

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA
QUIMICA Y MANUFACTURERA

“ MEJORAS EN LA EFICIENCIA DE LA TOSTACION DE SULFUROS DE COBRE EN HOR.NOS WEDGE ”

TESIS PARA OPTAR EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENEIRO QUIMICO

PRESENTADO POR:

JOSE ABELARDO GONZALES RIVERA

PROMOCION 1961

LIMA - PERU

* * *

A G R A A D E C I M I E N T O

Quiero hacer presente mi sincero y profundo agradecimiento al Ing^o Benjamin Jarufe Zedán por haberme orientado en cada una de las partes de que consta mi trabajo.

También hago presente mis reconocimientos por su valiosa colaboración a los Ings. A. Zuzunaga y O. Posadas igualmente a los directivos de la Cerro de Pasco Corporation por brindarme toda clase de facilidades para la publicación de éste trabajo.

A MIS PADRES:

"ALBERTO Y CAMILA"

I N D I C E

I.- INTRODUCCION

- A.- Objeto de la presente Tesis
- B.- Antecedentes
- C.- Breves datos estadísticos
- D.- Resumen del proceso general de la metalúrgia -
del cobre.

II.- TECNOLOGIA GENERAL

- A.- Estudio de la materia prima
 - 1.- Yacimientos y concentradoras; cobre secundario.
 - 2.- Recursos: agua, fuerza motriz y otros
- B.- Procedimientos Industriales
 - 1.- Tecnología de la tostación de los sulfuros de cobre.
 - 2.- Control de planta
 - 3.- Breve descripción del procedimiento industrial. (Esquema de elaboración cualitativo)

III.- INGENIERIA GENERAL

- A.- Cálculo del esquema de elaboración
 - 1.- Balances: a.- De materia
 - b.- De energía
 - 2.- Cálculos de diseño
 - 3.- Especificaciones del equipo
- B.- Plano de diseño de máquina.

IV.- ECONOMIA GENERAL

Ventajas de las mejoras en el sistema de tostación de minerales sulfurados en comparación con el actual.

V.- CONCLUSIONES

VI.- ANEXO

Apéndice: Planos y gráficos
Bibliografía.

CAPITULO I.

INTRODUCCION.

I N T R O D U C C I O N

A.- Objeto de la presente Tesis.-

La técnica de la metalurgia sobre los procesos de tostación y fundición de minerales sulfurados de cobre ha evolucionado principalmente en los países productores, así en el complejo metalúrgico de La Oroya, de la Cerro de Pasco Corporation, ^{Peru} se está aplicando la técnica de la tostación de la mezcla de los concentrados y minerales de cobre y fundentes en los hornos Wedge de su planta tostadora de cobre, cuyo producto en proceso llamado "tostado o calcina" luego se funde en los hornos de reverberos para pasar como mata negra a las convertidoras, del cual se obtiene el cobre blister de 97.6% de pureza que se moldea en ánodos para refinar.

Los ánodos de cobre blister se transportan por ferrocarril a la refinería de Huaymanta, situada a unos 3 kilometos al oeste de la fundición. Los productos refinados de 99.96 % de Pureza son cátodos de cobre, lingotes y barras, además sulfato de cobre. Los lodos resultantes del proceso de refinación regresan a la planta de Residuos Anódicos para la recuperación de Ag, Au, Selenio y Teluro, *Bi, Sb*

La finalidad de éste trabajo es hacer conocer en forma comprensible acerca de los fenómenos físicos y quím

2.

micos de la tostación y de las ventajas económicas de las mejoras propuestas en la producción y eficiencia de las operaciones con los mismos medios que contribuirán a mejorar el nivel de vida.

Las operaciones y procesos metalúrgicos que se llevarán a cabo en los tostadores de cobre con éstas mejoras darán un alto grado de eficiencia en la obtención de la calcina, de mejor calidad, más rica en cobre, finura adecuada que favorecerá su fusión en los hornos de reverberos, con un menor tonelaje tratado allí, mayor tonelaje tratado por horno Wedge, menor temperatura de operación, menor consumo de combustible, menos hombre-horas, etc.

La eficiencia viene a ser la capacidad para producir resultados con un mínimo de gasto de energía, tiempo, dinero, materiales, etc. Se mide por comparación de resultados.

B.- Antecedentes.-

1.- Importancia del Cobre.- El cobre es un metal clasificado dentro de los indispensables para el desarrollo de la vida del hombre dentro de sus diferentes actividades. En la industria se usa en la transmisión de energía eléctrica y en la fabricación de maquinarias para la misma. Por su propiedad de resistencia a la corrosión por aire, agua y ácidos débiles es imprescindible para ciertas partes de estructuras, como techos, canalones, fondos

de barcos, para utensilios de cocina, en tuberías y depósitos de plantas químicas manufactureras. El cobre es el principal constituyente de muchas aleaciones, especialmente el bronce (75% Cu y 25 % Sn.), latón (20 % Cu y 50 % Zn) niquelina (56 % Cu, 31 % níquel y 13 % Zn), etc. Los compuestos químicos como sulfatos, carbonatos, cianatos, tienen gran uso en las artes, así como fungicidas (caldo bordelés) y germicidas. En medicina son muy empleadas las suspensiones coloidales cupríferas con fines terapéuticos. Es el metal no férreo más importante por su utilidad como la extensión de su empleo y el que tiene más alta producción después del Fe y Al.

En Estados Unidos de Norteamérica está incluido en el grupo de metales estratégicos para los programas armamentistas de aquella nación y sujeto a riguroso control el gasto y las reservas.

La producción U.S.A. de 1,900 equivalía al 56 % de la total mundial, hoy en día equivale al 20%.

En Sudamérica, especialmente en Chile y Perú existen grandes yacimientos de mineral de cobre con 2% y que justifican la construcción de grandes instalaciones de beneficio, que debido al menor costo de la mano de obra permiten producir cobre a precios muy baratos. Las reservas del yacimiento que Chile Copper Company explota en Chuquibambilla se calcula en 950 millones de toneladas de una me-

na de 2.15 %.

En Africa los yacimientos más importantes están en Rhodesia con reserva calculada de 520 millones de toneladas de mena de 3.44 % y 4.66 % (Mufilira, Nehanga, Rhokana y Roan Antelope)

2.- Historia.- El cobre está dentro del corto grupo de metales conocidos y utilizados por el hombre prehistórico.

Es verosímil que el hombre conociera el hierro mucho antes que el cobre. El Fe se oxida fácilmente y se convierte en polvo en poco tiempo, es muy abundante y está -diseminado. El Cu. es muy resistente a la acción del oxígeno del aire y de la humedad y abunda mucho menos en la naturaleza. La obtención del Cu. es más difícil que la del Fe. El Fe, se separa de sus minerales a los 700°C como **masa** esponjosa y blanda, con martillo se le puede dar forma muy fácil; en cambio el Cu. exige temperaturas más altas que el hombre prehistórico no podía producir.

Hace 8,000 años los primitivos egipcios hacían cuchillos y armas de Cu, y hacia el año 2,750 A.de C. hacían caños y tubos. Los antiguos metalurgistas se dieron cuenta de que las aleaciones poseían mejores propiedades (se halló un espejo de bronce hecho probablemente en el año -1,800 A. de C.).

Los romanos obtenían el cobre de Chipre, primero se

conoció con el nombre de cyprium, de aquí derivó cuprum - (latín)- copper (inglés), kupfer (alemán), cobre (español) cuivre (francés) y el símbolo químico Cu.

El descubrimiento y la explotación de las minas de minerales de baja ley del oeste y suroeste de U.S.A. a principios del siglo XX inició la era de la minería de bajo costo en gran escala, y la introducción del procedimiento de flotación hizo posible recuperaciones elevadas con un costo bajo. Los métodos perfeccionados de extracción en las minas, los procedimientos de flotación, lixiviación y otros, han beneficiado mucho más a los productores importantes de mineral de baja calidad que a las minas más pequeñas y más ricas.

El Cobre en el Perú.- Abundantes utensilios y ornamentos de Cu. hallados en las ruinas preincaicas e incaicas indican que la población indígena peruana extrajo cobre desde antes del año 1,000. Aprovechó el Cu. nativo (Cora cora), especies oxidadas (Chuquicamata), benefició las sulfuradas y obtuvo bronce de temple de acero cuyo secreto nunca ha sido descubierta por la civilización europea (Prescott). El tratamiento metalúrgico de fundición lo realizaban en pequeños hornitos llamados "huayras" y el metal llegó a tener una pureza de 99 % de fino. Con los españoles importaron el Fe. que en esa época era de más ventajosa aplicación que el Cu. y durante los 3 siglos de

dominación desapareció prácticamente su laboreo. Al mismo tiempo el descubrimiento de grandes yacimientos de plata en Potosí, Cerro de Pasco, Hualgalloc, etc. influyó en el uso de éste metal en artefactos y ornamentos sustituyendo al cobre.

De 1,821 a 1,896 la situación no cambió. La producción de 1,896 á 1,902 fué de 36,280 toneladas métricas (en 1,901 fué 10,000 T.M.) y desde 1,903 se estableció la estadística minera oficial.

La metalurgia del cobre ha evolucionado pasando por grandes transformaciones desde los procedimientos más primitivos hasta los métodos actuales más perfectos, sólo cabe distinguir 2 procedimientos fundamentales para beneficiar los minerales cupríferos y son:

- 1.- El pirometalúrgico ó por vía seca.- Es el más usual porque fundamentalmente puede emplearse con todos los minerales de Cu, ésto no quiere decir que sea en todos los casos el más conveniente y el de más rendimiento comprende las siguientes fases:
 - a.-Tostación de minerales en hornos Wedge.
 - b.-Fusión de la calcina en hornos de reverbero
 - c.-Conversión de la mata negra en convertidoras
 - d.-Moldeo de mata blanca en máquina moldeadora de ánodos.

e.-Refinación del cobre negro en la refinera

2.- El Hidrometalúrgico o por vía húmeda.- En este procedimiento el mineral (óxido o un sulfuro tostado) es atacado por soluciones acuosas diluídas de ácido sulfúrico (agente lixivante o disolvente más usado) o de sulfato férrico. Estas soluciones diluídas se llevan los compuestos de cobre solubles en agua, pero los minerales de la ganga no son atacadas y el óxido de Fe. lo es ligeramente. Por filtración o decantación se separa el residuo insoluble de la solución de Cu, - se purifica la solución, y el Cu, se separa por precipitación química o por electrólisis. Este método tiene menos importancia en U.S.A.

En algunos casos se combinan ambos métodos.

TOSTACION

En la tostación se calienta el mineral en presencia de aire a una temperatura elevada sin llegar a la fusión, o cerca a la fusión incipiente, El azufre es oxidado y - parcialmente eliminado. El objeto de la tostación, además de la eliminación parcial del azufre en el mineral, es el de que la calcina o tostado se funda en los hornos de reverbero para obtener una mata que pueda tratarse en forma eficiente y económica en un convertidor. A menudo se pro

cura eliminar el arsénico y el antimonio en éste proceso de tostación porque separarlos aquí es más fácil y menos costoso .

Los sistemas de tostación ilustrarán sobre el mecanismo de la tostación:

1.- Tostación en Montón.-

Este procedimiento sencillo es el más antiguo, se realiza a la intemperie reuniendo el mineral en montones en forma de tronco de pirámide sobre una plataforma de madera, debe contener la suficiente cantidad de azufre o estar mezclado con combustibles sólidos desmenzados a fin de mantener la combustión por sí misma. Una vez iniciada continuará la tostación sin necesidad de aplicar calor exterior. La altura del montón varía con el contenido de azufre o combustible agregado, a mayor cantidad de azufre o combustible será menor la altura del montón a fin de disipar el calor con gran facilidad, pues una temperatura excesiva provoca la fusión de la masa.

La ventaja económica es su costo prácticamente nulo de instalación. Las desventajas son la lentitud del proceso, la contaminación ambiental por la libre formación de humos que no se pueden controlar ni eliminar como se puede hacer en una planta de tostación. Este sistema se ha abandonado en U.S.A. por el costo de la mano de obra. Además se evita la posibilidad de que los humos desprendi

dos produzcan daños en bienes y personas.

2.- Tostación en Horno Wedge.-

Los hornos para la tostación de los minerales de cobre han evolucionado a través del tiempo y por las características han tomado diferentes nombres y clasificaciones. El horno Wedge es un horno de varias soleras u hogares. Semejantes a él son los hornos Mc Dougall y Nichols-Herreshoff, que difieren sólo en detalles mecánicos secundarios.

