a 80-90° C. i lo pesan.

LABORATORIO METALÚRGICO.

Este sólo tiene un horno calentado con carbon, una máquina para hacer copelas, movida a pie i un motor de induccion de corriente alternativa trifásica que acciona una dinamo de corriente continua que da 230 V. i 8 A.

LABORATORIO FÍSICO.

Esta pequeña sala dispone únicamente de una máquina para ensayar el cobre a la compresion i estension, i otra para la torcion de alambres. La resistencia mecánica a la traccion es de 28 Kg. por m/m. cuadrado. Tambien hai una regla para cortar alambres a la medida necesaria para el puente de Wheatstone. Este puente está constituido por cuatro resistencias unidas por sus extremos formando un rombo. La corriente llega a dos vértices opuestos, los otros dos vértices están unidos por un conductor que atraviesa un galvanómetro. Cuando el producto de dos resistencias opuestas del rombo es igual al producto de las otras dos, la corriente no se manifiesta en el galvanómetro. Dos de las ramas adyacentes al conductor que van al galvanómetro están compuestas cada una por tres bobinas que tienen respectivamente resistencias de 10, 100 i 1 000 ohms. La tercera rama del rombo está constituida por bobinas que permiten formar todas las resistencias enteras comprendidas entre 1 i 10 000 ohms. La cuarta rama del rombo constituye la resistencia desconocida o sea la del alambre de cobre cortado por la regla ya mencionada. El puente tiene ademas dos llaves que permiten cerrar el circuito i la rama del galvanómetro en el momento en que se ejecuta la medida. Esta consiste en hacer variar las resistencias hasta que el galvanómetro no acuse corriente alguna. En este caso las cuatro ramas son directamente proporcionales, lo que

permite calcular la resistencia desconocida dado que las otras tres son conocidas.

Los transformadores del Laboratorio transforman la corriente de 500 V. en 220 V.

MAESTRANZA

Ocupa un edificio de 68,273 m. de largo por 29,575 m. de ancho. El suelo de la maestraza está a 2.758,41 m. sobre el nivel del mar.

Está montada con toda la maquinaria que exige la reparación de locomotoras, carros, máquinas, al mismo tiempo que se puede confeccionar cualquiera pieza nueva.

En la fuerza motriz se ha asegurado la constancia del régimen que corresponde al mejor efecto útil, empleando para accionar las diversas maquinarias, los motores de corriente trifásica que caracterizan a Chuquicamata. Han repartido los motores eléctricos en condiciones convenientes, evitando la multitud de transmisiones que habrían sido necesarias si la energía hubiera sido proporcionada por otro agente, como el vapor por ejemplo. El poco cuidado que requieren los motores trifásicos, gracias a la falta de colector i bobinas complicadas, asegura su perfecto funcionamiento.

En la nave central de este departamento funciona, a todo el largo, una gran grúa eléctrica que puede levantar hasta 30 T. de peso. Esta grúa, como las demás, emplea un motor especial para cada movimiento que se desea efectuar; es muy suave i dócil, i tiene a la mano del que la dirige todos los interruptores i reostatos necesarios. Dispone de dos ganchos, uno para pesos de 30 T. i el otro para 5 T. i reostatos para modificar la velocidad en relación con la maniobra que debe ejecutar.

La electricidad aplicada a las máquinas elaboradoras les ha permitido tener instrumentos bien independientes, que no consumen sino justamente la energía necesaria. Gracias a la poca potencia que necesita cada máquina, se ha podido tener con la corriente trifásica varias velocidades desdoblado el número de polos.

Empezaré la descripción por un extremo de la Maestraza.

Existe ahí:

Un torno de 8,026 m. de largo por 1,219 de ancho; puede trabajar piezas de 0,609 de D. Lo emplean generalmente para torneear brocas para sondajes en las minas. Lo acciona un motor de 5 H. P.; 950 r. p. m.; 14 A.; 215 V.; Stator, 67 V.;

Un taladro radial de 2,286 m. por 1,219 para piezas de 1,219 m. de D., accionado por un motor de 5 H. P. Lo emplean para barrenar acero i fierro, tarrajar, etc.;

Un taladro radial de 2,97 m. por 2,06 para piezas de 1,828 m. de D., accionado por un motor de $7\frac{1}{2}$ H. P. Tiene cambio de marcha de derecha a izquierda. Puede hacer agujeros de 0,076 m. de D. i tarrajar;

Una tijera-punzon, a mano; puede agujerear un diámetro de 0,019 m. en planchas de 0,013 m.;

Un aparato completo para soldadura autógena;

Una máquina completa para tarrajar cañones de 0,019 m. a 0,10 m. Dimensiones: 3,124 m. por 0,762 m.;

Otra mayor para cañones hasta de 0,305 m. Dimensiones: 3,047 m. por 1,29 m.;

Un cepillo de 1,219 m. para piezas de 1,219 m. por 3,657 m. de largo, accionado por un motor de 20 H. P. Todo automático;

Tijera a mano; puede cortar planchas de cualquier ancho hasta de 0,012 m. de grueso;

Un banco de trabajo con cuatro tornillos paralelos;

Un mármol;

Un cepillo de 1,829 m. por 1,37 m.; ocupa $7\frac{1}{2}$ H. P.; cepilla 0,81 m.;

Un torno vertical de 5,486 m. por 4,038 m. para piezas de 1,828 m. de D.; puede escoplar hasta 0,457 m. Lo acciona un motor de 15 H. P. i otro de 3 H. P. para el escoplo;

Un torno de 2,085 m. por 6,09 m. para torneear 1,52 m. de D.; motor de 25 H. P.;

Tres grúas eléctricas para levantar hasta 5 T. con 9,14 m. de distancia entre los puntos de apoyo;

A lo largo de la nave descrita existe una línea de ferrocarril con trocha ancha i angosta, con un pozo, para reparar locomotoras, de 10,05 m. por 1,48 m.

En la nave vecina, separada de la anterior por una línea de trocha angosta, hai: dos oficinas, la fuerza motriz eléctrica, una prensa hidráulica para 400 T. con un émbolo de 0,355 m.;

Un estanque para aceite (por instalarse);

Un afilador de esmeril para brocas;

Un molejon;

Tres bancos mecánicos de 3,657 m. por 0,91 m. i 1,22 m., con cuatro tornillos cada uno;

Tres taladros verticales de 0,91 m. por 0,61 para agujerear 0,028 m.;

Un torno de 4,57 m. por 0,61 para piezas de 0,46 m. movido por trasmision;

Un torno para piezas de 0,355 m.;

Un torno de 4,49 m. por 0,61 m. para piezas de 0,61 m.;

Un torno de 2,44 m. por 0,60 m. para piezas de 0,355 m. i otro para piezas de 0,304 m.;

Un cepillo de 1,52 m. por 1,22 m. para 0,41 m.;

Una tarrajadora doble de dos cabezas, para pernos de 0,038 m.;

Otra igual a la anterior pero sencilla;

Rodillos de 3,33 m. por 1,83 m. para encurvar, enderezar o manufacturar planchas de zinc;

Un banco con 4 tornillos paralelos;

8 fraguas de 1,52 m.; 3 de 1,22 m. de D.; 1 de 0,61 m. de D.;

2 fraguas de 1,52 m. de D, con cañería de aire de 0,10 m.;

2 grúas fijas en las columnas;

1 martinete a vapor de 600 libras;

2 martinetes para 200 libras;

1 motor eléctrico de 25 H. P. para la trasmision;

1 máquina pernera de 2,44 m. por 1,83 m. para pernos de 0,038;

1 compresor de aire de 14,157 m. cc. a 100 libras con motor eléctrico de 100 H. P. Produce aire para: remachar, calafatear, cincelar i modelar automáticamente;

1 ventilador Root para fraguas i horno de fundicion;

1 caldero para el martinete; hoí trabaja con el aire del compresor;

1 banco mecánico con 4 tornillos;

1 sierra circular de fricción, sin dientes propiamente tales, para cortar acero, vigas, canales, ángulos. etc. Accionada por un motor de 25 H. P. La sierra misma es de acero de 1,22 m. de D. i 0,0095 m. de grueso; da mil quinientas r. p. m., enfriada por agua. Esta sierra es desconocida en Chile;

Tijeras a mano;

Tijeras punzon de 1,67 m. por 0,84 m. con motor de 5 H. P.;

2 fraguas;

Máquina de 2,21 m. por 1,37 m. para poner punzon y tijera;

3 chanchas para estampar pernos;

Rodillo de 3,81 m. por 1,07 m. para doblar planchas de 0,019 m. de grueso i 1,83 m. de ancho; motor de 10 H. P.;

1 hornito para 200 K. de bronce en cada carga;

1 horno para fundir $2\frac{1}{2}$ T. de hierro por hora, forrado exteriormente con hierro, vertical, sin chimenea alta, interior con ladrillos refractarios, recibe el aire del ventilador Root;

1 fresa acoplada directamente a un motor de $7\frac{1}{2}$ H. P. 19, 4 A; 220 V; 1 000 r. p. m. La fresa tiene 0,76 m. de carrera, puede cortar engranajes hasta 0,76 m. con un paso diametral de 0,076 m.

DETALLES DE LA PLANTA EN ELEVACION

Todas las dimensiones de las dos primeras columnas que se refieren a los edificios, están tomadas hasta el centro de las murallas i las referentes a los estanques de concreto, están tomadas hasta la parte exterior de las murallas que los circundan.

La tercera columna representa la altura de la escavacion hecha para fijar las fundaciones i la cuarta columna da la altura sobre el nivel del mar del suelo actual de los edificios o del fondo de los estanques.

	Largo	Ancho	Elevacion de la excavacion	Elevacion del suelo o fondo
Buzones	109,72	9,89	2 761,66	2 761,8886
Puente, encima de los chancadores jiratorios.....	49,60	7,31	2 761,66	2 761,8886
Casa de chancadores jiratorios	29,85	8,01	2 760,3265	2 760,4789
Casa de molinos de discos...	29,46	39,62	2 756,864	2 757,016
Casa muestreadora..			2 751,862	2 752,—
Estanques lixivadores.....	285,08	34,18	2 747,711	2 749,438
Estanques para ácidos.....	245,13	46,33	2 754,626	2 756,062
Casa de bombas A.....			2 743,63	2 743,80
Planta descloradora	121,92	24,38		
Casa de estanques electrolíticos.....	164,59	48,80	2 750,10	2 750,25
Maestranza.....	68,27	29,53	2 758,21	2 758,41
Bodega	39,47	17,98	2 761,765	2 761,963
Carpintería	29,26	12,19	2 760,75	2 760,953
Estanque principal de la descloracion	40,23	28,04		
Sub-estacion B.....	23,39	9,06		
Planta de ácido sulfúrico....	73,02	20,47		
Laboratorio.....	33,—			
Molienda del laboratorio.....	13,56			
Puente del F. C. hasta los chancadores jiratorios.....	365,75			

CARPINTERÍA.

El edificio tiene 29,26 de largo, 30,78 de ancho en su parte mas ancha i 12,19 m. en la mas angosta.

Como es de suponer, en este taller se ejecutan todos los trabajos de madera que necesita la usina de Chuquicamata.

Los utensilios i máquinas de este departamento son los siguientes:

9 bancos carpinteros;

1 sierra de huincha que ocupa un espacio de 1,93 m. por 1,93 m., accionada por un motor eléctrico de 25 H. P.; 720 r. p. m. con polea de 0,48 m. de D.;

A lo largo del taller existe un eje de trasmision de 0,06 m. de D. que da 187,5 r. p. m. Este eje acciona por medio de una polea

de 0,91 m. de D., por 20,5 centímetros de ancho, otra trasmision intermediaria, la que a su vez mueve un serrucho circular que ocupa 1,52 m. por 1,88 m. i consume 10 H. P. de fuerza.

Enseguida la trasmision principal acciona, por medio de un eje secundario, una máquina para cepillar madera de 0,61 m. por 0,15 m., máquina que ocupa un espacio de 1,52 por 1,82 m. i consume 5 H. P. de fuerza. Viene despues una máquina para amachambrar i hacer molduras de 0,15 m., que ocupa un espacio de 2,59 m. por 1,60 m., consume 5 H. P. i está accionada por una trasmision secundaria que recibe su movimiento de la principal.

El motor eléctrico de 50 H. P. que hace funcionar la trasmision principal da 750 r. p. m., tiene una polea de 0,30 m. de D. por 0,32 m. de ancho i obra sobre una polea del eje de trasmision de 1,22 de D. i 0,20 de ancho. El motor tiene su tablero, dos aparatos de arranque automático i su conmutador.

El eje principal tambien acciona una cepilladora i canteadora que trabaja maderas hasta de 0,30 de ancho; ocupa un espacio de 1,22 m. por 1,85 m. i 2 H. P. de fuerza.

Sigue un barreno radial de 1 H. P. i un barreno i escopladora de 2 H. P. que ocupa 1,52 m. por 0,91 m. Por último, el eje principal acciona otra trasmision que da movimiento a las siguientes máquinas: una trozadora de 3 H. P., que ocupa 1,37 m. por 0,96 m.; un torno para maderas de 2,44 m.; un molejon; un esmeril; una sierra angosta de 2 H. P. que ocupa 1,35 m. por 0,99 m. i un afilador automático para las láminas de la cepilladora, de 1,5 H. P.; ocupa 2,13 m. por 1,02 m. para cuchillos o láminas de 0,76 m.

Hai dos aparatos para afilar i trabar huinchas de sierra. Por último, existe tambien una cepilladora doble para cepillar dos lados a la vez en maderas de 0,66 m. de ancho por 0,30 m. de gueso, accionada directamente por un motor de 35 H. P.; 715 r. p. m. i que tiene una polea de 0,32 de D. por 0,25 m. de ancho.

La carpintería tiene, ademas, su escritorio, mesas de dibujo i herramientas de mano necesarias.

LAVANDERÍA.

Es cuanto existe de mas moderno i perfeccionado. Dispone de 7 motores eléctricos de 220 V. con un total de 10 H. P. de fuerza.

Cuenta con las siguientes máquinas:

Un motor para dos máquinas grandes para lavar; consume 5,5 A.

Otro para una pequeña máquina para lavar; consume 5,5 A.

Un secador; consume 8 A.

100 planchas a mano con enchufe; consumen 7,8 A.

1 almidonador; consume 2,3 A.

1 plancha para puños; consume 3,8 A.

1 planchadora para sábanas; consume 2,3 A.

Dispone, además, de un pequeño caldero vertical que produce el vapor necesario para los usos de la lavandería.

PULPERIA.

Tiene una superficie de 150 m. de largo por 50 m. de ancho. Está dividida en varias secciones como ser: tienda, frutería, cigarrería, zapatería, bodega, etc.

Usa dos motores eléctricos de 5,5 A. de intensidad i 250 V. de fuerza electro-motriz.

La mayoría de los artículos son de primera clase i muchos, mas baratos que en Santiago. Por ejemplo, los zapatos importados que en Santiago valen \$ 55 se venden en Chuquicamata a \$ 35. Hai cigarrillos importados de las mejores clases, cajetillas que no existen en Santiago.

La Pulpería es mui surtida i tiene por mas de un millon de pesos en mercadería.

HOSPITAL.

Ocupa un edificio especial separado de todos los demas. Hai tres secciones: una para señoras, otra para extranjeros i otra para chilenos. Está mui bien atendido por enfermeras, tres practicantes i dos doctores. Tiene comedores especiales para servir las comidas que se les llevan a los enfermos, salas de operaciones i anexos, corredores aseados para los convalecientes, cocina con aparatos portátiles cerrados para impedir que el aire infeste las comidas, etc.

Tiene capacidad para 80 enfermos.

BOTICA.

Regularmente surtida. Provista de aparatos para hacer respirar

artificialmente a los asfixiados, copuchas de oxígeno, salas de consultas, camillas, remedios, etc.

SANIDAD.

Corre diariamente con el servicio de aseo. Recorre las habitaciones de los obreros i da premios a las tenidas con mayor limpieza.

AGUA.

Para los usos industriales llegan 7 500 toneladas diarias del rio San Pedro, donde tienen una preciosa boca-toma, 5,5 klms., arriba de la estacion de San Pedro. La cañería que la conduce es de 59,450 klms. de largo. Los primeros 51 klms. tiene 0.305 m. de diámetro; los demas 0.23 m. de D. El tipo de union de la cañería es para 31 kls. de presion por centímetro cuadrado. Para esta cañería se usaron tres clases de cañones; clase A. calculada para presiones hasta 310 m. de altura máxima, 0.31 kls. por centímetro cuadrado; clase B. calculada para presiones hasta 210 mts. de altura máxima, 0,21 kls. por centímetro cuadrado; clase C., calculada para presiones hasta de 140 mts. de altura máxima, 0,14 kls. por centímetro cuadrado. La resistencia se calculó con la fórmula siguiente:

$$P D = \frac{2 ft}{F}$$

P=presion en kilos por centímetro cuadrado.

D=diámetro del cañon en centímetros:

f=límite de resistencia del material en kls. por centímetro cuadrado.

t=espesor del cañon en centímetros.

F=factor de seguridad, en ningun caso menor que 5.

La cañería tiene, distribuidas en su largo, 34 válvulas i 8 T en las partes mas bajas (llaves de descarga).

La cantidad de agua para los usos domésticos i para los calderos es de 400 T. diarias. Es achicada con bombas eléctricas en la estacion de San Salvador i llega a la planta por una cañería de 0,10 de D. La compra la Compañía a \$ 1,40 de 14,5 d. la tonelada i la suministra grátis a los obreros.

La Chile Exploration tiene tres concesiones de aguas del Supremo Gobierno. Una en San Pedro, que es la principal, de 175 lts./s.; otra en Lequena de 80 lts./s. i la tercera en Toconce, de 11,6 lts./s.

Las dos primeras, para usos industriales; la última para usos domésticos i calderos.

El agua de Lequena llegará a Chuquicamata por gravedad.

En conjunto, la Compañía dispone de 266,6 lts./s., o sea 23.034 T. diarias de agua.

CARBON.

En Chuquicamata consumen alrededor de 50 T. diarias de carbon, distribuidas, en parte, como sigue:

4 locomotoras, que gastan 3 T. diarias cada una;

1 pala a vapor, 2 T. en 12 horas;

13 perforadoras de percusion, 1 T. diaria cada una;

1 martinete con su caldera, $\frac{1}{2}$ T.;

Bombas de San Salvador, 4 T.;

Bombas en el Banco Drummont para achicar agua, 2 T.; etc

PETRÓLEO.

Las máquinas que consumen petróleo en Chuquicamata son las siguientes: 3 locomotoras grandes; 3 palas, 1 perforadora, etc.

ANIMALES.

Hai 300, entre caballos, mulas i burros.

FUERZA MOTRIZ

La Compañía tiene una concesion de fuerza motriz hidráulica en el rio Loa. Esta la aprovecharán una vez que haya concluido las dos nuevas unidades, dándole una capacidad a la planta de 30 000 toneladas diarias de mineral.

La instalacion del caballo-año les ha costado en Chuquicamata (Central de Tocopilla) \$ 1 250 de 10 d.

Los gastos que les ocasiona el caballo-año de fuerza motriz, es de \$ 500 de 10 d.

Aprovechando la fuerza motriz de las aguas del rio Loa, el caballo-año les costará ahí \$ 200 anualmente.

CONCESIONES DE AGUA

Como se ve, el costo del caballo-año, utilizando la fuerza motriz hidráulica, es mui inferior al que se obtiene empleando la electricidad producida por las turbinas a vapor de Tocopilla. Esto ha movido a la Compañía a solicitar del Supremo Gobierno el aprovechamiento de varias caidas de aguas situadas a ménos distancia de la planta que Tocopilla. El Supremo Gobierno le ha otorgado las concesiones siguientes:

7 000 lts./s. en el rio Loa, con bocatoma al Sur de Chiu-Chiu. Esta caida producirá 5 000 caballos i las aguas serán devueltas al rio Loa 25 Km. mas abajo de la bocatoma;

4 000 lts./s. en el mismo rio Loa, con bocatoma cerca del puente de la línea del ferrocarril de Antofagasta a Oruro. Esta enorme caida producirá 10 000 caballos, que serán trasportados a Chuquicamata trasformándolos previamente en corriente trifásica. Las aguas serán devueltas al rio Loa 40 Km. mas abajo, a 300 m. bajo el nivel de la bocatoma;

2 300 lts./s. en el mismo rio Loa, con bocatoma a 5 Km. aguas abajo del pueblo de Calama. Las aguas serán devueltas al rio a 50 Km. de la bocatoma;

1 950 lts./s. en el rio Salado, con bocatoma 3 Km. mas abajo de Aiquina. Las aguas serán devueltas al rio a 24,5 Km. de la bocatoma.

La Chile Exploration no explota aun estas concesiones, pero, posiblemente, lo hará cuando desarrolle la capacidad de la planta a 30 000 T. diarias de mineral. La central de fuerza motriz de Tocopilla, que hoi produce 40 000 caballos, está construida con elasticidad suficiente para que pueda llegar a dar 60 000 caballos de fuerza.

POBLACION.

La poblacion de Chuquibambilla, durante mi estadía en esa (20 de Agosto hasta 27 de Setiembre) ascendia a 4 396 personas distribuidas como sigue:

Mujeres	599
Niños.....	838
Hombres	2 959

SALARIOS.

El término medio, como salario, ascendió durante el mes de Abril de 1915 a \$ 8,31 diarios.

HABITACIONES PARA OBREROS (Planta).

En jeneral, en cada casa, una de las piezas tiene 20,88 m. cuadrados de superficie i la otra 13,25 m. cuadrados. Ambas de 3,50 m. de altura. Las piezas para 4 obreros solteros tiene 17,71 m. cuadrados de superficie i 3,50 m. de altura.

En la planta existen las siguientes habitaciones:

1 hotel con tres piezas;

70 casas con dos piezas i cocina, de calamina revestidas con madera, sin tablas en el suelo, (una pieza de 4,57×4,57 m. i otra de 4,57×2,90 m. Ambas de 3,50 m. de altura);

108 casas con dos piezas i cocina, de calamina revestidas con madera, con tablas en el suelo.

Quebrada núm. 1:

4 casas con dos piezas i cocina;

38 casas con una pieza i cocina.

Quebrada núm. 2:

37 casas con dos piezas i cocina,

36 casas con una pieza i cocina;

8 carpas i ranchos.

Quebrada núm. 3:

63 casas con una pieza i cocina de las cuales 5 tienen 2 piezas i cocina.

Corral:

27 casas con una pieza i cocina;

1 casa con 4 piezas i cocina.

Piezas para solteros.—Campamento núm. 610 al núm. 688:

44 piezas.

Campamento núm. 609 al núm. 677:

27 piezas.

Camarotes:

37 casas;

16 casas del núm. 129 hasta el núm. 144.

Fundicion:

8 piezas para empleados.

Casas para empleados:

48 casas, 5 baños; 24 piezas i 4 baños;

En el Banco de Bombas: 9 ranchos de calamina sin entablar.