El mineral de Cu, alimentado pasa a través de las soleras u hogares por la agitación de los rastrillos de los 2 brazos de cada piso tostándose y luego la calcina producida se va acumulando en las 2 tolvas de calcina del horno, lista para ser transportado y descargado al horno de reverbero por medio de carros.

3.- Tostación relámpago, instantáneo o de suspensión.-

En el funcionamiento de los hornos de varias soleras se observó que la mayor parte de la tostación se realiza mientras el mineral cae de una solera a otra, donde encuentra el aire caliente que asciende en el horno. Basándose en esto se ha ideado un procedimiento de tostación llamado "relámpago", instantáneo o de suspensión (flash), usando mineral finamente dividido y aparatos contruídos de modo que toda la tostación se realiza mientras las partículas caen a

través en contracorriente del aire caliente ascendente. El aire se calienta refrigerando los brazos del horno Wedge. Si bién un tostador relámpago puede tener una capacidad mucho mayor y tal vez conserve una proporción mayor - del calor, es probable que la pérdida sufrida por el polvo arrastrado por los humos sea grande.

C.- Breves Datos Estadísticos.

PRODUCCION MUNDIAL DE METALES EN TONS. CORTAS

<u>Minerales</u>	1 929	1936
Fe.	107,408,000	100'578,240
Cu.	2'104,110	1'836,480
Pb.	1'935,110	1'642,726
Zn.	1'621,230	1'646,786
Al.	298,000	394,700
Sn.	213,143	199,034
Ni.	62,300	98,400
Ag.	9,000	8,557
Au.	670	1,219

	1966	1967	1968	1969	1970
Cu.	5,677,787	5'458,338	5'919,656	6'460,052	6'853,928
Al.	7'766,328	8'519,063	9'085,551	10'103,237	10'968,317
Zn.	4'718,577	5'022,591	5'088,369	5'412,650	5'474,661
Pb.	3'106,677	3'209,611	3'262,812	3'572,820	3'746,246
En millones de onzas finas:					
Ag.	255	248	259	277	
Au.	45	46	46		
<u>Perú:</u>					
Fe	12'300,000	12'100,000	14'200,000	13'200,000	(56 % fino)
Cu.	194,439	211,612	222,675	219,141	233,749
Zn.	284,194	368,568	315,570	347,225	
Pb.	159,569	183,088	165,747	268,955	
En millones de onzas finas:					
Ag.	32.8	32.7	33.4	36.9	37.3
Au.	0.083	0.078	0.132	0.129	

El Perú produce el 15.9% de Ag. y el 2.8% de Au. del total mundial
 En cobre sólo el 3.4 %.

PRODUCCION DE CU. POR PAISES

(Miles de T. M.)

Años	1913	1918	1919	1921	1929	1932	1936	1937	1938
U.S.A.	557.4	865.7	583.3	229.3	931.1	231.8	557.9	757	502
Chile	40.2	85.8	63.9	55.7	216.8	103.2	256.2	413	351
Africa	25.4	31.1	31.4	38.6	156.5	140.8	246.9	378	359
Canadá	34.6	52.7	36.1	20.5	109.9	113.7	191.3	238	263
U.R.S.S.	43.0	5.0	---	---	25.8	30.7	83.0	93	98
Japón	73.2	95.8	81.9	54.1	75.5	71.9	73.8	76	77
Asía	0.5	---	---	---	8.0	9.5	29.8	43	54
México	52.8	75.5	60.5	12.3	78.7	34.1	32.6	47	41
Yugoes.	---	---	---	---	20.7	30.2	39.1	39	42
Perú	25.7	44.8	39.2	33.8	54.4	21.4	33.4	36	36
Esp-Port.	54.7	41.0	35.0	33.2	48.6	29.6	28.2	31	34
Alemania	25.3	15.1	15.8	19.0	29.1	30.9	31.0	33	32
Australia	47.3	33.8	16.4	18.9	14.5	15.0	18.4	20	20
Noruega	11.8	2.9	1.8	1.3	14.8	15.3	20.2	20	20
Cuba	3.5	12.3	10.0	7.8	14.3	5.9	11.6	13	13
Finlandia	---	---	---	---	4.5	6.4	10.5	13	13
Suecia	6.9	3.0	3.6	1.1	3.2	3.7	7.6	7	8
Terranova	---	---	---	---	---	0.1	---	7	5
Bolivia	3.7	4.0	7.0	9.7	7.0	2.7	1.8	3.7	3
Austria-Hungría	4.1	---	0.6	4.2	3.9	1.5	1.8	2	2
Otros	2.0	12.3	7.5	9.1	4.4	7.7	2.9	4	7
TOTAL.-	1002.3	1380.9	994.3	548.7	1921.6	905.5	1677.0	2272	1982

PRODUCCION DE COBRE POR PAISES EN TONS. DE 2,000 LBS

Años	1965	1966	1967	1968	1969	1970
E.U.A.	1'356,275	1'407,937	950,000	1'203,000	1'535,035	1'705,800
Canada	509,792	508,300	602,646	633,313	573,246	673,747
México	76,237	82,007	69,028	67,362	72,936	67,254
Cuba	6,600	6,600	7,000	7,500	7,900	7,900
Haití	6,500	11,007	8,700	4,966	6,591	5,344
Nicar.	10,881	10,763	11,259	8,166	4,861	3,339
Boliv.	5,215	6,285	6,991	7,632	8,832	9,759
Brasil	3,100	3,100	3,000	3,300	4,078	4,100
Chile	645,227	701,456	727,786	725,559	758,493	747,029
Perú	198,784	194,439	211,612	222,675	219,141	233,749
<u>T. Amér.</u>	2'818,611	2'931,894	2'598,022	2'883,473	3'191,113	3'458,021
Austria	1,678	2,043	2,101	2,310	2,524	2,420
Finlan.	32,760	29,774	31,704	35,329	37,002	33,693
Franc.	441	679	660	550	441	331
R.F. Ale.	1,184	1,386	1,369	1,475	1,749	1,404
Irelan.	-----	1,743	3,881	7,186	6,264	8,281
Italia	837	1,268	1,901	2,480	2,535	2,398
Noruega	16,574	16,333	15,932	18,492	23,307	21,988
Portug.	4,187	4,117	4,038	4,983	4,491	5,300
España	19,800	19,800	18,700	18,700	20,900	21,600
Suecia	17,402	16,736	16,781	20,076	27,778	25,000
Yugoes.	68,950	68,588	69,612	77,698	90,033	100,098
<u>T. Europ.</u>	163,813	162,458	166,679	189,279	217,024	222,513

Cyprus	21,515	27,269	16,755	23,777	20,789	20,765
India	10,400	10,583	10,085	10,846	11,073	10,744
Israel	9,126	11,194	10,432	11,334	11,776	13,918
Japón	118,020	123,104	129,903	132,201	133,515	131,632
R.Corea	978	929	1,053	1,260	1,466	1,807
Filipinas	69,806	81,303	94,573	121,556	144,871	176,694
Turquia	35,000	37,000	34,162	31,770	30,060	30,500
<u>T. Asia</u>	264,845	291,382	296,963	332,744	353,550	386,060
R. Congo	318,128	349,098	352,931	357,700	399,271	424,893
Rodesia	19,800	19,000	19,800	21,500	23,300	25,100
S.W.Afr.	32,007	37,597	32,865	32,592	30,214	30,483
Uganda	18,894	18,800	15,902	17,193	17,979	18,809
R.S.Afr.	66,640	137,400	140,583	141,351	139,095	164,469
Zambia	766,976	687,174	730,828	754,919	792,889	764,788
<u>T. Afric.</u>	1'222,445	1'249,069	1'292,909	1'325,255	1'402,748	1'428,542
Austra.	95,785	116,484	94,465	112,308	135,417	151,692
<u>T.F.W.</u>	4'565,499	4'751,287	4'449,038	4'843,059	5'299,852	5'646,828
U'R.Ss.	710,000	770,000	850,000	905,000	960,000	990,000
Bulga.	33,000	33,000	34,200	35,300	35,000	40,000
G.E.	22,600	20,800	22,000	22,000	22,000	22,000
Polon .	16,600	17,700	18,100	29,300	53,200	55,100
China	85,000	85,000	85,000	85,000	90,000	100,000
T.E.Sov.	867,200	926,500	1'009,300	1'076,600	1'160,200	1'207,100
Total en el Mundo	5'432,699	5'677,787	5'458,338	5'919,656	6'460,052	6'853,928

PRODUCCION DEL CU. EN EL PERU EN TONS. METRS.

1821-1895	3,720	1935	29,653
1896-1900	16,780	1936	33,352
1901	10,000	1937	35,702
1902	9,500	1938	37,529
1903	9,497	1939	35,616 Reinicia operaciones
1904	9,504	1940	43,965 (Northern Perú M.S.)
1905	12,213	1941	36,882
1906	13,474	1942	36,332
1907	20,482	1943	33,407
1908	19,854	1944	32,396
1909	20,068	1945	31,916
1910	27,374	1946	24,592
1911	27,735	1947	22,492 (350 refinado)
1912	26,969	1948	18,069
1913	27,776	1949	27,959
1914	27,960	1950	30,050
1915	34,727	1951	31,988
1916	43,070	1952	30,448
1917	45,176	1953	35,401
1918	44,414	1954	38,425
1919	39,230	1955	43,403
1920	32,982	1956	45,395
1921	33,282	1957	54,818

1922	36,408		1958	51,904	
1923	44,166		1959	50,537	
1924	33,938		1960	183,988	(S.P.C.C.)
1925	36,863		1961	197,517	
1926	43,842	Inicia (North.P)	1962	165,378	Productos Mineros y Metalúrgicos.
1927	47,758		1963	180,064	(24,380 + 155,684)
1928	53,028		1964	176,445	(23,710 + 152,735)
1929	54,365		1965	180,336	(21,181 + 159,155)
1930	48,205		1966	199,999	(50,056 + 149,943)
1931	46,094	Suspend. (N.P.M.S.)	1967	192,668	(30,846 + 161,822)
1932	21,516		1968	212,537	(25,684 + 186,853)
1933	24,874		1969	198,803	(29,689 + 169,114)
1934	27,735		1970	215,000	
(Sulfato de Cu - Ley -25.46 % fino)					

DATOS ESTADISTICOS DEL COBRE EN TONS. CORTAS (2,000 Lbs)

MUNDIAL	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Prod. Total	4'967,996	5'216,629	5'432,699	5'677,787	5'458,338	5'919,656	6'460,052	6'853,928
P. en Fund.	5'425,200	5'789,539	6'072,889	6'336,264	5'994,033	6'747,208	7'264,883	7'598,287
Consumo. T.	5'327,357	6'032,201	6'240,748	6'615,253	5'939,816	6'464,231	7'093,042	7'302,480
P. Refinado	-----	-----	-----	7'011,100	6'598,300	7'337,600	7'918,700	8'245,600
Cons. refin.	-----	-----	-----	7'075,500	6'723,400	7'125,300	7'799,200	7'862,900
<u>P E R U</u>								
Prod.Total	195,608	192,328	198,784	220,000	211,612	234,164	219,141	236,749
P. en Fund.	173,469	168,359	174,849	166,531	177,469	205,164	185,617	194,402
Consumo T.	-----	-----	-----	-----	-----	3,630	3,610	-----
P. Refinado	-----	-----	-----	39,900	39,500	42,600	38,000	39,600
Cons. Refi.	-----	-----	-----	3,800	4,000	4,100	4,200	4,400

- Producción total considerada refinado, blister, sulfato, concentrados y minerales de cobre
- Producción en fundición considera cobre refinado y blister
- Productos mineros a los concentrados y minerales
- Productos metalúrgicos al refinado, blister y sulfato de cobre.

Fundición de Cobre en el Perú.

Compañía	Situación de Trabajo	Capacidad Anual
Cerro de P. Corp.	La Oroya	400,000 Tons.cortas.
Southern Perú Copper C.	Ilo	500,000 " "

Refinería de Cobre en el Perú.

Cerro de Pasco Corp.	La Oroya	45,000 " "
----------------------	----------	------------

Producción de Cobre de las compañías principales en Tons. Cortas.