Hai muchas casas en construccion i ademas una sastrería con 3 piezas.

EN LAS MINAS:

50 casas con dos piezas cada una, en el nuevo pueblo.

JERENCIA.

En el edificio de la Jerencia se encuentran los edificios siguientes:

Escritorio del señor Federico Hellmann, Jereñte Jeneral de la Chile Exploration Company;

Oficina del señor Webster, Administrador Jeneral;

Oficina del señor Forbes, Injeniero Constructor;

Oficina del señor Witherill, Superintendente de la planta;

Oficina del señor Walter A. Perkins, Jereñte de Negocios;

Oficina del señor Huston, Abogado de la Compañía;

Contabilidad, con 32 empleados;

Sala de Dibujos, con 20 dibujantes;

Archivo de Planos (se han ejecutado mas de 8 548 planos en tela i unas 20 000 copias en azul);

Archivo de Documentaciones;

Central Telefónica;

Central de Correo i Telégrafos

Oficina de copiar planos.

Aparte del edificio de la Jerencia, existen los escritorios de los ingenieros de la Casa Siemens-Schuckert Werke, señores:

Max Neustattes, Jefe de la Obra;

M. Jacobs, Constructor de Chuquicamata;

Mr. Fracinsky, Perito Especialista en Transformadores;

J. P. Hosé, Arquitecto;

Burr Wheeler, Ingeniero Electricista, i

Mr. Barker, Administrador de la Mina.

Se encuentran ausentes de Chuquicamata los señores: Pope Yeatman, Consultor Técnico de la Empresa;

El señor E. A. Cappelen Smith, Ingeniero Químico (creador del procedimiento de beneficio), i

El señor Fritz Mella, Ajente Jeneral en Santiago.

OFICINA DE COPIAR PLANOS.

En esta oficina se reemplaza la luz solar por las radiaciones de una lámpara eléctrica de mercurio. Esta lámpara consiste en un largo tubo de cuarzo con dos esferas llenas de mercurio, en sus estremidades. El mercurio se volatiliza por el calor producido por el paso de la corriente i hace su viaje del anodo hácia el catodo, manteniendo el arco eléctrico. El vapor se condensa en gran parte sobre el vidrio del tubo i cae en gruesas gotas sobre el catodo i en finas gotas sobre el anodo. Una vez que el mercurio destila se establece un régimen, función de las dimensiones del tubo i de la intensidad de la corriente. Esta luz está desprovista de radiaciones rojas i en cambio es una fuente luminosa rica en radiaciones ultra-violetas, por lo que constituye un foco de actividad química, que reemplaza con ventaja la luz solar.

El calco i el papel de prusiato pasan por un rodillo constituido por un gran tubo de vidrio en cuyo interior se encuentra la lámpara de mercurio. El rodillo de vidrio jira mediante la acción de un motor de corriente alternativa de 110 V., 50 ciclos, $\frac{1}{3}$ de H. P. Este motor monofásico puede conectarse con cualquier lado de un sistema bifásico o trifásico, pero no con corriente continua. Uno de los alambres del circuito primario alternativo se conecta a cada uno de los dos terminales, después de haber pasado por la plancha de fusibles i por el conmutador de palanca correspondiente. No necesita

alambre especial ni reostato. Un ventilador accionado por el mismo motor, ventila el interior del cilindro de vidrio.

El papel de prusiato pasa, en seguida, por los baños ya conocidos.

TRASMISION DE ÓRDENES.

El tiempo es un factor de grande importancia en Chuquicamata (Time is money), i su influencia es tanto mas sensible cuanto que las minas están a 6,080 klms. de la planta i ademas por la enorme variedad i diseminacion de servicios que colaboran al mismo tiempo. Las relaciones constantes que deben existir entre las minas que abastecen de mineral i el establecimiento que los beneficia, la central eléctrica de Tocopilla i el empleo de la fuerza en la planta, etc., para el caso de accidentes o paralización momentánea, imponian inevitablemente un servicio completo de teléfonos.

Al efecto hai instalada en el edificio de la Jerencia una central telefónica que da directamente comunicacion a los 85 teléfonos de la Empresa. Cada ingeniero o Jefe de servicio tiene así su escritorio unido a cada una de las secciones de la Chile Exploration.

Los teléfonos son bastante sonoros i sus piezas esenciales como el micrófono, bobina de induccion, alambres conectadores, etc., están encerrados en una sólida caja de madera, bien impermeable.

La línea telefónica es de corriente continua i está tambien conectada con Antofagasta.

La trasmision de órdenes de un taller a otro o de una central eléctrica a un taller o sea en lugares donde el ruido impide en absoluto el uso del teléfono, se hace por medio de poderosísimos timbres eléctricos, acompañados con luces de colores que se encienden cada vez que suena la campanilla.

ACCIDENTES.

Hai tres automóviles que permiten socorrer ipso facto al personal en casos de accidentes graves.

Disponen tambien de aparatos de proteccion (cascos) para poder entrar en recintos donde la atmósfera es irrespirable.

VÍA FÉRREA.

La planta está dotada de una red completa de líneas férreas, de trocha ancha, que permite a los trenes llegar a cualquier departamento.

Ademas hai un buen servicio hecho por locomotoras a aire comprimido entre la fundicion, la casa electrolítica i la casa descloruradora.

Tambien hai tendida una línea de trocha angosta, desde la casa donde se fabrica el ácido sulfúrico hasta la casa electrolítica.

CORREAS SIN FIN. DETALLES EN PLANO

Llamaré lonjitudinales las que siguen una direccion dada i trasversales las que se apartan de aquella en ángulo recto.

Principiaré con las dos correas sin fin paralelas núm. 1 i núm. 2 de 0,914 m. de ancho, 125,27 i 136,85 m. de largo de centro a centro respectivamente, separadas por 5,18 m. de orilla a orilla; trasportan i levantan el mineral desde los buzones hasta los dos chancadores jiratorios, situados en el segundo piso de la casa correspondiente. Dos correas núm. 3 i núm. 4, de 0,914 m. de ancho, 56,69 m. i 61,87 m. de largo, respectivamente, de centro a centro; separadas por 11,58 m.; trasportan i suben el mineral quebrado desde el primer piso de la casa anterior hasta el tercer piso de la casa de moledores de discos.

En el subterráneo de ese último edificio cae el mineral molido a las correas trasversales núm. 5 i núm. 6, de 0,914 m. de ancho, 19,2 m. de largo de c. a c. separadas por 10,67 m.; correas que lo trasportan i lo vacian en la correa lonjitudinal núm. 7 de 107,28 m. de largo i 0,914 m. de ancho. Esta última trasportan i sube el mineral al segundo piso de la casa de muestras.

En el primer piso de esa casa, toma el mineral la correa trasversal núm. 8 que tiene 0,914 de ancho por 310,58 m. de largo de c. a c. Esta correa corre paralela a los estanques de lixiviacion, a 1,67 m. sobre el nivel de dichos estanques i por medio de un dispositivo especial, pasa por el puente de carga, vacia el mine-

ral sobre otra correa longitudinal que corre dentro del puente i sigue su camino hasta el extremo del último estanque de lixiviacion.

El puente de descarga o draga de mandíbula saca el ripio de los estanques i los vacia en un buzón que alimenta, según la posición de la draga respecto a los estanques, a una de las correas transversales núm. 9 i núm. 10, que corren una a continuación de la otra, a 1 m. de altura sobre el nivel del suelo, paralelas a los estanques por el lado Sur de ellos. Las correas núm. 9 i núm. 10 tienen 0,914 m. de ancho, 154,53 m. i 149,04 m. de largo, respectivamente, de c. a c.; son reversibles i pueden descargar los ripios una en la otra i llevarlos así a cualquiera de los desmontes. Vacian el ripio en sus extremos opuestos sobre las correas longitudinales núm. 11 i núm. 11 a. que son paralelas a una distancia de 310,88 m. una de la otra.

La correa núm. 11 de 91,44 m. de largo de c. a c. se vacia en la correa núm. 13 que está a continuación i que sigue la misma dirección; ésta en la núm. 12 i ésta en la correa transversal núm. 14 que corre dentro de un puente situado encima del desmonte, correa que tiene movimiento hácia adelante o hácia atrás, a lo largo del desmonte pudiendo botar los ripios en cualquier punto.

Esta correa núm. 14 que tiene 64,61 m. de largo de c. a c. es la que vacia el ripio en un buzón colocado sobre el puente corredizo, buzón que dirige el mineral hácia el punto conveniente, siguiendo así la formación de un plano inclinado que tendrá mas tarde 128 m. de ancho i por cuyo eje van subiendo las correas núms. 13, 12 i 14.

Con el tiempo se les dará un mayor largo a las correas núms. 13 i 13 a. hasta que lleguen a tener 121,92 m. de largo de c. a c. o sea 243,84 de desarrollo total.

La correa núm. 11 a. de 91,43 m. de largo de c. a c. se vacia en la núm. 13 a. Esta en la núm. 12 a. i ésta última en la núm. 14 a. que es transversal i que tiene 64,61 m. de largo de c. a c. Esta corre dentro de un puente corredizo que puede desplazarse de 64,61 m. a cada lado de la correa longitudinal núm. 12. Bota los ripios en la misma forma que se esplicó para el desmonte anterior.

El largo total de cada desmonte es de 129 m.

CORREAS SIN FIN. DETALLES EN ELEVACION

Las correas sin fin núms. 1 i 2 que corren a 0,79 m. sobre el nivel del suelo que está a 2 761,8886 m. sobre el nivel mar, suben el mineral a 4,267 m. de altura sobre el suelo i lo vacian dentro de los chancadores jiratorios.

Las correas núms. 3 i 4 salen por un túnel que está a 2 758,0786 m. sobre el nivel del mar i suben el mineral a 11,66 m. sobre el nivel del suelo del túnel para vaciarlo en los molinos de discos.

La correa núm 7 que recibe el mineral en la casa de molinos de discos sale por un túnel que está a 2 751,835 m. sobre el mar i lo levanta a 9,31 m. sobre el nivel del suelo del túnel para vaciarlo en la casa de muestras cuyo suelo está a 2 752,157 m. sobre el mar.

De la Casa Muestreadora la correa núm. 8 va horizontalmente a 1,68 m. sobre el nivel superior de los estanques de lixiviacion i pasa por el puente que vacia el mineral en los estanques

Los ripios los descargan sobre las correas núm. 9 i núm. 10 que son horizontales. Lo toman las correas núms. 11 i 11 a. que lo levantan a 1,52 m. de altura sobre el suelo natural que está a 2 748,652 m. sobre el nivel del mar. Ahí corren horizontalmente i despues lo suben a 4,59 m. i lo vacian en las correas 13 i 13 a, que son de 15,23 m. de largo de c. a c. i éstas a su vez lo vacian en las correas núms. 12 i 12 a. que tienen 18,29 m. de largo de c. a c.

Las correas 12, 13, 12 a. i 13 a. i las que siguen suben por un plano inclinado que hace un ángulo de 20° con la horizontal.

Las correas núms. 1 a 6 inclusive tienen una capacidad de 275 T. por hora i recorren 45,71 m. por minuto.

Las correas núms. 7 a 14 a. tienen una capacidad de 550 T. por hora con una velocidad de 91,43 m. por minuto.

Las correas sin fin son hechas de varias capas de jénero entre las cuales hai goma. Esteriormente tiene tambien una gruesa capa de goma. Su gruesor es de: 1,7 cm.