Años	C. de P. C.	<u>Huarón</u>	C. de P.C.
1962	37,938	5,290	125,018
1963	40,690	3,733	130,397
1964	39,751	4,565	125,935
1965	43,928	4,501	130,025
1966	38,809	3,810	124,674
1967	39,254	2,890	146,793
1968	52,532	3,278	151,289
1969	52,866	3,526	133,155
1970	49,553	2,341	148,003

(Contenido de cobre blister)

Valor Bruto de ProducciónEXPORTACIONMinero-Metalúrgico

Producto:	1,968		1,969		1,968		1969	
	Millón \$	%	Millón \$	%	Mil T.M.	Millón \$	Mil T.M.	Millón \$
Cu	212	45.9	270	50.1	199.8	232.9	210.4	277.4
Ag	73	15.8	61	11.3	1.0397	69.4	1.1182	60.0
Fe	69	14.9	70	13.0	5,421.7	65.1	5,853.8	69.7
Zn	45	9.7	46	8.5	323.8	38.4	313.2	40.6
Pb	32	6.9	38	7.1	155.5	30.7	162.1	35.5
Au	4	0.9	5	0.9	0.0009	1.0	0.0014	1.5
Otros metal.	16	3.5	17	3.2		15.0		13.5
No metálico	11	2.4	32	5.9	2,348*	5.7	2,310*	6.2
	462	100.0	539	100.0		458.2		504.4

Total

País

866

866

(* = petróleo y derivados en miles barriles).

Exportaciones de Cobre

Productos:	1,968		1.969	
	T. M. fino	Millones \$	T. M. fino	Millones\$
En minerales	3,268	3.08	2,938	3.2
En cemento			760	1.073
En concentr.	24,504	26.582	23,377	33.689
Barras blis.	138,978	163.551	145,250	196.499
Moneda Ag-Cu	1	0.001	0.5	0.001
Barras refi.	33,087	39.646	32,062	42,973
Total	199,838	232.859	210,386	277.435

Principales productores de Cobre en concentrados y minerales.

Empresas:	1,968		1,969	
	T.M.	% del total	T.M.	% del total
Southern	132,985	65.8	117,976	61.5
Cerro de Pasco	33,127	16.4	28,864	15.1
Northern	6,138	3.0	6,249	3.3
Huarón	2,664	1.3	2,930	1.5
Condestable	2,424	1.2	2,662	1.4
Pativilca	2,615	1.3	2,429	1.3
Cóndor	2,519	1.2	2,309	1.2
Cobre-Chapi	461	0.2	2,271	1.2
Cobre S. A.	1,419	0.7	2,163	1.1
Cochrane Velez	1,857	0.9	2,078	1.1
Puquiococha	1,570	0.8	1,438	0.8
Algamarca	1,050	0.5	1,364	0.7
Pacococha	1,420	0.7	1,304	0.7
Cobre Pampa-Con-				
doroma			1,083	0.6
Minsur	1,248	0.6	1,121	0.6
Santa Luisa			868	0.5
Millotingo			918	0.5
Buenaventura	905	0.4	792	0.4
Yauli	333	0.2	716	0.4
El Brccal	412	0.2	565	0.3
Minera Cerro	733	0.4	625	0.3
Corp. Min. Castro				
virreyna.	610.	0.3	579	0.3
Santander	336	0.2	412	0.2
Raura			366	0.2
Montoya Z			306	0.2
Chungar	450	0.2	223	0.1
Palca	303	0.2	218	0.1
Turmalina			244	0.1
Otros	6,430	3.3	8,595	4.3
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	202,009	100.0%	191,494	100.0 %

PRECIOS DEL COBRE

Año	<u>E.E.U.U.</u>					
	Exportación. USc/lbs.	Londres L/T.L.	USc/lb.	Perú U.S.A.c/libra Electro lítico	Blister	En concentra- dos.
1955	39.115	352.276	43.954	37.795	37.450	25.644
1956	40.434	329.081	41.256	39.114	35.864	26.291
1957	27.157	219.642	27.551	24.106	23.148	13.522
1958	24.123	197.846	24.773	20.715	20.350	12.900
1959	28.892	237.760	29.812	25.204	25.292	17.779
1960	29.894	245.959	30.828	26.536	25.016	20.814
1961	27.919	229.570	28.720	24.441	24.660	19.036
1962	28.514	233.985	29.329	28.797	25.642	19.435
1963	28.413	234.269	29.283	27.939	25.973	19.361
1964	30.985	351.065	43.758	30.951	28.182	21.284
1965	35.604	468.066	58.424	35.772	33.824	25.275
1966	49.512	554.999	69.203	48.139	45.722	37.648
1967	47.192	418.041	51.284	46.915	44.531	36.737
1968	50.294	525.301	56.130	49.653	45.133	33.128
1969	61.969	621.198	66.285	60.638	63.295	54.290

D.- Resumen del Proceso General de la Metalúrgia del Cobre.-

El concentrado y minerales de cobre y los **fundentes**, provenientes de las diversas concentradoras y minas se transportan en carros metaleros de diferentes capacidades por medio del ferrocarril y también por carros volquetes por carreteras hacia la Oroya, los cuales son pesados y muestreados para preparar la mezcla de cama de cobre de determinada composición química (standard). Los minerales, fundentes y productos recirculantes pasan por molienda antes de ir a formar la mezcla de cama por estratos. El transporte de la carga de los carros metaleros hacia las camas de cobre se hace por medio de fajas transportadoras.

La máquina recogedora traslada la carga de la cama de cobre hacia la faja y por el sistema de fajas se carga a las tolvas de alimentación de los tostadores de cobre de la planta, donde se realiza el proceso de la tostación con el objeto de eliminar parcialmente el azufre (de 28% en la alimentación a un 18% en el producto o calcina) y eliminar el arsénico de la carga, y obtener el producto tostado llamado calcina de económica fusión en el siguiente proceso de fundición en los hornos de reverberos y luego de conversión en las convertidoras. En cada horno de reverbero por el pecho de escoria en el nivel superior se elimina la escoria formada por los cuerpos que impurifican el cobre y se granulan en contacto con el agua a --

35 lbs de presión; mientras que por el pecho de mata en el nivel inferior se descarga la mata negra en tazas (13.5 ton. met. de cap.). éstas tazas de mata mediante grúas se carga a convertidoras y es aquí donde se escorifica el Fe. por adición de sílice, igual ocurre con el calcio, ésta es coria se retira de convertidoras en tazas (11 T.M.) de es coria que se cargan de regreso a los hornos de reverberos. El azufre de la mata blanca o de concentración de convertidoras se elimina por oxidación con aire a 15 lbs. de presión y 10,000 ó 20,000 piés cúbicos por minuto (convertidora chica ó grande respectivamente), obteniéndose así cobre blister o negro de 97.6%.

El cobre blister se moldea en la máquina moldeadora de ánodos para su exportación o refinación de cobre en Huaymanta a 99.6 % de pureza.

Los ánodos pesan 750 lbs. y son colocados en celdas **electrolíticas** para su refinación. De la fundición se transporta en carros de 96 ánodos de cobre ó sea 32 ó 33 T. M. El cobre depositado en los cátodos se funden y moldea en barras de 250 y 260 lbs. se hacen paquetes de 20 cátodos de 2 tons. (se cortan los cátodos de 70, 85 y 95 Kgrs. de peso de la 1ra., 2da. y 3ra. cosecha respectivamente) listos para la venta. Las propiedades del cobre son:

Peso atómico	63.57
Peso específico	8.94
Punto de fusión	1,083°C
Punto de ebullición	2,325°C
Coeficiente de expansión líneal	16.42 x 10 ⁻⁶ °C (10-100°C)
Resistencia específica (20-40°C)	1.683 microhmios-cm. 1.683 x 10 ⁻⁶ ohms-cms.
Conductividad térmica (20-100°C)	0.923 cal/cm ² /cm/°C/seg.
Dureza escala Mohs.	3.0
Calor de fusión	50.6 cal/gr.
Calor específico	0.0918 cal/gr/°C

Es importante su maleabilidad después del Au. y Ag. y su ductibilidad después del Pt. Ag. y Fe.

Ante el aire seco se recubre con una capa delgada de óxido cuproso y al aire húmedo se recubre con una capa delgada protectora de carbonato básico verde Cu(OH)₂ CuCO₃. En atmósfera de H₂S se ennegrece por formación del sulfuro correspondiente.

Los minerales de Cu. nativo son tratados por fundición directa cuando son de alta ley y si no lo son se les concentra. Pueden ser mezclados con los minerales sulfurados para su fundición.

Concentración de minerales sulfurados.- Por varios procesos y operaciones se enriquece el mineral original por contener más o menos 1% de Cu. Así un mineral que -

contiene 0.9 % de Cu, el Au y la Ag. valen poco más de 2\$ ton y los costos de fundición son raramente inferiores a 5 \$ por ton, de modo que la fusión directa de éste mineral daría como resultado una pérdida considerable. Pero con la concentración, un paso relativamente poco costoso, el mineral es triturado y molido para liberar las partículas finas de mineral valioso de Cu. que son separadas de la ganga por una combinación de concentración por gravedad y flotación con espuma y así se recupera alrededor del 90% del Cu. en forma de concentrado de un 32 % de Cu. que se funde con ganancia en un horno de reverbero.

Ver gráfico de concentración y fusión de mineral de 5% por la Anaconda Copper Co.

En la Liberación se emplean máquinas giratorias o de mandíbulas, luego molinos de rodillos y para finos molinos de barras y bolas.

Este método de Separación de constituyentes explota alguna diferencia en la propiedad física entre el mineral y la ganga, no hay cambios químicos sustanciales, las principales son:

a.- Separación por Flotación: La mayoría emplea este método que depende de la propiedad de superficies del mineral son atraídas a burbujas de aire y así el peso específico efectivo de la partícula es disminuído por adjuntarse a las burbujas de aire, mientras que los ..

constituyentes no afectados se hunden las partículas minerales flotan.

b.- Separación gravimétrica: Se basa en la diferencia de pesos específicos entre la ganga y el mineral.

c.- Separación electromagnética: Los concentrados de flotación tienen que separarse del agua que contienen espesarse y filtrarse. Con la flotación diferencial se ve que un porcentaje considerable de sulfuro de Fe se elimina en las colas. La concentración por flotación ha tenido otro influjo en el proceso de la tostación. Los minerales y concentrados de Cu. se tostan hasta que contengan una cantidad de S predeterminada, regulado el S suficiente en la calcina para combinarse con todo el Cu y el resto de S con el Fe. (éstos 2 sulfuros mezclados forma la mata con grado ó Ley de Cu. conveniente o deseado). La Si. con el Fe. excedente y la cal, etc formarán silicatos en convertidoras que como escoria de convertidoras regresan a los reverberos y aquí sobrenada la escoria por diferencia de densidades, tiene 3.6 y la mata 5.2, además la mata contiene los metales preciosos como Au. Ag. etc.

Si bien todavía tiene que emplearse la tostación en algunas plantas es en virtud del carácter del mineral, muchas fundiciones de Cu. están prescindiendo del tostador y están cargando los concentrados de flotación húmedos directamente en los hornos de reverbero para obtener la mata.

Concentración

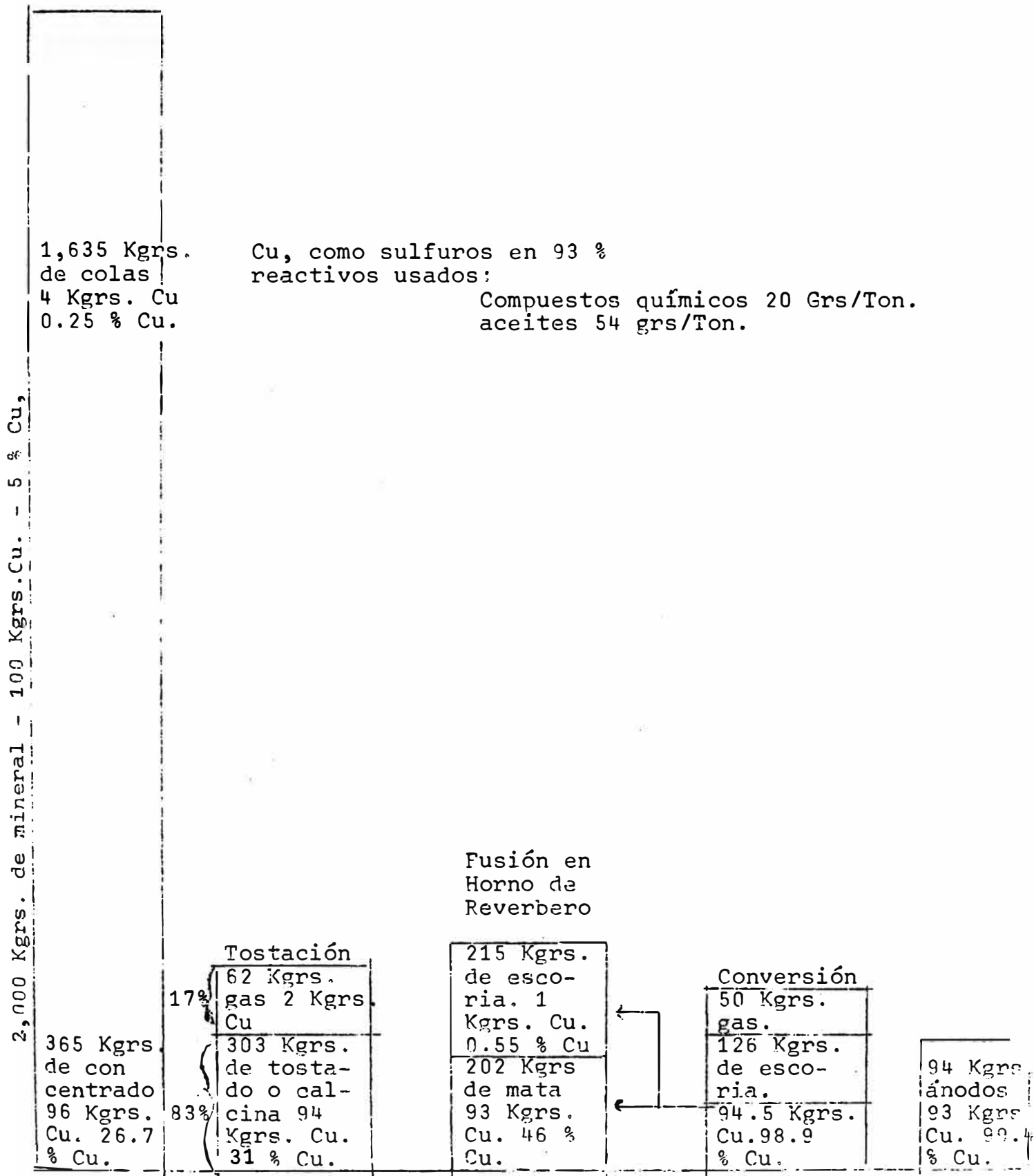


Fig. 1. Concentración y fusión de un mineral que contiene 5 % de Cu.

Concentración

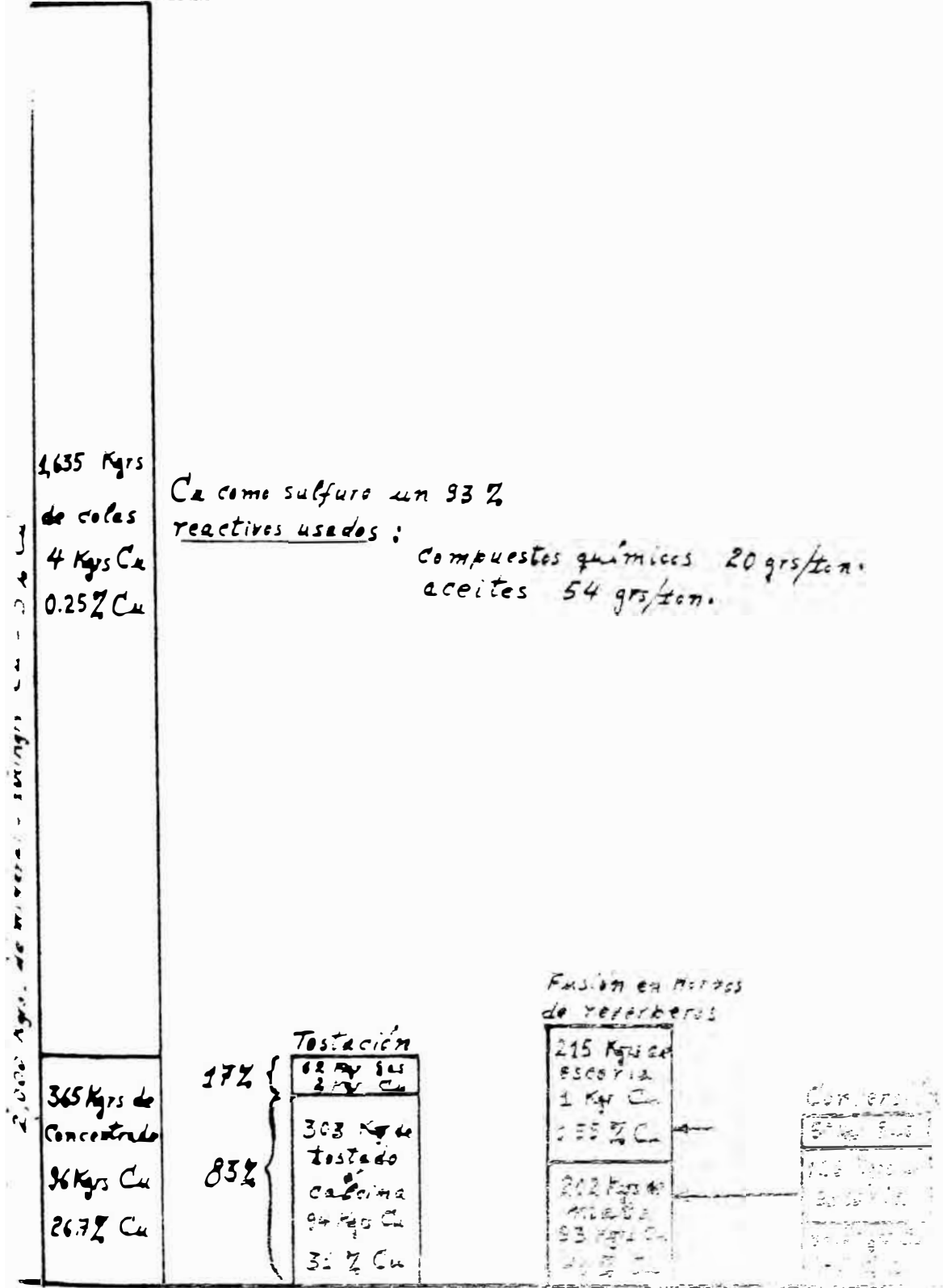


Fig. 1. Concentración y calidad de los minerales.

Los minerales oxidados no se prestan fácilmente a la concentración y es usual lixiviarlos (disolverlos) directamente, o bien se usan como fundentes al tratar los minerales sulfurados, siendo beneficiados así por fundición con los sulfurados, pero en caso contrario cuando son pobres o no hay posibilidad de tratarlos con los sulfurados se aplica el método hidrometalúrgico (lixiviación es un proceso que se emplea para recuperar un metal de sus minerales oxidados) o haciendo filtrar el disolvente a través del mineral ó por agitación del mineral y del disolvente dentro de un recipiente. A los minerales oxidados no se les puede enriquecer por concentración mecánica, pues algunos son solubles o pesados y serían arrastrados por las aguas de concentración.

Los minerales se someten a lixiviación en su estado natural o previamente tostados en las plantas de ácido sulfúrico, se emplean como disolventes o lixiviantes: el agua ácidos diluídos, soluciones salinas, siendo el ácido sulfúrico diluído el agente lixiviante más usado en la práctica.

El Cu. se separa de las soluciones por precipitación con Fe, cal o hidrógeno sulfurado, por electrólisis o por repetidas cristalizaciones en forma de sulfato de vitriolo.

El material cuprífero que antes se desechaba como inútil , ahora se recoge y se beneficia con gran éxito --

por vía húmeda, llegando a veces al rendimiento en un 90%.

En la obtención del Cu, por vía húmeda tenemos que distinguir también diversos procedimientos:

I.- Tostación y lixiviación del mineral y otros materiales

1.- Tratamiento de sulfatos, óxidos y carbonatos

2.- Tratamiento de minerales sulfurados y mixtos

a.- Lixiviación sin preparación alguna

b.- Lixiviación con tostación previa

3.- Lixiviación con H_2SO_4 para obtener productos de concentración.

4.- Tostación clorurante

II.- Precipitación del cobre

1.- Precipitación con Fe.

2.- " " Hidrógeno sulfurado

3.- " " lechada de cal

4.- " " por la corriente eléctrica (electrólisis)

5.- Obtención del Cu. en forma de sulfato de Cu. o vitriolo.

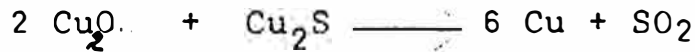
La precipitación por medio del Fe, (cementación) es el método más antiguo y hasta fines del siglo pasado el más usual aunque no el mejor y se emplea en soluciones que contiene el metal en estado de sulfato o de cloruro. Se utilizan desechos de Fe, de toda clase, Fe colado, forjado o esponjoso, siendo éste último más activo por lo que

se le emplea más en éste proceso.

Como es natural el Cu. de cementación no es puro, sino que contiene muchos cuerpos extraños según la clase de solución y el medio empleado para la precipitación. El Cu. de cementación en bruto rara vez llega a tener 50 % de Cu. Las impurezas con que está mezclado son generalmente Fe metálico, Fe_2O_3 , sales de Fe, grafito, carbón, ganga (cuando se emplea esponja de Fe), As, Sb, etc.; por cuyo motivo se impone una depuración y refinación posterior, - puesto que estos cuerpos son perjudiciales, ya que bajan la calidad del Cu. pues lo vuelven quebradizo el metal en frío y en caliente dificultan la fusión y laminación, influyen en la conductividad eléctrica, en la tenacidad, en la ductibilidad, en la resistencia química etc.

El antiguo método alemán para obtener el Cu consiste en el enriquecimiento sucesivo por una serie de tostados y fundiciones. El método inglés consiste en oxidar parcialmente en hornos de reverbero elevando la temperatura para luego paralizar el *ingreso* de aire, de tal manera -- que el óxido y sulfato de Cu, producidos reaccionen con el sulfuro sobrante y ponga en libertad el Cu. El de conversión que hoy es el más empleado, consiste en oxidar el S por corriente de aire, escorificar el Fe para lo cual se agrega sílice y se separa el Cu. Cuando todo el sulfuro de Fe se ha oxidado empieza a descomponerse el sulfuro cu

proso, transformándose en óxido, el cual reacciona sobre el sulfuro no descompuesto poniendo en libertad el Cu, según la reacción.



En el convertidor las reacciones son exotérmicas y no se necesita combustible para mantener el estado de fusión. Las escorias del convertidor ricas en Cu vuelven al horno de fundición o reverbero. El Cu. obtenido por los procedimientos anteriores es impuro para enviarse al mercado, además contienen metales preciosos que se recuperan por lo que se hace necesario someterlos a un proceso de refinación.

- 1.- Refinación térmica: se practica en hornos especiales de reverberos y el Cu. es sometido a una operación oxidante por acción del aire.
- 2.- Refinación electrolítica: es eficaz para librar el Cu de sus impurezas, cuando hay Au, Ag, Bi, es indispensable su uso.

CAPITULO II.

TECNOLOGIA GENERAL

A.- ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA1.- Yacimientos y Concentradoras; Cobre secundario.-

El com

plejo metalúrgico de La Oroya (3,712 mt.s.n.m.), trata en su planta tostadora de cobre los concentrados y minerales de cobre provenientes de las diferentes concentradoras y minas de la corporación ubicadas en la Sierra Central, siendo las principales:

Paragsha (Cerro de Pasco, 4,330 mt.s.n.m.) cocentradora de Cu. cuyo asiento minero se halla en Cerro de Pasco. Además Pb- Zn - Ag.

Casapalca (4,147 mt.s.n.m.) concentradora de Cu cuyo asiento minero se halla en el mismo lugar, Además Pb Zn- Ag.

Morococha (4,511 mt.s.n.m.) concentradora de Cu cuyo asiento minero se halla en el mismo lugar. Además Pb - Zn - Ag - WO_3 - FeS_2 .

Mahr Tunnel (3,993 mt.s.n.m.) concentradora de Cu cuyo asiento minero se halla en San Cristóbal(4,719 mt.s.n.m.) Además Pb - Zn - Ag - WO_3 .

Yauricocha (4,614 mt. s.n.m.) concentradora de Cu. cuyo asiento minero se halla en el mismo lugar, además Pb- Zn - Ag.

Cobriza (2,100 mt.s.n.m.) concentradora de Cu cuyo asiento

to minero se halla en el mismo lugar. Además Ag.