Las correas sin fin constituyen dispositivos mui cómodos i económicos para trasportar i descargar automáticamente, a distancias

mas o ménos grandes, los minerales chancados. La correa está sostenida de distancia en distancia, por seis cilindros independientes de 0,12 m. de diámetro i se ponen en movimiento por medio de una polea motriz de 1 m. de D. situada en una de las estremidades de la correa. Los seis ejes de los seis cilindros forman, en corte, una poligonal parecida a los lados consecutivos de un poligono regular, dando lugar para que la correa cargada guarde esa forma cóncava. La tension se mantiene constante por medio de dispositivos especiales.

FUERZA ELÉCTRICA EMPLEADA PARA ACCIONAR CORREAS

Las correas núms. 1 i 2, emplean dos motores de 30 caballos, 480 r. p. m. 35,7 A. cada uno.

Las correas núms. 3 i 4, dos motores de 30 H. P.

Las correas núms. 5 i 6, dos motores de 7,5 H. P.; 500 r. p. m.; 10,7 A.

La correa núm. 7, un motor de 75 H. P.; 484 r. p. m.; 84,5 A.

La correa núm. 8, un motor de 120 H. P.; 490 r. p. m.; 129 A.

La correa núm. 9, un motor de 50 H. P.; 480 r. p. m.; 57 A.

La correa núm. 10, un motor de 46 H. P.

CASA DE BOMBAS B I ESTANQUE

Este estanque sirve para almacenar las soluciones clarificadas provenientes de la descloruración, cuando algun motivo impide que ellas puedan seguir su curso hácia la electrolisis.

La canaleta de madera forrada con plomo de 0,46 m. de ancho por donde se escurre por gravedad el ácido privado de cloruro cuproso de la casa descloruradora, sale de dicha casa i se divide en dos ramales. Uno que vacia el líquido en un estanque cilindrico de fierro, de 2,74 m. de D., revestido con plomo, de donde sigue su curso hácia la casa electrolítica. El otro canal conduce el ácido a dos pequeños estanques de albañilería de concreto, revestidos con

asfalto, de las siguientes dimensiones: 4,37 m. por 4,37 m. por 1,52 m. de profundidad. Las paredes son de 0,20 m. de grueso en la parte superior.

Esta casa dispone de dos bombas verticales, centrífugas, de 225 m/m. que aspiran el líquido de esos estanques por cañerías de 0,30 m., lo elevan y lo vacian en un gran estanque de concreto reforzado cuyas dimensiones interiores son: 17,96 m. de ancho, 27,28 m. de largo i 3,65 m. de profundidad. El grueso de las murallas en la parte superior es de 0,23. El fondo del estanque tiene 0,22 m. de grueso i está basado sobre 40 pilares, cada uno de los cuales está constituido por tres prismas cuadrangulares, de concreto armado, superpuestos. El prisma inferior tiene las siguientes dimensiones: 1,83 m. por 1,83 m. por 0,38 m. de altura. El que sigue hacia arriba tiene: 0,81 m. por 0,81 m. por 0,41 m. de alto i el superior, sobre el cual se apoyan las vigas de concreto armado que sirven de intermediarias entre los prismas i la base del estanque, tiene: 0,41 m. por 0,41 m. por 0,48 m. de altura. Las murallas verticales, en su parte inferior, tienen 0,36 m. de grueso i un radio de 0,38 m. para unirse al fondo interiormente. La altura total del estanque desde la base de las murallas es de 5,50 m. El ancho de cada aleta de refuerzo lateral es de 1,19 m. en la parte inferior de la aleta. En el sentido longitudinal tiene ocho aletas con 3,07 m. de distancia de eje a eje de dos aletas vecinas. La parte superior de las murallas del estanque están a 2 759,72 m. de altura sobre el nivel del mar.

La inclinacion de las murallas, en el interior del estanque es de 0,0127 m. por 0,3048 m. Debajo del fondo, haciendo cuerpo con él, tiene refuerzos de 0,35 m. de ancho i 0,29 de alto, refuerzos que se apoyan sobre los prismas que forman la base. Estas vigas corren a todo el ancho i a todo el largo de la base del estanque, se cortan en ángulo recto en los puntos donde se apoyan sobre los pilares. El eje de la primera viga está a 3,14 m. de distancia del exterior de las murallas verticales, i el eje de la primera viga, que corta a la anterior en ángulo recto está a 3,19 m. de distancia del exterior de la muralla correspondiente.

Las aletas exteriores tienen 5,09 m. de altura.

BOMBAS.

Las dos bombas verticales, centrífugas, que aspiran el ácido son de 0,23 m. i lo impelen por cañerías de 0,23 m. a 8,53 m. de altura. Los motores que las accionan son verticales, eléctricos, de 25 H. P.; 27,9 A.; 725 r. p. m.

Las cañerías al salir de las bombas pasan por válvulas i tienen una union de 0,03 m. con su respectivo cañon de disminucion que llega a un pequeño estanque de 2,13 m. por 1,22 m. que sirve para limpiarlas i probar su correcto funcionamiento.

FUNDICION

Ocupa un galpon de 38,71 m. de ancho por 91,44 m. de largo, mas 36,57 m. que ocupan las cámaras para depositar las sustancias cupríferas que arrastran los humos.

Este establecimiento tiene por objeto:

1.º Fundir los catodos provenientes de la electrolisis, amoldándolos enseguida en forma comercial en lingotes llamados «wirebar», que pesan 135 i 175 lbs. i «cake ingot» que pesan 29,75 ks.

2.º Fundir el cloruro cuproso, precipitado en la casa descloruradora, con sustancias escorificadoras, para estraer así el cobre contenido;

3.º Fabricar anodos de cobre que emplea la casa electrolítica para hacer catodos;

4.º Fabricar granallas de cobre, con el cobre estraído del cloruro cuproso, para precipitar esta sal en los cilindros descloruradores;

5.º Fabricar alambres para ensayar la conductibilidad eléctrica del cobre en lingotes que esportan.

Para llevar a cabo esa labor, la fundicion está dotada del material siguiente:

HORNO DE REVERBERO PARA FUNDIR CATODOS I HACER LINGOTES.

Tiene capacidad para 335 000 lbs. de cobre i las siguientes dimensiones. (Esteriormente), 3,66 m. de altura, 14,45 de largo i 5,54 m. de ancho, sin contar la armadura exterior de acero. Interiormente tiene: 13,71 de largo por 4,22 de ancho.

El cobre, al interior, puede alcanzar las alturas siguientes: 0,52 m. debajo de la chimenea, 0,75 m. debajo de la primera puerta de sangría i 0,68 m. debajo de la llegada del combustible, petróleo. El desnivel mayor del piso está hacia la primera puerta de sangría.

Hacia un costado tiene tres puertas de carga, provistas de contrapesos, de 1,52 m. de ancho por 0,80 de alto, mas 0,13 m. de flecha, pues las puertas de carga son abovedadas en la parte superior.

Al costado opuesto tiene dos sangrias, para metal, de 0,381 m. de ancho.

La primera compuerta de sangría tiene un desnivel hacia el exterior de 0,0254 m., a partir del eje del horno.

La segunda compuerta puede descargar sólo la mitad del cobre fundido en el horno. La primera compuerta puede descargar todo el metal restante, es decir, el que ocupaba el fondo del horno, cobre que se emplea en fabricar los lingotes para la esportacion. (Adjunto se verá un croquis de las compuertas de sangrias).

El piso de fundacion del horno tiene tambien 0,05 m. de desnivel de lado a lado, hacia las puertas de descarga.

Las 16 amarras longitudinales de arriba i de abajo se terminan en un lado por poderosos resortes de 12 espiras, 13 cm. de D., hechos con acero de 3 cm. de D. Las amarras de arriba distan 3,86 m. de las de abajo verticalmente. Lateralmente tiene 20 rieles perpendiculares por cada lado, amarrados entre sí por arriba i por abajo. Ademas de los rieles i amarras, los ladrillos están sostenidos esteriormente por planchas de fierro fundido.

Las cuatro entradas de los quemadores de petróleo son agujeros hechos en la muralla del horno que tiene 0,23 m. de grueso. Son cuadrangulares, de 0,23 m. por 0,23 m. i de 0,76 m. de centro a centro. El cielo del horno, arriba de los quemadores, tiene 3,55 m. de radio. El fondo del horno tiene 6,93 m. de radio, excepto frente a la primera sangría. El cielo del horno tiene 7,24 m. de radio, excepto arriba de los quemadores de petróleo. El piso es de magnésita, debajo de la cual hai 0,0127 m. de enlucido de magnésita colocado sobre los ladrillos de sílice, lo que hace un grueso de 0,40 m. El cielo es de ladrillos de sílice de 0,30 m. de grueso. Algunos es-

pacios entre ámbas clases de ladrillos están rellenos con ladrillos de cromo.

La chimenea es cuadrangular exteriormente i tiene. 25,91 m. de altura, 0,68 m. de diámetro inferior i paredes de 0,23 m. Debajo de la chimenea, en la pared opuesta a los quemadores, tiene una puerta de 0,38 m. mas 0,06 m. de flecha por 0,38 m. de ancho. Por esta puerta se introducen los troncos de madera verde que sirven para reducir los óxidos metálicos, troncos que están sujetos por medio de cadenas i un tecele a mano.

Todo el horno está mantenido por una gruesa armadura de acero con resortes. El cielo tiene dos juntas para la dilatación. El macizo de las esquinas, que no está espuesto al calor, está hecho de ladrillos ordinarios.

En uno de los costados del horno hai un agujero que permite la entrada de una tobera por donde se introduce aire para oxidar las impurezas que pueda contener el cobre al mismo tiempo que para producir un movimiento de la masa superior del baño metálico. Este horno consume entre 15 i 30 toneladas de petróleo en 24 horas.

Antes de continuar con la descripción del material de que dispone la fundición explicaré brevemente el objeto de la introducción de aire i de madera verde en el seno de la masa fundida.

Esta clase de hornos de reverbero que son los mas perfeccionados, los he descrito con mayores detalles con el nombre de «reactor metalúrgico», en el BOLETÍN de la Inspección de Minas del tercer trimestre del presente año.

El aire oxida las pequeñas cantidades de impurezas que pueda contener el baño metálico, como carbono, fósforo, silicio, bismuto, plomo, azufre, formando en jeneral compuestos volátiles a esa temperatura, como óxido de carbono, anhídrido fosfórico, anhídrido sulfuroso, etc. Además produce un movimiento del baño hacia el punto donde obra la madera verde. Ahí llega el único óxido infusible i perjudicial que ha quedado en el cobre i este es el óxido de cobre. La madera lo reduce a cobre metálico, dejando así al baño desprovisto de impurezas practicamente, i si alguna ha quedado, ésta sale en las primeras sangrías que tienen por objeto fabricar anodos. Estos anodos, pierden en la electrolisis, las raras sustancias estrañas

que pueden contener, como lo veremos en la descripción de este departamento.

HORNOS DE REVERBERO PARA FUNDIR COBRE I HACER ANODOS.

Tiene una capacidad de 100 T. i las dimensiones siguientes: 10,08 m. de largo, 9,82 m. de alto sobre la fundación i 4,65 m. de ancho sin contar las amarras, esteriormente. Interiormente tiene: 9,22 m. de largo, 1,83 m. de altura más o ménos i 3,50 m. de ancho. El calentamiento del horno se efectúa por medio de cuatro quemadores de petróleo situados en una pared de 0,23 m. de grueso. El cobre que se desea fundir se introduce por dos puertas de carga, situadas en un costado de 1,22 m. de ancho por 0,91 m. de alto. El metal se extrae por el costado opuesto a las puertas de carga, por medio de una canal de 0,12 m. de ancho, que nace en el centro del horno. En la pared opuesta a los quemadores de 0,34 m. de grueso, hai una puerta de 0,48 m. de ancho, por 0,46 m. de alto.

El cobre fundido en este horno, donde entran todos los desperdicios i recortes, se emplea para hacer anodos solubles para la electrolisis i un poco de granallas para la descloruración.

La chimenea cuadrangular tiene 0,46 m. por lado i murallas de 0,23 m. de grueso. Tiene tambien amarras exteriores de acero como el reverbero anterior.

El piso es de ladrillos de magnesita con enlucido de esta misma sustancia que separa los anteriores de los ladrillos de sílice. El cielo de 0,30 m. de grueso es de ladrillos de sílice i tiene dos juntas de dilatación. Las esquinas exteriores que no están espuestas al calor son de ladrillos ordinarios.

Esteriormente, el horno tiene amarras de fierro que se oponen a las dislocaciones de la albañilería bajo la acción de la dilatación producida por la elevada temperatura. Las amarras consisten en fierros T verticales unidos por travesaños de fierro de 0,10 m. por 0,025 m. Las cabeceras tienen fierro U i doble T.

La chimenea de los dos reverberos está tambien armada esteriormente por fierros ángulos verticales en las esquinas, unidos entre sí tambien por fierros ángulos.

El cielo del interior del horno, que es abovedado, tiene 7,24 m. de radio i el piso 3,66 m. de radio.

El cobre fundido i purificado por medio del aire comprimido que oxida las impurezas i leña verde que desoxida al metal, es estraido por una sangría constituida por una canal de 0,13 m. de ancho i 0,025 m. de desnivel hacia el exterior, canal que nace en el centro del horno. La altura del metal fundido frente a la puerta de sangría en el centro del horno es de 0,61 m. El grueso total del piso refractario del horno es de 0,74 m. Las paredes laterales i longitudinales de ámbos hornos de reverbero no son verticales sino mas abiertas en la parte superior. Se abren 0,03 m. por cada 0,30 de altura. Antes de llegar a la chimenea, el cielo del horno baja de 0,63 m. con un radio de 3,20 m. Las doce amarras longitudinales terminan con resortes poderosos, para darles elasticidad. El ancho de la pared en que están los quemadores es de 2,36 m. i el cielo se une con esta pared por medio de un radio de 1,83 m. El cemento empleado en ámbos hornos para unir los ladrillos es de magnesita, sustancia refractaria que resiste a mui alta temperatura.

Los productos refractarios que constituyen los hornos, son los que se emplean comunmente en Europa; su composicion, puntos de fusion, etc., los he descrito ya en un estudio sobre «Los Hornos Metalúrgicos» publicado en el *Boletin de Jeografia i Minas*, del primer trimestre de 1914.

Las pocas reacciones que tienen lugar en la masa fundida son las mismas ya descritas en el horno anterior.

Este horno consume entre 10 i 15 T. de petróleo en 24 horas.

HORNO DE SOPLETE.

La fundicion de cloruro cuproso intimamente mezclado con los ingredientes de que hablaré mas adelante se hace en un horno cuadrangular de manga, con capacidad para 100 T. diarias i con las siguientes dimensiones interiores: 1,02 m. por 1,52 m. por 8,23 m. de altura.

Su armadura está constituida por cuatro columnas verticales de fierro unidas entre sí en la parte superior por medio de fierros que sirven de apoyo al piso de carga i al revestimiento exterior de ladrillos comunes.

La base sobre la cual descansa el horno consiste en una plancha de acero de 1,83 m. por 1,83 m. por 0,0127 m. colocada encima de

8 ratas de 0,063 m. situadas en dos hileras de a cuatro, separadas por 1,12 m. de eje a eje, i por 0,81 m. i 0,71 m. una rata de la vecina. Las ratas descansan sobre la fundacion de concreto.

El crisol está revestido interiormente con ladrillos de magnesita i puede reemplazarse por otro en caso de accidente.

La chaqueta es de acero i está enfriada por una cañería de agua de 0,05 m. que llega al centro de la chaqueta i sale por la parte superior. Hai una sola hilera de chaquetas de 2,89 m. de altura.

Consume 500 m. cúbicos de agua en 24 horas.

El aire, bajo una presión de 20 a 25 onzas (3 lbs. por 0,000645 m. cuadrado) penetra al interior del horno por ocho toberas de acero de 0,127 m. de D. interior. El aire llega a las toberas por un cañon de acero de 0,41 m. de D., cañon que hace las veces de caja de viento.

Para separar el eje de la escoria i del cobre metálico, sangran todo junto en ante-crisoles movibles sobre ruedas. Ahí se enfria la masa i con un combo separan los productos, que se colocan por orden de densidad.

El orificio de salida que permite esta manera de sangrar, está a un nivel inferior al que tiene el orificio por donde se escapan fuera del horno los productos líquidos; hai, por decirlo así, dos vasos comunicantes.

El piso de carga es metálico i está a 3,35 m. sobre el nivel del centro de las toberas. La puerta para cargar el horno tiene 1,07 m. de altura. El combustible empleado es el coque metalúrgico.

El sombrero del horno es de fierro i está mantenido por dos contrapesos.

Este horno funde 5 a 10 T. en 24 horas.

HUMOS.

Los humos salen del horno por una gran chimenea horizontal i bajan a una cámara de sacos de grandes dimensiones de donde se van a la chimenea que tiene 25 m. de altura, 1,40 m. de diámetro exterior i 0,90 de D. interior, toda forrada con fierro.

La chimenea horizontal tiene 5 buzones donde empiezan a depositarse las partículas metálicas que arrastran los humos. Este polvo concluye de depositarse en la cámara de sacos. La importancia de

esta pérdida en metal era digna de preocupacion i con los dispositivos adoptados han logrado reducirla considerablemente. El cobre recuperado en los buzones i en la cámara se reduce a briquetas i vuelve a ser fundido.

El cloruro cuproso fundido en briquetas en el horno de manga forma una especie de lana filosófica producto de su volatilizacion que es mui liviano i que se deja arrastrar por los humos. Las pérdidas se debian pues al arrastre mecánico i a la volatilizacion del cloruro de cobre.

DIMENSIONES DEL HORNO.

Al nivel de las toberas, el horno tiene interiormente 1,02 m. de ancho por 1,52 m. de largo.

Las murallas refractarias del horno son de 0,23 m. i están formadas por ladrillos de sílice. El revestimiento exterior que le da solidez al horno i que disminuye las pérdidas de calor por radiacion está constituido por una muralla de ladrillos ordinarios de 0,23 m. de grueso, revestida con una camisa de fierro. El crisol i las sangrías están revestidos con ladrillos de magnesita. El ancho exterior del horno, encima del piso de carga, es de 2,23 m. de ancho por 2,44 m. de largo. El horno tiene tres sangrías de las cuales sólo se usan dos.

Al lado del piso de carga hai un ascensor que sube los ejes, briquetas de mineral, el coke, etc., hasta la altura del piso de carga.

El water-jacket produce cobre de 98 %, ejes de 50 % i escorias. Este cobre se vuelve a fundir en el horno de reverbero para hacer granallas i anodos solubles.

CLORURO CUPROSO.

Como lo veremos mas adelante, este producto se beneficiará electrolíticamente. Hasta hoi, lo mezclaban en un departamento especial, con carbonato de cal natural i aserrin, productos que sometian en seguida a una prensa que los comprimía i amoldaba en forma de briquetas. Una vez secas, las introducian al horno de manga mezcladas con carbon. La seccion donde se hacia esta mezcla disponia de: chanchos para moler, cachos montados en cade-

nas sin fin para subir los productos, hélices para mezclar los componentes, etc. La fuerza motriz en esa seccion la proporcionaba un motor de induccion de 50 H. P.; 500 V.; 730 r. p. m. El cloro del cloruro cuproso se combina con la cal viva proveniente del calcáreo, que se descompone en cal i gas carbónico, i forma, a esa alta temperatura, clorato i cloruro de calcio, sustancia esta última que funde a 720° i que pasa a la escoria.

Las cenizas del coke i las impurezas del cloruro de cobre i de la cal, como tambien la alúmina, magnesia, potasa, etc., pasan parte al eje i parte a la escoria. El cobre en el eje queda en gran parte mezclado físicamente. El carbonato de cal, puesto en la estación de Chuquicamata, les cuesta \$ 15 la T., con una lei de 90%.

LECHO DE FUSION.

Una composicion del lecho de fusion era la siguiente: briquetas (100 partes de cloruro cuproso, 40 partes de cal i 40 partes de aserrin), 31,600 T.; ejes 5,925 T.; escorias 17,400 T.; óxido de fierro (mineral) 1,540 T.; coke 11,200 T., lo que hace un total de 67,665 T.

El cobre que sale del primer horno de reverbero se recibe, ya en un gran crisol que la grúa trasporta al otro extremo de la fundicion donde lo emplean en hacer granallas o anodos solubles o ya en una lingotera circular Walker.

LINGOTERA CIRCULAR WALKER.

Se compone de 10 lingoteras, para 10 lingotes cada una, colocadas en círculo. El maquinista situado en el centro las hace jirar mediante la accion de un motor de 4 H. P.; 500 V.; 755 A. Mientras la sangría llena con cobre las lingoteras por un lado, en el lado opuesto los lingotes caen automáticamente al agua, donde una cadena sin fin de 2,50 m. de ancho, sumerjida en la misma agua, los saca afuera mecánicamente i los deposita en los carritos que llevan los lingotes fuera de la fundicion. La cadena sin fin está accionada por un motor eléctrico de 2 H. P. i 960 r. p. m. en plena carga. El agua está permanentemente enfriada por un ventilador que da 14 m. cúbicos de aire por minuto acoplado a un motor trifásico de 7,5 H. P. i 7,7 A.

Para evitar la adherencia del cobre con la lingotera, se le da a esta última, por medio de una bomba a aire comprimido, una mano de lechada de cal.

AMOLDADORA CIRCULAR WALKER PARA ANODOS.

Se encuentra vecina al segundo horno de reverbero. Análoga a la anterior con la diferencia que, en vez de amoldar lingotes, amolda anodos solubles para la electrolisis. Está accionada por un motor trifásico de 2 H. P. i 500 V.

Por un lado recibe el cobre del horno i despues de jirar media vuelta el anodo se levanta automáticamente para dejarse engarfiar por una grúa especial a aire comprimido que lo saca de la amoldadora i lo deposita dentro de un estanque de fierro donde se enfría en contacto con el agua.

CILINDRO PARA HACER GRANALLAS.

Consiste en un simple cilindro de fierro, casi lleno de agua, donde vacian el cobre líquido para darle la forma de granallas. Al vaciarlo choca primero contra una tabla que divide el chorro que cae en seguida al agua.

GRÚAS.

Vecina al primer horno hai una grúa a aire comprimido que jira alrededor de un eje vertical. Sirve para colocar al alcance de las grúas que recorren todo el taller, el recipiente con escorias que se estraen del horno de reverbero.

Las dos grandes grúas eléctricas levantan 10 T. de peso cada una i pueden trasportarlas hasta 100 m. fuera de la fundicion. Cada una tiene: dos motores para levantar pesos i dos motores para el movimiento horizontal, lonjitudinal o trasversal.

PRESA A AIRE COMPRIMIDO.

Está al lado del primer horno de reverbero. Sirve para hacer lingoteras de cobre destinadas a renovar las que se destruyan en la lingotera circular Walker. Recibe el cobre de una sangría *ad-hoc* del primer horno de reverbero.

TENEDOR ELÉCTRICO MORGAN.