Además la corporación compra concentrados y minerales de Cu de las compañías particulares: %Cu % S un 30% todos

Costa Sur- minerales	17.64
Limaco Cobre Carlotita	12.84
Gallardo - mineral	11.20
Cía. Aurífera Chala - mineral	0.70
Quechisla - concentrado	21.90
Banco Minero Bolivia	14.90
Arias Dávila	20.79
Asociada Cima - concentrado	19.65
Yauli - concentrado	19.39
Santa Fé - concentrado	24.19
Cía. Cerro San Edmundo	15.84
El Brocal - concentrado	10.81
Hochschild - concentrado	23.38
Cías. particulares:	% Cu, un 30% S en todos
Huarón - concentrado	20.70
Minero - concentrado	23.00
Pacococha - concentrado	23.82
Puquiococha - concentrado	22.46
Raura - concentrado	32.95
Saya- Pullo - concentrado	28.46

Los concentrados y minerales de Cu se mezclan con productos refulantes y fundentes en la preparación de -

camas, siendo los principales:

<u>Recirculantes</u>	<u>% Cu.</u>	<u>% S.</u>
Metales en proceso	29.57	12.1
As cottrell dust (<i>polvo de Cottrell de As</i>)	8.02	7.1
Roaster clean up (<i>Limpieza de tostadores</i>)	15.47	18.9
Roaster flue dust (<i>polvo del ducto de tostador</i>)	13.00	9.5
Smelter seconds (<i>secundarios de fundición</i>)	45.76	16.8
As dust-stock (<i>polvo de As - stock</i>)	2.14	4.6
<u>Material frío</u> (slag chips)	27.79	11.3

<u>Fundentes</u>	<u>% insol</u>	<u>% Fe</u>	<u>% S</u>	<u>% OCa.</u>
Limerock	1.9	0.4	-	51
Santa Ana substitute	77.7	6.6	1.8	
Morococha pyrite flux	9.5	38.4	44.2	
Mc Cune Pit silver ore	22.7	35.8	38.4	

El Cu es un elemento muy difundido en la naturaleza, se encuentra con bastante frecuencia en estado nativo, pero en su mayor parte se encuentra asociado o combinado con otros metales o metaloides. Los minerales más conocidos son:

Cu nativo, calcosita (cobre vitreo, cobre sulfurado) covelita, bournita (erubescita, cobre abigarrado), calcopirita (cobre piritoso), tetraedrita (cobre grises), enargita buornita, atacanita, cuprita (cobre rojo), vitriolo azul, malaquita (cobre carbonato verde), azurita (cobre carbonato azul), crisocola, etc. Se encuentran también minerales

sulfurados y oxidados diseminados en estratos de pizarras y tobas.

Para la obtención del Cu. se emplean además de los minerales productos intermedios procedentes de la fundición y de otros materiales (matas, mezclas ricas en arseniuros y antimoniuros (speises), desechos, residuos, escorias, soluciones procedentes de la lixiviación o extracción de minerales etc.

Los minerales de Cu que más abundan en la naturaleza y constituyen la primera materia más importante de este ramo de la metalurgia son los sulfurados, de los cuales se puede pensar con fundamento, proceden todos los demás' Los minerales arseno-cupríferos son relativamente raros, aunque casi todos los minerales de Cu contienen arsénico. Los minerales óxidados son frecuentes pero rara vez se presentan en grandes cantidades, resultante de los sulfuros forman la capa superior de los yacimientos de esta clase de minerales.

Minerales de Cobre

En la Tabla 1 se da una lista de los principales minerales de cobre. Los minerales pueden apartarse bastante de esas composiciones por la presencia de otros elementos en solución sólida. Por ejemplo: en muchos de esos minerales el cobre puede ser reemplazados por la plata u otros

metales, y el arsénico, el antimonio, el selenio y el telurio son hasta cierto punto intercambiables. De esos minerales los más importantes son los sulfuros.

Entre los minerales de importancia secundaria tenemos:

Cubanita	CuFe_2S_3
Estannita	$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$
Atacamita	$\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ ó $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$
Turquesa	$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Torbernita	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2 \cdot (\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Antlerita	$\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$
Calcantita	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

El contenido del metal de los minerales de cobre en U.S.A. en 1946 rindió 0.91 % de Cu, 0.0046 onz. de Au y 0.091 de Ag. por tonelada. El contenido medio de Cu de las rocas ígneas según estimado de F. W. Clarke es 0.01 %.

TABLA I.

PRINCIPALES MINERALES DE CU.

MINERAL	FORMULA	COMPOSICIONES EN %				
		Cu.	Fe.	S.	As.	Sb.
Azurita	$2\text{CuCO}_3\text{Cu(OH)}_2$	55.3				
Bornita	Cu_5FeS_4	63.3	11.1	25.6		
Brocantita	$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu(OH)}_2$	56.2				
Calcocita	Cu_2S	79.9		20.1		
Calcopirita	CuFeS_2 ó Cu_2S .					
	Fe_2S_3	34.6	30.5	34.9		
Crisocola	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	36.2				
Covelita	CuS	66.5		35.5		
Cuprita	Cu_2O	88.8				
Enargita	Cu_3AsS_4 ó					
	$3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$	48.4		32.6	19.0	
Malaquita	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$	57.5				
Serie de Tetrahedri- tatenanti- ta.	$\text{Cu}_3(\text{SB,As})\text{S}_3$	45.8		25.0		29.2
	$\text{Cu}_3(\text{As,Sb})\text{S}_3$	51.6		28.2	20.2	

Estos están divididos en tres grupos:

1.- Cobre Nativo .- El único yacimiento importante de cobre nativo se encuentra en la parte superior de la península de Michigan. El mineral contiene en promedio aproximadamente 1 % de Cu, aunque se han encontrado algunas masas de metal puro que pesaban más de 100 tons. En la actualidad es muy pequeña, y cada día menor, la proporción del Cu de los Estados Unidos que procede de esos minerales de cobre nativo.

2.- Los óxidos son característicos de los yacimientos que se presentan cerca de la superficie.- Son el resultado de la alteración y la descomposición de sulfuros por las aguas superficiales que contienen dióxido de carbono, oxígeno y ácido sulfúrico y que con los sulfuros producen carbonatos, óxidos, sulfatos y diversas sales básicas. Si bién los minerales a base de óxido ofrecen interés metalúrgico, ya que pueden reducirse fácilmente con carbón y monóxido de carbono, ya no tienen mucha importancia en los Estados Unidos, porque los yacimientos originales están agotados en gran parte.

3.- Los sulfuros son los minerales más importantes de cobre, mezclas complejas de sulfuros de cobre y hierro asociados con compuestos de Fe, Zn, As, Sb, Bi, Se, Te, Ag, Pt, Au.

En los Estados Unidos cualquier mineral que contenga más de 6 % de Cu, se considera como mineral rico y suele

fundirse directamente en un horno de reverbero o de cuba. Estos minerales están casi agotados en los Estados Unidos pero este país recibe de Sudamérica, Africa, China y Alaska minerales con 30, y aún 50 % de cobre.

Casi todos los minerales de los Estados Unidos tienen que someterse en la mina a un proceso de concentración para que el concentrado justifique el transporte y la fundición. El método de flotación diferencial con espuma ha producido un efecto profundo en la industrial del cobre, permitiendo el tratamiento de grandes toneladas de mineral de cobre que de otra manera no se hubieran podido tratar económicamente, aumentando el porcentaje de obtención sobre los procedimientos anteriores (concentración por gravedad) y reduciendo los costos de fundición al sustituirse el horno de cuba por el de reverbero.

3.-Cobre Secundario

El cobre secundario está compuesto por los desperdicios de cobre, representan un factor muy importante en la industria del Cu. En general, se llaman secundarios los metales recuperados de desperdicios, barreduras, escorias y espumas, y se llaman así para distinguirlos de los metales "primarios" ó "vírgenes" que se obtienen directamente de los minerales. El metal devuelto de las existencias de metal en uso puede llamarse "desperdicios viejos", en

tanto que al subproducto de la industria puede llamársele "desperdicio nuevo". El desperdicio viejo puede derivarse de bienes de capital como edificios, ferrocarriles, puentes y material industrial o de artículos de consumo como auto móviles, aparatos de radio y utensilios de cocina. En general, puede decirse que es mayor la cantidad de metales aprovechados de bienes de capital que de los artículos de consumo. Además, la diferencia esencial entre el desperdicio viejo y el nuevo, es que el primero es metal que ha estado en uso y vuelve ahora a causa del desuso, - mientras que el desperdicio nuevo es metal que no ha alcanzado todavía la fase final del consumo.

Un aspecto importante de los metales secundarios - es la conservación de los recursos nacionales. La verdadera conservación significa el uso prudente de los recursos nacionales sin desperdicio o destrucción innecesaria y que esos recursos, en medida no incompatibles con las necesidades presentes, se conservarán para las necesidades de las generaciones futuras.

Hasta fines de 1932 se habían entregado para el consumo en los Estados Unidos 15'500,000 toneladas de cobre. De esta cantidad sólo se encuentran aproximadamente 9'200,000 toneladas en los inventarios de metales en uso, quedando 6'300,000 toneladas de cobre que al parecer se han perdido para siempre. Una parte de este tonelaje puede considerar

se como metales disipados por el desgaste o el rozamiento o en compuestos químicos de los cuales no puede esperarse ninguna devolución de desperdicio; la mayor parte es probablemente cobre usado en la fabricación de artículos pequeños, que se han dispersado tanto en su uso que no es lucrativo recogerlos. El transporte desempeña un papel muy importante en la utilización de los metales secundarios. con frecuencia se desperdician grandes cantidades por el elevado costo de su recolección.

La clasificación del metal de desperdicio tiene enorme importancia y son posibles perfeccionamientos a este respecto. Debido al notable aumento en el uso de aleaciones de cobre, el montón de chatarra es hoy una mezcla muy heterogénea. El cobre primario, por ejemplo, no se aparta mucho de ciertos patrones aceptados en lo que respecta al análisis, pero el desperdicio de cobre puede contener **muchas impurezas** imprevistas y éstas, a su vez, pueden ser una fuente de gastos y dificultades cuando se usa el cobre para preparar aleaciones.

En los últimos años se ha manifestado cierta tendencia a hacer más rigurosas las especificaciones relacionadas con los metales de desperdicios. Las siguientes son especificaciones típicas:

1).- Alambre de cobre. Debe ser alambre no estañado y limpio, de un diámetro no inferior al número 16 de la escala

B & S: debe estar exento de alambre de cobre quemado, que es quebradizo y de toda clase de sustancias extrañas.

2).- Cobre ligero.- Fondos de calderas y peroles, revestimientos de bañeras, alambres finos, alambre quemado, lámina de cobre de tejados y cobre semejante exento de conexiones como radiadores de latón, plomo y soldadura y que no tenga cantidad excesiva de pintura, alquitrán y óxido.

3).- Llaves y Grifos.- Latón rojo y amarillo limpio, exento de llaves para gas y grifos de cerveza y debe contener un mínimo de 35% de Cu rojo.

Inmediatamente antes de la segunda Guerra Mundial, las compras por las fundiciones de cobre secundario estaban divididas, en lo que respecta al origen, como sigue:

Desperdicio industrial	44 %
Ferrocarriles	18 %
Usos eléctricos	23 %
Domésticos o usos de la ciudad	13 %
Desperdicios de la industria del automóvil	<u>2 %</u>
	100 %

De 1'086,047 tons. cortas de Cu, secundario obtenido en los Estados Unidos en 1943, 137,883 toneladas fueron recuperadas en forma de Cu, no aleado, de las cuales 122,464 toneladas lo fueron en plantas primarias y 15,419

toneladas en otras plantas. De las 948,164 toneladas cor_utas restantes de desperdicio en forma de aleaciones, el latón y el bronce estuvieron representados por 912,782 toneladas; las de Fe, y acero por 1,021 toneladas, las de aluminio por 19,396 toneladas, otras aleaciones por 1,946 toneladas y los compuestos químicos por 13,019 toneladas.

2.- Recursos.

Los principales recursos que se utilizan en los tostadores de cobre y en los diversos equipos de la planta (máquinas recogedoras, fajas y gusanos transportadores, mezcladoras, elevadores de canjilones, lavadores de humos, carros de calcina, locomotoras, ventiladores, sopladores, etc.) son: el agua, la energía eléctrica, el aire, el petróleo y vapor, que constituyen grandes facilidades.