Es una gran grúa situada en el costado por donde se cargan los hornos. Levanta hasta 2 265 kilos del cobre por fundir, que llega en carritos planos Decauville, por medio de un tenedor de 5 m. de largo i los introduce i distribuye en un lugar conveniente dentro de los hornos de reverbero, mientras están encendidos. Esta grúa tiene movimiento en todo sentido i funciona con dos motores de induccion de $7\frac{1}{2}$ H. P. cada uno, 9-6 A.; uno de ellos acoplado a un freno de selenoides. Tiene ademas un motor de 25 H. P., i 5 manubrios que permiten al maquinista darle el movimiento que él desea.

TALLER MECÁNICO.

La fundicion dispone de un tallercito mecánico donde se repara el material i donde se hacen los alambres de cobre cuya conductibilidad se ensaya en el Laboratorio de que ya he hablado. La fuerza motriz para este taller la suministra un motor trifásico de 25 H. P.; 500 V.; 485 r. p. m. en plena carga. La maquinaria de este taller se compone de: un taladro, una fragua, un banco mecánico, una bigornia, un molejon, una sierra para cobre i de dos maquinitas para hacer alambres de cobre.

BOMBITA.

Una bombita acoplada a un motorcito de 1 H. P. i 1,35 A. introduce el petróleo en los hornos de reverbero.

DEPARTAMENTO DE VENTILADORES I COMPRESORES.

Este departamento es el que comprime el aire para: el horno de manga, el ascensor, los hornos de reverbero, las locomotoras de aire comprimido, tiraje de la chimenea, etc. Ocupa un espacio de 14,98 m. de largo por 9,14 m. de ancho.

Dispone de:

2 ventiladores cicloidales que envían 0,934 m. cúbicos de aire por segundo al horno de soplete por una cañería de 0,51 m. para producir la temperatura necesaria a la fusion de la escoria i del metal. Los ejes de estos ventiladores están a 4,57 m. de distancia de los ejes de los motores de induccion de 120 H. P. cada uno, 130 A. i 580 r. p. m., que los accionan. En jeneral uno de

estos ventiladores funciona mientras el otro permanece de repuesto;

Un compresor de simple efecto, de dos cilindros, que envia aire bajo una presion de 1 kilo por centímetro cuadrado, por una cañería de 0,20 m. de D., accionado por un motor eléctrico de 120 H. P.; 130 A.; 580 r. p. m.;

Un compresor de doble efecto que comprime el aire a 7 kilos por centímetro cuadrado, accionado por un motor trifásico de 120 H. P.; 130 A.; 380 r. p. m., envia el aire por una cañería de 0,10 m. a juntarse en una cañería de 0,20 m. con el aire de un compresor Ingersol Rand, de doble efecto que comprime el aire a 7 kilos por centímetro cuadrado; accionado este último por un motor de induccion de 10 H. P., 950 r. p. m. El aire de estos dos últimos compresores va a un depósito cilíndrico de fierro destinado a producir una insuflacion regular.

La camisa del cilindro de cada compresor o ventilador está enfriada por el agua que llega por una cañería comun de 0,10 m. Hai otra cañería de 0,10 m. comun a los mismos compresores i que sirve para el escurrimiento del agua tibia.

Los cimientos de los dos ventiladores tienen 3,04 m. por 1,12 m. i cuatro pernos de 0,0222 m. para afianzarlos. Los motores que las accionan están sujetos cada uno por cuatro pernos de 0,0285 m.

El compresor horizontal de simple efecto está sujeto por 17 pernos de 0,025 m. i su motor por 4 de 0,0285 m. Distancia de eje de motor a eje de compresor: 2 m.

El compresor de 7 K. está afianzado por 17 pernos de 0,0254 m. i su motor por 4 de 0,0285 m. Distancia de eje a eje: 2 m.; motivo por el cual hai una polea suplementaria para hacer tomar mayor perímetro a la correa.

El Ingersol Rand tiene 17 pernos de 0,0254 i su motor 4 de 0,0285 m. Distancia de eje a eje: 2 m. con polea suplementaria:

Los agujeros de la fundacion tienen 0,10 m. de diámetro i 0,68 m. de hondura. Ese espacio se rellena con cemento despues que la máquina está colocada en su lugar. El perno sobresale 0,10 m. encima de la fundacion. La cabeza del perno queda enterrada 0,23 m. mas abajo del fondo del agujero, es decir 0,91 m. bajo el nivel de la fundacion.

Recientemente han colocado en este departamento un motor

de 18 H. P.; 220 V; 60 A; 650 r. p. m. acoplado sobre el mismo eje con un dinamo de corriente continua de 10 KW. 50 V; 200 A; 650 r. p. m. A ese grupo lo hace funcionar un motor de induccion de 500 V; 30,5 A; 25 H. P. con su resistencia de agua de tres discos, ampermetro, reostato, etc.

La corriente continua del dinamo llega al extremo de una barra que produce un corto circuito al aplicarla en el agujero de sangría del horno de manga, por cuanto al otro polo está conectado con la armadura del horno.

PETRÓLEO.

Fuera de la fundicion hai cuatro estanques para depositar el petróleo que se emplea en este departamento.

TRANSPORTES.

Las naves laterales de la fundicion poseen dos líneas Decauville por donde entran las locomotoras a aire comprimido que acarrean el cobre i briquetas por fundir i salen con los lingotes que se esportan o con los anodos solubles que van a la electrolisis.

ELECTROLISIS

Ocupa un galpon de 164,58 m. de largo por 48,80 de ancho. Esta seccion dispone del material siguiente: 6 hileras de baños de concreto reforzado, revestidos interiormente con mastic (de asfalto i arena) i con una banda de ladrillos de loza a la altura del ácido.

Cada hilera consta de 96 baños colocados en 6 grupos de 16 baños cada uno; salvo la primera hilera que tiene 5 grupos de 16 baños i uno de 10 baños.

Los 16 baños de cada grupo están colocados en cascada para que la solucion pueda correr por gravedad desde el primero hasta el dieciseis avo.

Cada baño tiene 5,8 m. de largo, 1,42 m. de alto, i 1,22 m. de ancho interiormente i contiene 39 anodos i 37 catodos.

ANODOS DE MAGNETITA.

Cada anodo está constituido por 5 prismas rectangulares huecos, con aristas ochavadas, de magnetita, colgados i soldados en una barra de cobre horizontal. Estos anodos fundidos en horno eléctrico, son privilegio esclusivo de la Chemische Fabrik Griesheim Electrom de Frankfurt (Alemania). Cada prisma esta revestido interiormente con una capa de cobre electrolítico destinada a conducir la corriente, cobre que termina en la parte superior con un anillo soldado del cual se desprenden dos láminas que lo mantienen en coleccion con la barra horizontal por donde entra la corriente al baño. Ademas están tapados en la parte superior con una mezcla cuya composicion daré mas adelante. Cada anodo completo vale 5 libras esterlinas.

ANODOS DE ACERO FUNDIDO ESPECIAL.

Estos tienen tambien la forma de un prisma rectangular; son macizos, de aristas ochavadas, soldados a la barra horizontal por medio de dos alambres de cobre que han sido colocados en el molde al fundir el anodo. Estos anodos son privilegio esclusivo de una firma norteamericana.

ANODOS DE COBRE SOLUBLE.

Son de cobre fundido de 2,5 cm. de grueso. Sólo se emplean en el departamento donde se fabrican hojas de cobre que sirven de catodos en la estraccion del cobre contenido en la solucion de sulfato que se somete a la electrolisis.

CATODOS DE PLOMO.

Se emplean para depositar sobre ellos las hojas de cobre que sirven de catodos.

CATODOS DE COBRE.

Son las láminas estraidas de las planchas de plomo.

COMPOSICION DEL ELECTROLITO.

Ya hemos dado el análisis de la solucion que entra en la electrolisis. Esta lleva alrededor de 50 grs. de cobre por litro i como

unos 25 grs. de ácido sulfúrico libre por litro, en los estanques para extraer el cobre de la solución; i 150 grs. a 200 grs. de cobre por litro i 50 a 60 grs. de ácido sulfúrico libre por litro, en los estanques donde se extrae el metal del anodo soluble.

La presencia del ácido sulfúrico favorece la pureza del depósito al mismo tiempo que disminuye la resistencia del baño. En el primer caso, con 19,38 grs. de ácido sulfúrico libre por litro se encontró en Chuquicamata una resistencia de 9,62 ohms. por centímetro cúbico. Con 64,55 grs. de ácido sulfúrico por litro se encontró una resistencia del electrolito de 4,92 ohms. por centímetro cúbico, pero en gran exceso este ácido retarda la precipitación del cobre i en consecuencia exige un gasto de energía suplementaria. Para que el ácido permanezca homogéneo i de composición constante, se le mantiene en movimiento. Para asegurar esta circulación, los estanques están dispuestos en cascadas i los deventeros permiten el escurrimiento continuo de 103 lts. por minuto de un estanque al siguiente.

DISPOSICION DE LOS ELECTRODOS.

Los anodos están colocados paralelos a los catodos i conectados en cantidad dentro de un mismo baño. La corriente entra al baño por todos los anodos a la vez i sale del baño por todos los catodos a la vez, después de haber producido su efecto químico en el electrolito. Del primer estanque la corriente pasa al segundo de la misma manera, i así sucesivamente por la serie de 16 baños establecidos en tensión.

DISTANCIA ENTRE LOS ELECTRODOS.

La distancia entre los electrodos de centro a centro es de 0,146 m. Hai interés en aproximar los electrodos lo mas posible para disminuir la resistencia del electrolito, i por consiguiente, la fuerza electromotriz entre los electrodos. Pero, al mismo tiempo, hai que dejar el espacio necesario para evitar cortos circuitos producidos por el depósito acoliflorado.

CALENTAMIENTO DEL BAÑO.

Los baños donde se hacen las hojas-catodos se mantienen a

40° C, los otros a la temperatura normal, salvo el calentamiento producido por los cortos circuitos que llegan hasta hacer hervir la solución i aun, raras veces, llegan a derretir el asfalto con que están revestidos interiormente los baños. La elevación de temperatura, por otra parte, disminuye la resistencia del electrolito, en un dos por ciento por cada grado centígrado.

DENSIDAD DE LA CORRIENTE.

En los estanques para catodos la intensidad se mantiene a 14,08 A. por 0,0929 m. cuadrado de superficie de catodo i en los estanques para soluciones a 15 A. por 0,0929 m. cuadrado de superficie de catodo. En el primer caso, se deposita una hoja de cobre de 1 milímetro en 20 horas; en el segundo caso, una hoja de 18 milésimos de milímetro por hora, aproximadamente.

El primer procedimiento permite utilizar la energía producida por la disolución del anodo en el electrolito, motivo por el cual exige menor consumo de fuerza motriz. La descomposición del sulfato de cobre absorbe 28,4 calorías o el equivalente, lo que representa una energía de 1,03 k.w. por kilo de metal reducido. El segundo caso exige esta cantidad de energía aumentada del trabajo correspondiente al calentamiento del baño. En el primer caso, la disolución del cobre anódico por el ácido regenerado en la electrolisis, restituye enteramente 28,4 calorías por equivalente, de manera que el único gasto para obtener el depósito de cobre sobre el catodo es el efecto Joule.

ENERGÍA CONSUMIDA.

En la precipitación del cobre de la solución se emplea un K.W. día por cada 10,37 kls. de cobre electrolítico.

En los estanques para hacer catodos se gasta un K.W.-día para precipitar 93,7 kls. de cobre en láminas.