Agua.- Se usan 2 tipos de agua: potable y de río. El potable se usa sólo para bebida, el aseo personal (contra la dermatitis) y para limpieza diversa. Es extraída de pozos a orillas del río Yauli, llega a la casa de fuerza de fundición y de allí a la planta por medio de tuberías. El agua de río se emplea en los scrubbers (lavadores de humos) para la recuperación de polvos, preparación de pellets o perdigones (tostadores N^o 11, 13, 15, 16 y 18 para bajar polvo del ducto principal e inclinado, para limpiezas generales y servicios higiénicos. También llega -

una tubería de casa de fuerza con agua de Tishgo-Casaracra, está a 12 Kmts. de La Oroya y abastece con 12 mil galones por minuto a La Oroya (2 mil para uso doméstico, 8 mil para uso industrial y 2 mil en reserva).

Energía Eléctrica.- La corriente es una de las fuentes principales de energía que se usa en la planta para mover la maquinaria (440 V) y para el alumbrado (110 V) La corriente proviene de las distintas centrales hidroeléctricas de la corporación, entre ellas:

La Oroya	Río Yauli	9,000 Kw.
Malpaso	Río Mantaro	54,000 "
Pachachaca	Río Yauli	12,000 "
Yaupi	Río Paucartambo	108,000 "

Las corrientes van a la casa de fuerza, de donde se envía a la planta por medio de cables. Las centrales están sincronizadas y trabajan en paralelo. La utilización de energía eléctrica es de la siguiente manera:

Minas	16 %
Concentradoras	10 %
Fundición y refinerías	56 %
Campamentos	8 %
Pérdidas y consumo interno de plantas generadoras	10 %

La demanda promedio actual de la Cerro es de 118,000 Kw. y la producción anual total es de 880'000,000

Kw-hr. El consumo mensual de energía eléctrica de la planta tostadora varía según las operaciones y tiene un promedio alrededor de 496,000 Kw-hr.

Aire.- El aire que se utiliza en los quemadores de petróleo provienen del soplador N^o 4 ó 6: También el aire de refrigeración de los 2 brazos de cada piso del 1ro. al 7mo. piso de cada tostador proviene de un par de ventiladoras (N^o 1,2,3) y resulta precalentado y al final se inyecta en el 7mo. piso para ayudar a la combustión de la carga. El aire de alta presión de la casa de fuerza es para limpieza por soplado de las máquinas.

Vapor.- Se usa para mantener caliente el petróleo en tanques y líneas y evitar obstrucciones, las líneas de vapor van adjuntas a las líneas de petróleo y aisladas ambas con asbesto, también se usa en el precalentador de petróleo y para calentar el agua para el aseo personal (intercambiadores de calor).

Petróleo.- Se emplea del tipo bunker 6 ó C, es muy viscoso y para usarlo requiere precalentamiento. Llega a la fundición donde se deposita en tanques especiales (se mantiene caliente con serpentines de vapor de agua que protege del frío, ya que en época de heladas se escarchan. De éstos tanques se alimenta el tanque de la planta por medio de bombas.

El tanque de petróleo de la planta tiene 5,950 ga

lones de capacidad y 18 pies de altura, también se mantiene caliente mediante serpentines de vapor. Hay otro tanque auxiliar de igual capacidad. De este tanque se distribuye por medio de tuberías hacia los quemadores de baja presión de los tostadores de cobre por medio de una bomba grande o dos chicas (hay 2 grandes ^{30HP} y 2 chicas ^{15HP}). La presión en la línea de petróleo es de 70 lbs. y 220°F. Tiene 2 filtros en la salida del tanque y un filtro en la entrada a cada quemador. El consumo de petróleo en los tostadores de cobre se muestran en el siguiente cuadro, para ello se ha considerado el consumo mensual de 1969, 1970 y 1971 en toneladas métricas.

También para los citados años se ha calculado el consumo de petróleo en kilogramos por cada tonelada tratado de alimentación cruda.

MESES	1969	1970	1971
Enero	1'305,085	1'469,799	962,301
Febrero	1'025,951	1'278,195	597,599
Marzo	1'262,794	1'241,968	729,978
Abril	819,088	337,950	1'068,813
Mayo	1'406,266	1'127,210	1'138,196
Junio	1'346,970	1'109,762	560,265
Julio	1'428,050	1,231,567	1'301,191
Agosto	1'298,068	1'166,961	1'290,354
Setiembre	415,706	748,800	-----
Octubre	1'508,765	1'177,948	-----
Noviembre	1'208,122	1'307,843	-----
Diciembre	1'478,567	1'301,072	-----
TOTAL	14'503,432	13'499,075	7'648,697
Consumo mensual promedio	1,209 T.M.	1,125 T.M.	956 T.M.
<u>14'503,432 Kgrs. de petróleo</u>	=	32.126 Kgr.oil/ton (Referencia)	
451,445 tons. tratadas			
<u>13'499,075 Kgrs de petróleo</u>	=	29.307 " " "	(<-8.8%)
460,612 tons. tratadas			
<u>7'648,697 Kgrs. de petróleo</u>	=	28.904 " " "	(-10.2%)
264,632 tons. tratadas			

El precio del petróleo 1,017.14 soles/ton.mt.

Consumo de petróleo diesel = 92gln/mes x 4.29 sol/gln.

= 394.68 S/.

Consumo de kerosene = 3 gln/mes x 3.16 S/./gln = 9.48 S/.

Consumo de gasolina = 1.5 gla/mes x 5.68 S/./gln=8.52 S/.

Otros Recursos:

Para tratar el mineral en la planta además se consume por mes:

unos 216 piés de barreta exagonal de 7/8"

610 jabones carbólicos

59 horas de alquiler de payloader chico para limpieza, 200 S/./ 8hr.

En planilla diaria se gasta unos 29.23 mil S/./día considerando el jornal básico, bonos, feriados y adicional de 27 % para los 135 operarios.

En planilla mensual se gasta unos 110 mil S/./mes considerando sueldos básicos, bonos, feriados y adicional de 25% para los 10 empleados.

B.- Procedimiento Industrial.-

En este capítulo de tecnología general se tratará sobre los principios teóricos, en los cuales se basa la tostación y los principios de operación de los tostadores Wedge para obtener la calcina de cobre, luego las características de estos tostadores.

1.- Tecnología de la Tostación de los minerales sulfurados

Objetivos:

La tostación o calcinación tiene dos objetivos:

- a.- Eliminar azufre de 28% en la alimentación a 18 % en la calcina antes de transportar a los hornos de reverberos para fusión, además sublimar el As.
- b.- Aglomerar en granos de finura + 3 ~~orificios/pulg²~~ 12.74 % (1/4)
 + 20 ---"----- 36.53 " (1/32)
 - 20 " 50.73 "

Por el proceso de tostado pierden parte del S como SO_2 quedando azufre como sulfuro no descompuesto.

Los metales de Cu, Pb, Zn, Fe, quedan en el tostado como sulfuros, óxidos, sulfatos o silicatos y algunos se volatizan en parte escapando por la chimenea, junto con los humos, los cuales son recuperados por precipitación electrostática en los cotreles.

Estos polvos regresan al tostador bajándose de las tolvas laterales y del ducto principal, el polvo del ducto inclinado regresa a las camas de cobre y el polvo del Cottrell de Arsénico regresa a los tostadores N^o 16-18 de la planta de arsénico.

Las reacciones que se llevan a cabo en la tostación se muestran más adelante en la química de la tostación.

Para un buen proceso de tostación se requiere:

- 1.- La preparación de mezcla de cama de cobre de una composición óptima, por estratos y homogéneo con más o menos 28.8 % S, 13.9 % Cu, 23.1 % Fe, 2.9 % CaO, 11.4 % ins.

- 2.- Control de la temperatura dentro de ciertos límites
- 3.- Humedeciendo la carga de alimentación cuya finalidad es fijar el polvo en la masa (pellets) y evitar sea arrastrado por la corriente de humos.
- 4.- El mineral y fundamentos mezclados y triturados a -- una finura:

+ 1/4	8.56 %
+ 1/32	28.39 %
- 1/32	63.05 %

y consecuentemente tengan una permeabilidad adecuada y así los granos no ofrezcan resistencia al paso del aire y gases.

- 5.- Obtener luego una calcina o tostado con granos formados que faciliten su fusión en los hornos de reverberos. Si se tratan camas con mucho concentrado por ejemplo, se tuestan rápidamente y llegan a fusión incipiente y producen escarchamientos.

El moderno sistema de tostación se lleva a cabo en los hornos de Wedge, su funcionamiento operativo es el siguiente:

La carga de la tolva de alimentación cae conforme se regula el tostador a 3 ó 4 dientes de avance del alimentador mecánico; al ser arrastrado el sistema de 3 brazos y la rueda dentada y uña por cada uno de los golpes de los 4 brazos que hay en la taza u horno de secado, la carga de

la taza se rastrilla de fuera hacia la columna central, donde hay 4 alimentadores especiales, c/u tiene una lengua y cuchara o raspador. Pasando la carga por los alimentadores especiales cae al 1er. piso u hogar y al mismo tiempo de entrar evita que los gases se escapen al ambiente. La carga del 1er. piso se rastrilla con los 2 brazos hacia la circunferencia exterior de donde cae hacia el 2do, piso por los 16 huecos equidistantes; ya en el 2do. piso es rastrillado hacia la columna central, donde hay un espacio anular que permite pasar al 3er. piso. En el 1er., 3er. y 7mo. piso el sentido de recorrido es igual, siendo el caso de que el 7mo. piso sólo tiene 2 huecos de 18" de diámetro que hace caer la calcina por cada hueco hacia una tolva de calcina, de donde el producto se mielaborado o en proceso llamado calcina o tostado es vaciado a carros eléctricos para transportarse hacia los hornos de reverberos donde es descargado para su fusión! El recorrido de la carga en los pisos 2, 4 y 6 es en la misma dirección.

Las reacciones de los compuestos sulfurados son fuertemente exotérmicos y la acción directa del oxígeno del aire que se insufla desde abajo al 7mo. hacia el 1er. piso resultante de la refrigeración de los brazos, en corriente ascendente por todos los pisos procede de 2 ventiladoras y del 6to. piso resultante de los quedadores de petróleo. Es

tos humos van hacia los cottrelles y ductos principal, inclinados y de cottrell de arsénico.

El tiraje en los ductos se mantiene en $0.9''$ H_2O mediante las ventiladoras N^o 1 y 2 de Cottrell de Arsénico, capacidad de unos 350,000 piés cúbicos por minuto ($+ 15^{\circ}C$ y $19.5''$ Hg) ó sea 25,000 p.c.m. por tostador. El tiro natural es la fuerza de succión originada por una chimenea, en este caso por una de 550 pies de altura, la intensidad del tiro está en función de la temperatura y velocidad, distancia y volumen de humos, también del estado de los ductos. Los humos metalúrgicos son mezcla de gases y partículas en suspensión, provenientes de los tostadores. Estas partículas se precipitan en las tolvas de los ductos en su recorrido y finalmente en un sistema de cottrelles de arsénico.

Polvos tóxicos son los polvos de Pb, As, Si, etc. Polvos perjudiciales son los de Zn, y sus compuestos, no son tóxicos pero producen malestares. Entre las enfermedades por inhalación de polvos tenemos saturnismo, neumoconiosis, silicosis (Si libre); inhalación de gases, de -- Polvos, etc. de Pb, da saturnismo; contacto de gases y -- polvos de arsénico con la piel da dermatitis.

La agitación de la carga es por rastrillado y el control de las temperaturas dentro de ciertos límites se mantiene mediante quemadores de petróleo, una vez ya calentado el tostador e iniciado la tostación con el fin de evi

tar la fusión de la carga que provoca escarchamientos y además permite controlar el contenido de S en el producto tostado. la carga recorre desde arriba de la taza, 1er, piso hacia el 7mo. piso y luego a las tolvas de calcina.

Para obtener mayor eficiencia en las operaciones se deben considerar:

- 1.- Alimentación y agitación uniforme
- 2.- La llama de los quemadores bien regulada y control de temperaturas dentro de los límites
- 3.- Regulación de tiraje y de insuflación de aire
- 4.- Las r.p.m. de columna de tostadores standard.

2.- Control de Planta:

Las operaciones y procesos que se efectúan en la planta de tostadores de cobre son verificados por un control diario a través de los análisis del Laboratorio General, reportes de operaciones de los tostadores, registros de temperaturas, tirajes, presiones, registrados de tiempo de operación de los tostadores, etc. los cuales indican a su vez el grado de eficiencia alcanzado en la calidad y cantidad de la producción.