Empleando corrientes de mayor intensidad, la rapidez del depósito crecería proporcionalmente al número de amperes, pero la fuerza necesaria para depositar diariamente una tonelada de metal crecería en proporciones mayores aun.

ÁCIDOS I CUERPOS ESTRAÑOS.

La presencia del ácido nítrico en el baño es un tanto perjudicial i mas aun cuando el electrolito se calienta por alguna causa extraña; pues entónces ese ácido ataca enérgicamente al cobre catódico i deshace el trabajo efectuado por la corriente, produciendo una pérdida de enerjía. Los sulfatos básicos de fierro se trasforman durante la electrolisis en sulfatos ácidos, pero no atacan al cobre catódico por encontrarse en pequeñas cantidades.

Gracias a que el mineral de Chuquicamata es relativamente puro, la electrolisis se efectúa sin grandes dificultades, con un gran rendimiento de la corriente empleada i a un costo que llamaria la atencion si se le comparara con cualquier otro procedimiento de los empleados en Chile para estraer el cobre de los minerales.

REJENERACION DEL ÁCIDO.

Una de las grandes ventajas de la electrolisis es la rejeneracion del ácido sulfúrico empleado en disolver el mineral, al mismo tiempo que precipita el cobre casi químicamente puro lo que le ha merecido el sobre precio de que goza en el mercado.

La accion principal de la corriente eléctrica en el electrolito es romper el equilibrio en que se encuentran los iones, conduciendo el cobre hacia el catodo i el radical SO^4 hácia el anodo donde produce reacciones secundarias.

El cobre se deposita en el catodo i el radical SO^4 se va al anodo, donde no encontrando otra sustancia que atacar que el agua misma, la descompone i se apodera de las dos moléculas de hidrójéno que le faltaban para formar ácido sulfúrico. Este ácido diluido no ataca practicamente al cobre catódico.

Estas acciones secundarias de los aniones, ventajosas en cuanto rejeneran el ácido sulfúrico, perjudican gravemente al producirse con el nitrato de cobre que contiene el electrolito, pues, tambien rejeneran el ácido nítrico. Este último, aun diluido, ataca el cobre depositado sobre el catodo i deshace en parte el trabajo efectuado por la corriente eléctrica. Por este motivo, cuando la solucion está mui cargada de ácido nítrico no se tiene otro remedio que estraerle todo el cobre i escurrirla en seguida en el estero seco de que ya he hablado.

El ácido nítrico proviene en gran parte del 0,05% que contiene el mineral superficial.

Por cada 10 000 T. lixiviadas, entran diariamente 5 T. de ácido nítrico en solución.

Este ácido se va acumulando i a la larga, perjudica. Esta dificultad durará hasta que hayan explotado el mineral superficial.

PRECIO COSTO DE LA EXTRACCIÓN ELECTROLÍTICA DEL COBRE.

Tomando en consideración: la fuerza motriz, la amortización del material, la mano de obra, vigilancia de los baños, fabricación de catodos, compra de anodos, gastos generales, interés del cobre invertido i suponiendo una marcha continua, el precio de elaboración de una tonelada de cobre electrolítico se calcula en \$ 330 en este departamento.

DISTRIBUCIÓN DEL ÁCIDO EN LOS ESTANQUES.

Los estanques están dispuestos de manera que se adapten a las necesidades del servicio. Tan pronto se usan 32 estanques para fabricar planchas catódicas como 48 o más. Normalmente deben ocuparse 448 estanques en la electrolisis de la solución; 32 en la elaboración de catodos i 30 estanques en agotar el cobre en las soluciones demasiado impuras, es decir, cargadas de sustancias extrañas. Estas aguas madres, una vez extraídas los 15 grs. de cobre por litro que contienen, son evacuadas hacia el estero seco donde se infiltran. Los ácidos se neutralizan ahí en contacto con el carbonato de cal del lecho del río. Este tiene gran ley de cal al punto que puede aprovecharse como yacimiento de piedra caliza. La línea granítica, visible desde Chuquicamata a Calama, corre a poca distancia de dicho estero.

CLORURO CUPROSO.

Durante mi permanencia en Chuquicamata se empleaban 32 estanques en beneficiar el cloruro cuproso en la forma siguiente: se disolvía el cloruro en una solución saturada de cloruro de sodio i se precipitaba en seguida por fierro viejo, constituido por sunchos, tarros, baldes, etc. El cemento proveniente de la precipitación se

emplea mezclado con granallas de cobre en precipitar cloruro de la solución que pasa por los estanques descloruradores. Este procedimiento daba muy buenos resultados, i evitaba así el desprendimiento de humos con cloro de que se quejaban los obreros de la fundición.

El cloruro de sodio casi puro cuesta \$ 20 la tonelada puesto en Chuquicamata.

Antes de regresar a Santiago preparaban en este departamento los baños necesarios para beneficiar el cloruro cuproso por medio de la electricidad. Los diafragmas para separar los electrodos eran hechos con un cartón especial mantenido dentro de un marco de madera.

VOLTAJE.

La fuerza electromotriz empleada en la casa electrolítica es de 2,44 V.; i en los estanques para hacer catodos es de 0,35 V.

ESTANQUES.

Estos no se apoyan directamente sobre el suelo sino sobre pilares que permiten inspeccionar e impedir infiltraciones si llegaran a producirse. Debajo de los estanques corren los canales de cemento revestidos con asfalto, por donde se escurre la solución semi-descostrada. Esta solución cae en estanques vecinos a la casa de bombas de donde se achica el ácido a los estanques almacenadores de que ya he hablado.

FABRICACION DE CATODOS.

En esta sección los anodos están constituidos por planchas de cobre fundido; los catodos por planchas de plomo especiales donde se deposita una capa de cobre de un milímetro de espesor mas o menos en 24 horas.

La grúa eléctrica, capaz de levantar 10 T. de peso, que trabaja en esta nave del edificio, puede sacar 18 catodos del baño i depositarlos encima de dos barras paralelas donde los obreros extraen con herramientas especiales, la lámina de cobre depositada en cada lado de la plancha de plomo. Para facilitar esta operación la plancha de plomo tiene una canalcita a 1 cm. de la orilla, en todo su perímetro.

VENTAJAS DE LOS ANODOS EMPLEADOS.

Los anodos de magnetita i de acero-silicio, tienen, sobre los otros conocidos, la ventaja de no polarizarse.

LADRILLOS DE LOZA.

La corrida de ladrillos de loza de cada baño, a la altura del nivel del electrolito tiene por objeto impedir que el aceite mineral con que se recubre el ácido, ataque el revestimiento de asfalto i arena del estanque. El aceite mismo tiene por objeto impedir que los gases que se desprenden en la descomposicion química del electrolito, arrastren partículas infinitamente pequeñas de ácido que podría molestar a los obreros durante su trabajo, cuando la intensidad de la corriente subiera por cualquier causa estraña.

GRÚAS.

En la primera nave del galpon hai dos grúas para levantar 10 T. cada una. En las dos naves siguientes hai una grúa de la misma capacidad en cada una. Estas se emplean en sacar de los baños los catodos de cobre una vez que están listos para lavarlos i trasportarlos a la fundicion. Cada catodo se estraee separadamente por medio de una cadena con gancho que se introduce en el baño i se engarfa en la grúa. Cada grúa está provista de dos motores trifásicos de 30 H. P. i uno de 5 H. P.

DISTRIBUIDORES (Green Distributer).

En el galpon de electrolisis hai seis distribuidores para seis circuitos cada uno. Estos reparten la solucion desprovista de cloruro que viene de la casa descloruradora. Están patentados en Chile.

ACCESORIOS.

El primer grupo de diez baños falta en las tres últimas hileras. Ese espacio está ocupado por:

Una máquina movida a pie para recortar los catodos de cobre hechos en este departamento;

Una máquina para poner las orejas de 0,076 m. de ancho que llevan dichos catodos: movida por un motor eléctrico de 3 H. P.; 3 A.; 550 V.; 1 800 r. p. m.;

Una máquina engrasadora automática que se usó como espe-
riencia mientras se encontraba la mejor manera de fabricar catodos;

Escobillones de jénero i de acero para limpiar las barras que
mantienen los anodos en los baños, accionados por un motor de in-
duccion de 3 H. P.;

Una grúa fija a aire comprimido para introducir las barras en
el estanque desengrasador.

CIRCUITO DE 10 BAÑOS.

Este sirvió para hacer pasar una solucion que contenia 16 grs.
de cobre por lt. solucion que se escapó con dos grs. por litro.

En jeneral, la solucion que sale de los estanques electrolíticos
lleva 15 gramos de cobre por litro. No se sigue mas adelante con
la estraccion del cobre de la solucion porque éste sale esponjoso
ademas que el consumo de corriente es exajerado en los últimos
momentos.

MOTORES TRIFÁSICOS DE LA PLANTA

Gracias a las notables propiedades de las corrientes trifásicas
la jeneralizacion de la electricidad en Chuquicamata presenta el
mayor interes i ha permitido con una estacion jeneradora única
ubicada en Tocopilla, su distribucion en todo el yacimiento minero
situado a 140 Km. de distancia. Esta corriente se distribuye en la
planta por medio de doscientos cincuenta i seis motores de induc-
cion con un consumo de fuerza de 30 113 H. P., distribuidos, en
parte, en la forma siguiente:

Buzones: 4 motores de $7\frac{1}{2}$ H. P. en las correas cun- cunas, que hacen un total de.....	30	H. P.
Chancadores jiratorios: 1 grúa con 4 motores de 37, 30, 15 i 15 H. P.; dos motores de 120 H. P. i dos de 30 H. P. para las correas, los que ha- cen un total de.....	397	>

Quebradores de discos i de cilindros: 8 motores de 75 H. P.; 6 de 30 H. P.; 4 de 40 H. P.; 2 de 7½ H. P. i 3 grúas cada una con 3 motores de 30, 5, 5, los que hacen un total de	1 075	,
Torre Muestreadora: 1 de 75 H. P. i otra de 3 H. P. para moler las muestras, los que hacen un total de.....	78	,
Estanques de lixiviacion: en el puente chico 1 de 25 H. P. para la correa i otro de 20 para mover el puente; el puente grande tiene 1 de 75 para moverse longitudinalmente, 1 de 225 H. P. para moverse con los ripios trasversalmente, 1 de 305 para levantar ripios i 1 de 10 para el compresor que acciona el freno, total.....	750	,
Estanque almacenador de ácido: 2 de 10 H. P. i 1 de 15 H. P. que accionan compresores para mezclar las soluciones, total.....	35	,
Casa de bombas: 2 de 200 H. P.; 4 de 50 H. P.; 2 de 15 H. P. 1 de 7½ H. P. i 1 de 30 H. P. para el compresor de 900 libras que usan las locomotoras, total.....	667,5	,
Descloruracion: 22 de 50 H. P.; 2 de 5 H. P.; 1 de 5 H. P. en el filtro Oliver; 10 en el compresor de aire del Oliver; 1 de 50 H. P. para un compresor de aire de 100 lbs.; una grúa con 4 motores de 50; 50, 50; 5, total.....	1 330	,
Electrolisis: 1 de 7½ H. P. para la máquina engrasadora; 2 de 3 H. P.; 4 grúas con tres motores cada una de 30, 30, 5; i corriente continua de la Sub-estacion A. de 74 000 A. i 235-265 V. o sea 17 500 K. W. de los cuales envia actualmente sólo 40 500 A. por tres circuitos a 235 V. o sea 13 000 H. P. aproximadamente, lo que hace un total de.....	13 273,5	,
Casa de Bombas B; 2 de 25 H. P., total.....	50	,
Sub-estacion B: 1 000 kw. total.....	1 360	,
Maestranza: 27 motores a 220 V. total	417	,