La planta de preparación envía los porcentajes estimados de los componentes de minerales, concentrados y fundentes en la cama de cobre para ajustar las condiciones de operación. En las camas de cobre se procura mantener estas proporciones que permitirán efectuar una buena tosta

ción y posterior fusión, siendo las cantidades standard de:

S -----	28.01 %
Cu -----	13.49 %
CaO -----	3.77 %
S/Cu -- ----	2.08 %
Fe/insol ---	1.98 %
Pb -----	2.51 %

El control de horas de operación del sistema de fajas del nº 13 al 18 por mes nos da; 353 hrs. (transporta 26 hrs. de material frío, 235 hrs. de cama de cobre, 12 - hrs. a tolva 9, 48 hrs. a tolva 8, 51 hrs. a tostadores 11 - 13- 15 y 23 hrs. a tostadores 16-18.

Control del precipitador caliente:

	<u>Entrada</u>		<u>Salida</u>	
As ₂ O ₃	13.80	(6.10)	7.70	<i>r.c./d</i>
polvo	<u>21.39</u>	(17.22)	<u>4.17</u>	"
	35.19		11.87	"

29.5 % Pb y 29.8 % As.

15.0 % Pb y 19.1 % As

Control de operación de tostadores, alimentación y temperatura y operación de sus quemadores:

12	camas	se	trató	a	640°C	y	con	4	tostadores	en	4	dientes	y	4	en	3
24	"	"	"	"	650°C	"	"	4	"	"	"	"	"	"	"	"
9	"	"	"	"	640 °C	"	"	7	"	"	"	"	"	"	"	"

El control de temperaturas se hace mediante una -

carta registradora de 0 á 1,200 °C, donde se indica los límites de las temperaturas a mantener en los tostadores indicados por termopares (Hay 15, c/u numerada pra c/tostador).

Control de las horas operadas de los tostadores y de los quemadores, consumo de petróleo se registra por lecturas de los discos registradores de tiempo de operación y de los contómetros de petróleo de entrada y salida de la planta, *respectivamente*.

También se llenan los datos en los reportes de - producción, reportes de balanceros, tableristas, en los - reportes de transportes y en los reportes de operaciones, medidas de tanques, etc.

El control del tiraje y la presión del aire de alta se registra en discos durante las 24 horas. Además la temperatura de los humos del ducto principal se registra en discos diariamente (Son unos 220°C).

Capacidad de cada tostador - alimentación 2, 3 y 4 dientes

Tons. Mtrs. calcina producida/guardia	32	49.5	60
R.P.M.de columna de tostador	1.7	1.7	1.7
Densidad de cama -----	109	lbs/pie ³	
" " " -----	98	"	

Control de la finura de la cama de Cu y de la calcina

Se realizan inventarios mensuales de los materiales

Producción mensual considerando 1970 y 1971 nos da un pro

medio diario de 933 toneladas métricas para un reverbero y 1,235 toneladas métricas para 2 reverberos. Por mes produce 8.7 millones de Lbs. de Cu, (7 millones de lbs. refinado, 700,000 lbs. de SO₄Cu).

<u>Producción de Cu T.C.</u>	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>
Cerro de Pasco Corp.	58,654 (61%)	57,866 (63%)	54,609 (66%)
Souther P.C. Corp.	147,721	134,234	149,101

Nota.- El % indica el % de concentrados y minerales de cobre de la Cerro de Pasco Corporation.

RECORDS OF THE

OFFICE OF THE
COMMISSIONER OF THE
LAND OFFICE

B

1860

1861

1862

1863

1864

1865

1866



19-30-2350

INFORME CAMBIO DE BRAZO TOSTADORES DE COBRE

DISTRIBUCION

- 1 ASIST. SUPER. FUND. Cu
- 2 ARCHIVO

Imp. Artes Gráficas C de P. La Oroya

	TOST Nº	BRAZOS		PISO Nº	MOTIVO
		Nº SACADO	Nº PUESTO		
8 4					
4 12					
12 8					

INFORMACION DE LOS MEDIDORES

GUARDIA	8 4	4 12	12 8
TEMPERATURA - DUCTO (°C)			
TIRAJE - DUCTO (pulgs)			
PRESION - PETROLEO (lbs/pulg ²)			
PRESION - AIRE (lbs/pulg ²)			
CONSUMO - PETROLEO ()			
CONSUMO 3 GUARDIAS - PETROLEO ()			

FECHA

JEFE DE GUARDIA 8-4

JEFE DE GUARDIA 4-12

JEFE DE GUARDIA 12-8



REPORTE DIARIO DE LABORATORIO - FUNDICION DE COBRE ^{CH}

1-220-000 (A)

DESCRIPCION	SiO ₂	Fe	FeO	Fe ₃ O ₄	CaO	S	Pb	Cu	Ag
ESCORIA DE REVERBEROS	35.6	41.2	43.5	2.9	6.7		2.1	0.57	0.53
MATA DE REVERBEROS				7.0			7.5	37.09	
ESCORIA DE CONVERTIDORAS	31.0	32.4		12.4				3.27	
CALCINA DE TOSTADORA	11.25 insol=11.6	28.0		13.0	4.4	19.2	3.5	15.40	

FECHA:

19-10-71

QUIMICO:

F-P



REPORTE DE

Copper Roaster

DEPARTAMENTO

FECHA

19-10-71

D

DESCRIPCION	FECHA	Muestra No.	Ins SiO ₂	Fe FeO	CaO	S	Zn ZnO	Pb	Cu	Ag	Au	As	Sb	Bi	Sn	Al ₂ O ₃
										Fe ₃ O ₄						
Calcina Cu	9-108-4					19.1				13.4						
		4-2				19.3				12.4						
		12-8				19.2				13.2						
Alimentación						28.3										

BOLETIN DE LAS FOLIAS DE BOLSO

FECHA:

GUARDIAS, 6 / 4 E.

Número de muestras

11

10

15

Medida de la tela

Medida de la tela lateral

Etiquetas

El Jefe del Departamento

FECHA:

GUARDIAS, 1 / 4 E.

Número de muestras

11

11

15

Medida de la tela

Medida de la tela lateral

Etiquetas

El Jefe del Departamento

FECHA:

GUARDIAS, 12 / 8

Número de muestras

11

11

15

Medida de la tela

Medida de la tela lateral

Etiquetas

El Jefe del Departamento

12/11/11
BOS

LABORATORIO DE
ANALISIS

12/11/11
BOS

LABORATORIO DE
ANALISIS



INFORME DE OPERACIONES - TOSTADORES DE COBRE

1- ASIST. SUP. FUND. Co.

2- CONTABILIDAD

3- ARCHIVO

19-30-2340

TOSTAD. No.	NUMERO DE DIENTES			TIEMPO DE OPERACION				TIEMPO DE OPERACION QUEMADORES			RAZONES DE LAS DEMORAS																
	8-4	4-12	12-8	8-4	4-12	12-8	TOTAL	8-4	4-12	12-8	BRAZOS			CAJONES			RASTRILLOS			ESCARCHAS			OTROS				
											8-4	4-12	12-8	8-4	4-12	12-8	8-4	4-12	12-8	8-4	4-12	12-8	8-4	4-12	12-8	8-4	4-12
1																											
2																											
3																											
4																											
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											
11																											
12																											
13																											
14																											
15																											
TOTAL																											
TOTAL DIAS TOSTADORES											8-4			4-12			12-8										

CARROS TRABAJANDO

JEFE GUARDIA (8-4)

JEFE GUARDIA (4-12)

JEFE GUARDIA (12-8)

FECHA

Imp. Artes Gráficas C de P La Oroya

REPORTE PRODUCCION POR GUARDIAS TOSTADORES DE COBRE

DISTRIBUCION:

- 1 ASIST. SUPER. FUND. CU
- 2 FUNDICION
- 3 PREPARACION
- 4 CONTABILIDAD
- 5 ARCHIVO

11-000

GUARDIA		8 4		4 12		12 8		TOTAL	
		CARROS	PESO	CARROS	PESO	CARROS	PESO	CARROS	PESO
REVERBERO 1	CALC. CALIENTE								
	CALC. FRIA								
REVERBERO Nº 1									
REVERBERO 2	CALC. CALIENTE								
	CALC. FRIA								
REVERBERO Nº 2									
CALCINA									
MATERIA STOCK (PUENTE)									

INFORME DE REVERBEROS

GUARDIA	8 4			4 12			12 8			TOTAL
	REVERB 1	REVERB 2	TOTAL	REVERB 1	REVERB 2	TOTAL	REVERB 1	REVERB 2	TOTAL	
TAZAS SACADAS										
TAZAS DE LA MATA										
CALC./TAZ. MATA										

MANIPULEO CALCINA - TOSTADORES DE POLVO

GUARDIA	8 - 4	4 - 12	12 - 8	TOTAL	OBSERVACIONES
HUMIDIFICAD. (DRUM)					8 - 4
10 23 (HORAS)					-----
10 24 (HORAS)					4 - 12
10 11					-----
10 13					-----
10 15					12 - 8
DRUM LLENADO					-----

JEFE DE GUARDIA 8 - 4

JEFE DE GUARDIA 4 - 12

JEFE DE GUARDIA 12 - 8

FECHA

Imp. Artes Graficas C de P La O

1951

Lista para trabajar en el
con desperfectos ó por roturas (indicar los tipos de desperfectos ó el tipo de
reparación)

Demoras en el transporte (construcción, mantenimiento, transporte)

Implica en reparación

Condición en que quedan las partes de Alambrados

Estado en que quedan las máquinas recogidas,
Trabajando en buenas condiciones

Lista para trabajar
Con desperfectos ó por roturas (indicar los tipos de desperfectos ó el tipo de
reparación)

PAJAS Y CHUBES:

En buenas condiciones
Con desperfectos ó por roturas (indicar los tipos de desperfectos ó el tipo de
reparación)

Implica en reparación

SECCION RECAUDOS

TARIFAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inicial										
Final										

OBSERVACIONES:

Formulario de Inspección de la Planta

Temperatura: No. horno 62 cantidad kilos con
 controlador de entrada al condensar el vapor la guardia
 controlador de salida al condensar la guardia
 temperatura de petroleo entrada salida
 trabajo en buenas condiciones los
 con defecto & por revisar (indicar los, así es el defecto y si está operando).

número de hombres que quedan en el 1º grupo
 número de carros para la guardia siguiente
 hornos de polvo No. 11 tolvas de carga
 hornos de polvo No. 13 tolvas de carga
 hornos de polvo No. 15 tolvas de carga
 condiciones de los hornos:

número de carros colocados en la bolsa; (si no ha colocado diga por qué y cómo está).
 Observaciones paradas etc.

limpieza de la planta

D A T O S D E R E V E R B E R O S

número de carros enviados tonelaje tazas de agua
 en reverbero No. 1 en reverbero No. 2
 en reverbero No. 1 en reverbero No. 2
 condiciones en que quedan los reverberos:

Observaciones:

	Unidad "A"	Unidad "B"
plataje		
propiete		

Anticorrosivos Petróleo Antimonio:
 - C.I.S.O =
 - B.C.C.C =

1 2

3 4

5 6

7 8

9 10

11 12

13

14 15

16 17

18 19

20 21

22 23

24 25

Copper Reservoir	Date		Quantity	Height	
No.	MM	DD	Sec.	Feet	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
TOTAL					
Central Control Unit					
East					
15					
16					
17					
TOTAL					
Central Control Unit					
West					
18					
19					
TOTAL					
Old Materials					
TOTAL					