Carpintería: 2 de 25 H. P., total.....	50	H. P.
Laboratorio: 1 de 5 H. P., 1 coneccion de 60 K. W. para las estufas, total.....	87	»
Lavandería: 7 motores con un total de.....	10	»
Pulpería: 2 de 2 H. P. total.....	4	»
Fundicion: 4 de 120 H. P. para ventiladores i compresores; 1 de 30 H. P. para el compresor de 900 libras para locomotoras; 1 de 40 H. P. en la chancadora de cal; 1 de 40 en el tenedor Morgan; 1 de 25 para hacer alambre; 2 de 4 H. P. en las lingoteras; 1 de 5 H. P. en el compresor para enfriar agua; 3 grúas con 4 motores de 100 H. P. en total cada una, lo que hace juntos.....	1 029	»
Luz eléctrica: 1 100 K. W. diariamente.....	1 500	»
Correas sin fin.....	600	»
Línea eléctrica al banco Druhmond donde hai un motor de 50 H. P. para achicar agua dulce. Esta línea se prolongará hasta San Salvador...	50	»

COSTO DE ESPLOTACION I BENEFICIO

Durante el mes de Agosto explotaron alrededor de 4 a 5 000 T. diarias de mineral con una lei de 2% de cobre. La planta actual está calculada i construida para 10 000 T. diarias. Los gastos no varian proporcionalmente entre las 5 i las 10 000 T. diarias, sino que aumentan mui paulatinamente, motivo por el cual seria inoficioso considerar el costo actual de la tonelada de cobre elaborado. Daremos, sí, un cálculo para 5 i 10 000 T. hecho por el Consultor Técnico de la Chile Exploration Company, Mr. Pope Yeatman:

Reserva de minerales hasta el 31 de Diciembre de 1912: 75 000 000 de T. con una lei media de 2,7% de cobre.

Explotando 5 000 T. diarias habria mineral para 41,6 años.

AVERIGUACION DEL INFRASCrito:

Reserva de minerales hasta el 31 de Agosto de 1915: 305 000 000 de T. con una lei media de 2% de cobre aproximadamente. Esplo-tando 10 000 T. diarias habria mineral para 85 años. Total de cobre elaborado en los 85 años: 6 100 000 toneladas que al precio de \$ 2 000 de 10 d. la tonelada de cobre electrolítico darian 12 200 000 000 (doce mil doscientos millones de pesos de nuestra moneda).

Pronto construirán dos unidades iguales a la actual, de modo que llegarán a beneficiar 30 000 T. diarias de mineral con una lei de 2% de cobre, o lo que es lo mismo, estraerán 540 T. de cobre electrolítico al dia, con un precio de 1 080 000 pesos (calculando una estraccion de un 90% del cobre contenido en el mineral i a \$ 2 000 la tonelada de cobre electrolítico de primera clase, cobre que hoi dia fluctúa alrededor de 2 600 pesos la tonelada).

CÁLCULO DE MR. POPE YEATMAN:

Planta para.....	10 000	5 000 T. por dia
Toneladas tratadas por año.....	3 600 000	1 800 000
Producto anual. . . .	180 000 000	90 000 000 libras de cobre
Beneficio (Vendien- do a 13 centavos oro americano la libra) 7 a 8 centa- vos americano por libra o sea.....	12 600 000	6 300 000 dólares

COSTO

Basado en una estraccion del 90% del cobre contenido en el mineral.

90% del mineral a 1,5% de Cu. o sea 90% de 15 kls. de cobre es igual a 13,5 kls. de cobre por tonelada de mineral.

90% del mineral a 2,75% de Cu. o sea 90% de 27,5 kls. de co-bre es igual a 24,75 kls. de cobre por tonelada de mineral.

	Por T. de mineral a 1.5%	Por lb. de cobre en el mineral	Por T. de mineral a 2.75%	Por lb. de cobre en el mineral
	\$	Cts.	\$	Cts.
Mina.....	0.400	1.481	0.400	0.808
Trasporte de mina a planta.....	0.100	0.370	0.100	0.202
Molienda i trasporte correas.....	0.200	0.741	0.200	0.404
Lixiviacion	0.170	0.630	0.200	0.404
10% sobre la lixiviacion por administracion i varios.....	0.017	0.063	0.020	0.040
Precipitacion electrolitica 34.59 dolars por ton. de 1,000 kilos.....	0.470	1.730	0.860	1.730
Costo total.	1.401	5.187	1.862	3 760
Trasporte a puerto (13.5 ch. por T. a 24.3: \$ 2.974 por T. de 1,000 kilos de cobre).....	0.040	0.149	0.074	0.149
Derechos de puerto, lo mismo que paga Braden \$ 1.19 por T. de 1,000 kilos de cobre metalico.....	0.016	0.059	0.029	0.059
Seguro del cobre ($\frac{3}{8}$ de 1% del valor, con cobre a 16 cts.: \$ 2.00 por T. de 1,000 kilos, mas 10 cts. por descuento de pesos en Europa) son \$ 2.10. Flete hasta Hamburgo (45 ch. por gran tonelada, a 24.3, son \$ 9.76 por T. de 1,000 kilos de cobre).....	0.132	0.488	0.242	0.488
Comision de venta, 1% de la venta, lo que equivale a 16 cts. de cobre,	0.043	0.160	0.079	0.160
	1.660	6.148	2.338	4.741
Amortizacion a 10%	0.166	0.614	0.233	0.474
COSTO TOTAL	1.826	6.762	2.571	5.215

El costo de extraccion i beneficio sobre 5,000 toneladas de minerales con 2% de cobre se estima en 6 cts. oro americano por lb. de cobre, sobre la base de un rendimiento de 90% del cobre contenido en el mineral.

De la mina

26

21

26

18

17

18

15

25

1

A la fundicion

A los cementos

LEYENDA

- 1 - PLANTONIA DE ACIDOS
- 2 - BUCONES PARA EL MINERAL
- 3 - TRANSFORMADOR SOBRE LOS BUCONES A LAS CHANCARRAS JIRATORIAS
- 4 - DEPARTAMENTO DE LAS CHANCARRAS JIRATORIAS
- 5 - TRANSFORMADOR SOBRE LAS CHANCARRAS JIRATORIAS A LAS CHANCARRAS SIMONDS Y DE BUELO
- 6 - DEPARTAMENTO DE LAS CHANCARRAS SIMONDS Y DE BUELO
- 7 - TRANSFORMADOR SOBRE EL DEPARTAMENTO DE CHANCARRAS SIMONDS Y DE BUELO A LA TOME DE MUESTRAS
- 8 - TOME DE MUESTRAS
- 9 - TRANSFORMADOR SOBRE LA TOME DE MUESTRAS AL PUENTE DE CARGA
- 10 - PUENTE DE CARGA
- 11 - BATAJAS DE LAVADO
- 12 - DEPARTAMENTO CENTRAL DE BOMBAS
- 13 - COMPARTAMENTOS PARA ALMACENAR LA SOLUCION
- 14 - PLANTA DE BOMBAS A PRESION Y DE ESTERILIZACION
- 15 - PLANTA DE BOMBAS DEL ESTANQUE DE PRESION
- 17 - ESTANQUE DE PRESION DEL DEPARTAMENTO DE LOS ESTANQUES ALIADOS
- 18 - DEPARTAMENTO DE LOS ESTANQUES ELECTROLITICOS
- 19 - TRANSFORMADOR DE LOS APUS
- 20 - SUB-ESTACION
- 21 - LINEA DE TRANSMISION
- 22 - ESTACION DE TRANSFORMACION DEL DEPARTAMENTO DE CHANCARRAS
- 23 - PALISADAS
- 24 - ALMACENES
- 25 - CARRITERAS
- 26 - HABITACIONES PARA OBREROS

ESTABLECIMIENTO DE CHUQUICAMATA

DE LA CHILE EXPLORATION COMPANY

PERSPECTIVA DE LA PLANTA DE LIXIVIACION PARA EL BENEFICIO DE LOS MINERALES DE COBRE

ÍNDICE

	Págs.
Prefacio.....	3
Resúmen	5
Situacion, Enerjía.....	7
Llegada de la corriente a la Sub Estacion A.....	9
Sub-Estacion B, Sub-Estacion C, Trasporte del mineral de las minas a la Planta.....	17
Entrada del tren a la Planta, Buzones para almacenar minerales.....	18
Chancadores jiratorios.....	19
Casa de quebradores de discos i de cilindros.....	20
Torre muestreadora.....	21
Estanques para almacenar ácidos diluidos.....	23
Estanques de lixiviacion.....	25
Lixiviacion	27
Ripios.....	32
Casa de bombas A.....	33
Planta descloruradora.....	36
Planta de ácido sulfúrico.....	41
Laboratorio	49
Maestranza	54
Detalles de la planta en elevacion.....	57
Carpintería.....	58
Lavandería.....	59
Pulpería, Hospital, Botica.....	50
Sanidad, Agua.....	61
Carbon, petróleo, animales, Fuerza motriz.....	62
Concesiones de agua.....	63

- Estudio sobre metalografía microscópica;
Informe sobre la posibilidad de irrigar la pampa del Tamarugal;
Informe sobre la zona mineral de Lagunas (Tarapacá);
Monografía minera de Pintados (Tarapacá);
Informe sobre la solfatará «San Antonio de Chaiviri» (Tarapacá);
Informe sobre el mineral de Copaquire o Sindicato Minero «El Tolar de Collahuasi»;
Informe sobre la posibilidad de encontrar petróleo en Tarapacá;
Datos sobre la «Société des mines de cuivre de Collahuasi, La Grande»;
Datos sobre la Compañía minera «Poderosa» de Collahuasi;
Compañía minera «Tarapacá» de Collahuasi;
Monografía minera del asiento mineral de Mocha, Tarapacá;
Informe sobre Collahuasi;
Informe i monografía de las minas de estaño de Zinnwald;
Procedimientos para la extracción del cobre de los minerales;
Procedimiento de conservación de la madera;
Estudio sobre Fotometría;
Informe sobre el beneficio de minerales de Chuquicamata.

Estudios practicados sobre el terreno:

- Punto para ubicar un sondaje en la pampa del Tamagural, cerca de Huara, con el fin de buscar aguas subterráneas. Se efectuó el sondaje por la Inspección de Minas i a 97 metros se encontró una abundante napa de agua, conforme a lo previsto;
- Puntos para sondajes en Peldehue (Colina). A los siete metros de hondura se encontró una napa de agua artesiana que brotó a mas de un metro de altura sobre el nivel del suelo;
- Informe en contra del pretil que se deseaba hacer en el río Copiapó. A pesar de esto, los vecinos lo construyeron. El río arrastró con el pretil;
- Base sobre la cual se debía ubicar el estanque para agua potable de Hualqui (Provincia de Concepción);
- Peligro de derrumbe, por abertura de grandes grietas en una ladera del río Mulchen, frente a la ciudad de Mulchen;
- Informe sobre las grietas i hundimientos del San Cristóbal;
- Informe sobre el supuesto carbon de Curicó;



Estudios preliminares sobre la zona carbonífera de Angol;
Ha desempeñado también una comisión de carácter reservado del
Ministerio de Relaciones Exteriores.
Mientras desempeñó el puesto de Mineralojista tuvo a su cargo la
clasificación de muestras del Museo Mineralógico de la Inspección.
A indicación del que suscribe se construyó el laboratorio que posee la sección de mineralojía.

Aquiles Concha S.

Ex-alu año de la Escuela Nacional Superior de Minas
de París

Jeólogo de la Dirección General de Obras Públicas