All these units
 are supplied
 from
 the
 state

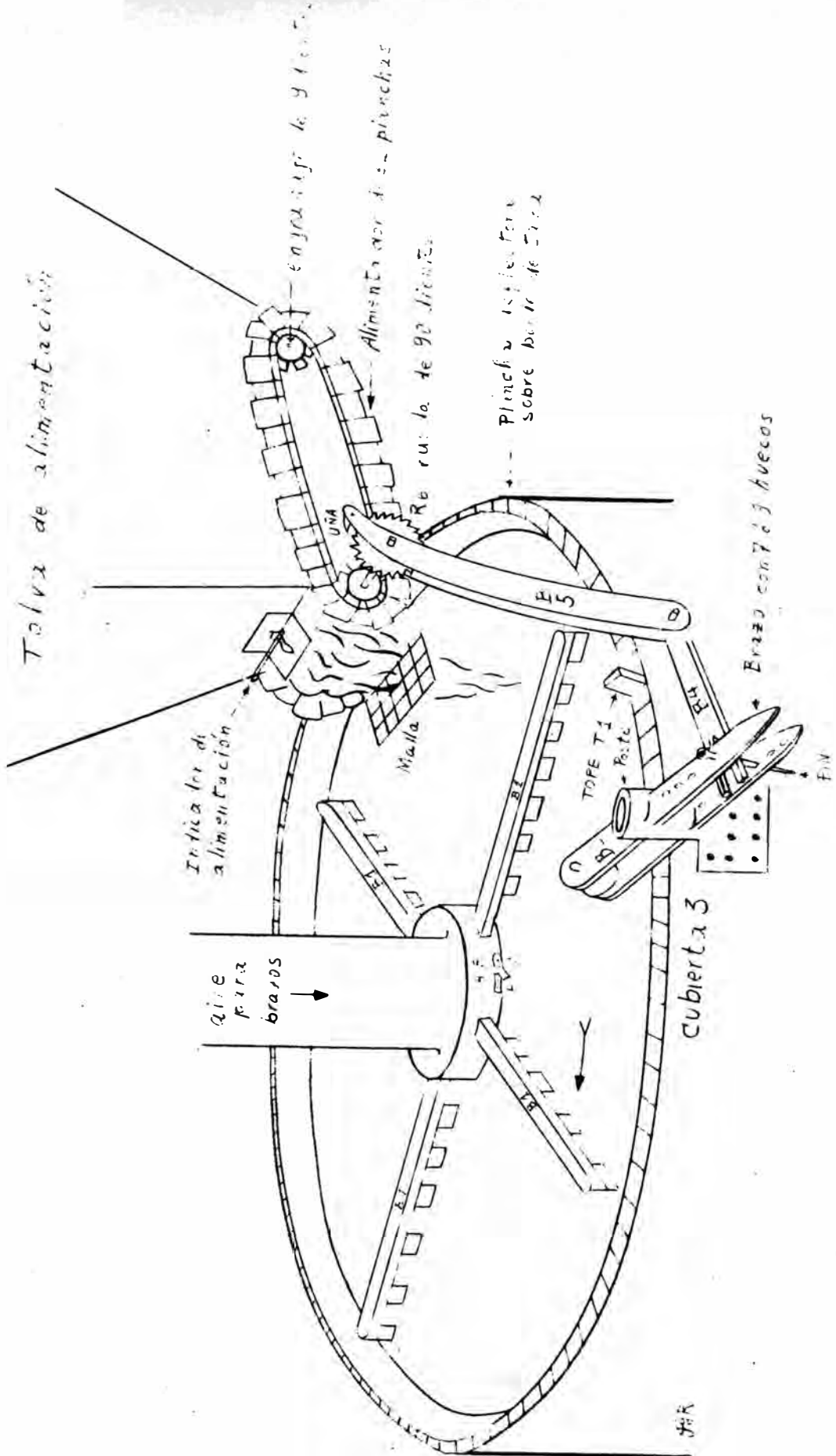
3.- Breve Descripción del Procedimiento Industrial (Esquema de elaboración Cualitativo).-

Las camas formadas por mezcla de minerales y concentrados de cobre y fundentes (cal, Si) depositados homogéneamente por capas. Los fundamentos se agregan en cantidades necesarias conforme a la composición y ley, para que el tratamiento de la calcina o tostado en hornos de reverberos forme una buena escoria dando lugar a una buena separación de la mata.

Transporte de Cama.- La carga de la cama se transporta hacia la faja mediante la máquina recogedora que remueve el material con una pluma con rastrillos y púas y una cadena de lampas. Luego por un sistema de fajas transportadoras del N° 13 al 18 (del 13, 14 ó 15 al 16, luego al 17 y finalmente a la faja 18,) la descarga de cama de Cu se realiza mediante un carro distribuidor de 2 canaletas laterales hacia las tolvas de alimentación de los tostadores. En la faja 17 hay un electroimán que atrapa los pedazos de Fe. La instalación del sistema de transporte está en interlock. Las fajas tienen sus tolvas de descarga con sus respectivas guardillas y raspas que evitan el derrame de material.

Los tostadores N° 1,3,5,7,9,2,4,6,8,10,12 y 14 cuyas tolvas de alimentación están ubicadas sobre cada tosta

TOSTADOR WEDGE



Indicador de alimentación

Tolva de alimentación

engranaje de 90 dientes

Alimentador de 2 planchas

Revol. de 90 dientes

Plancha calefactora sobre bandeja de cinta

Brazos con 7 agujeros

aire para braseros

Malla

E 5

TOPE T1

Cubierta 3

FIN

J.R.K.

E = Alimentador especial
 L = Lengua
 C = Cuchara o raspa (s)

dor, una vez cargadas con cama se **gradúa** el número de dientes de 1 á 4 del alimentador mecánico que están en la parte inferior de las tolvas.

La capacidad de tratamiento de alimentación cruda por tostador es 112.5 ton/día con 2 dientes de alimentación, 174 ton/día con 3 dientes y 211 ton/día con 4 dientes. Al tostador se le da tiraje y calienta con 2 quemadores de petróleo lentamente unas 8 horas, sin rotar hasta que alcance una temperatura de operación de 400°C entonces recién se pone en operación con carga.

El alimentador mecánico toma la carga de la tolva de alimentación en una proporción constante, según el número de dientes que se le haya puesto a la cadena automática, deja caer sobre la solera de secado del tostador Wedge pasando antes por la malla que atrapa costales, es carchas, etc.

Al mismo tiempo que cada uno de los 4 brazos sin refrigeración por aire (B1) rota en la solera de secado, choca contra el brazo de palanca (B2), el que está asegurado a la cubierta del tostador (C3). Por medio de otros 2 brazos de palanca más el (B4) y (B5), y una rueda dentada de 90 dientes (R6), se acciona sobre el engranaje de 9 dientes, el cual mueve la cadena automática de 32 eslabones y el alimentador de 32 planchas de acero para descargar el mineral de la tolva de alimentación al hogar de se

cado. Después de que el brazo B1 ha pasado, la fuerza de gravedad regresa las palancas (B2, B4 y B5) a su posición original hasta el tope T1. El área rectangular de la salida de la carga y el avance graduado de 1 á 4 dientes, regulan la cantidad de alimentación. El número de dientes de la rueda dentada (R6), el cual acciona al transportador de planchas, se regula cambiando las palancas (B2 y B4) en relación la una a la otra por medio de un pasador común. El brazo B2 tiene 7 huecos, si el brazo B2 es muy corto, el brazo B4 se mueve una distancia corta y por consiguiente la rueda dentada se mueve solamente 1 diente de alimentación; moviendo el transportador de planchas en la misma forma una distancia corta; y si el brazo de palanca B2 es más largo, el brazo B4 se moverá una distancia mayor, lo que moverá la rueda dentada de 2 á 4 dientes y así moverá al transportador una distancia mayor y descargará más material al hogar de secado.

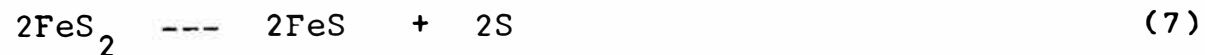
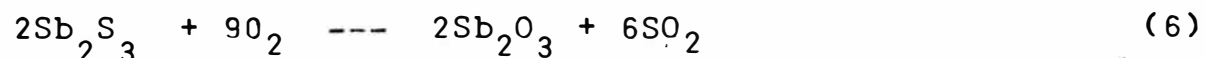
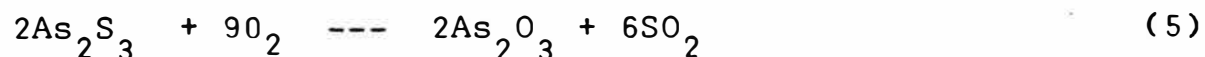
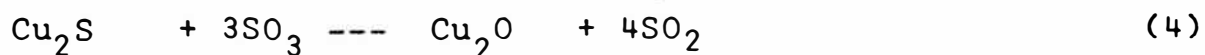
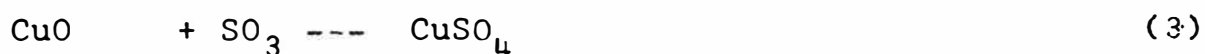
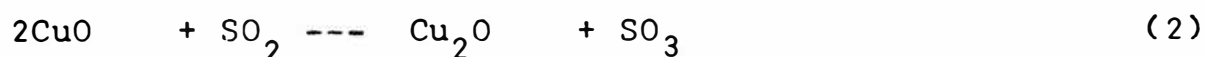
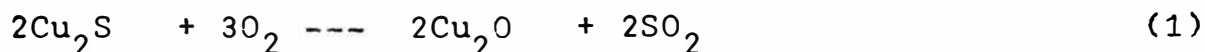
La tostación se realiza en tostadores tipo Wedge de 6 hogares, cada tostador tiene su tolva de alimentación su alimentador mecánico, sus 4 alimentadores especiales, su unidad de cottrell con sus 2 tolvas laterales, un mecanismo impulsor, 2 tolvas de calcina y 2 quemadores de baja presión, 4 brazos sin refrigeración por aire y 10 brazos con refrigeración (un par en el 1er, 2do, 3er, 4to y 7mo piso; en cada uno de estos pisos 4 ventanas) En los bra

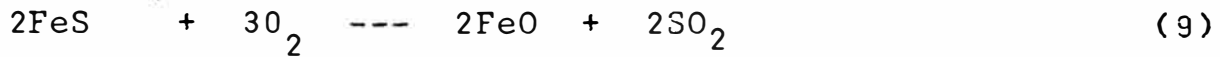
zos van ensamblados los cajones y rastrillos.

Al caer la cama de Cu, del alimentador de la tolva de alimentación al piso de secado, es rastrillado hacia la columna central y pasa al 1er. hogar por los 4 alimentadores especiales (lenguas y cucharas o raspadores) sufriendo una tostación progresiva a su paso por los 6 pisos, cayendo su producto tostado o calcina hacia las 2 tolvas de calcina, las cuales al igual que las paredes y columnas están revestidas con refractario; los pisos son de ladrillos refractarios. La capacidad de producción de calcina por día por tostador con 2, 3 y 4 dientes es 96, 148 y 180 tons. mts. respectivamente. La calcina se transporta a reverberos por carros eléctricos.

QUÍMICA DE TOSTACION

Las principales reacciones en una tostación oxidante son las siguientes:





Las reacciones 1, 8 y 9 son fuertemente exotérmicas, los calores de reacción son 188,900, 70,920 y 224,200 cal/mol.

Recuperación.-

- Los polvos arrastrados por los gases calientes son recuperados por un sistema de cottrelles y ductos y se mantiene la atmósfera limpia tanto para el trabajo como para la conservación de las máquinas. Estas unidades de precipitación de polvos recuperan polvos acumulados en los tubos y alambres y con un sistema de martillos son sacudidos a sus tolvas laterales, de donde se descargan a los tostadores al 1er. ó 4to. hogar.
- El polvo de las 9 tolvas del ducto principal se descarga al 1er. piso del tostador 9, 10 y 14. También se descarga al 2do, piso de los tostadores 11, 13 y 15 con el fin de recuperar unos 2,000 lbs. de Pb. diario. Se emplean los gusanos 62, 63 y 64.
- El polvo de las tolvas del ducto inclinado se descargan con los gusanos 61, 11, 12 y 13 y ductos hacia los carros metaleros, se humedece. Los carros se transportan y des-

cargan a la cama de Cu, e igual ocurre con el polvo recuperado de las tolvas del ducto del cottrell de arsénico.

El polvo recuperado del cottrell de arsénico es bombeado hacia la tolva 6 de la planta de manipuleo de polvo para mezclarse y peletizarse en la mezcladora con cama de Cu, en proporción de 60 % y 40 % respectivamente. Esta mezcla se trata en los tostadores 16-18 de la planta de arsénico.

La limpieza de la calcina derramada en las líneas y el 1er. piso del edificio se acumula en el patio de balanza y se carga con payloader en carros metaleros para transportarse a camas de Cu.

En cambio las escarchas recuperadas del 2do. al 5to. piso del edificio y de los pisos de los tostadores son cargados a carros metaleros, de las tolvas a donde se acumula utilizando carretillas y elevador de canjilones; estos carros se descargan en las camas de Cu, previa molienda.

De los 3 scrubbers o lavadores de humo: uno se emplea en la descarga de las tolvas de calcina de los tostadores 16 y 18 el 2do. se utiliza en la planta de manipuleo de polvo para recuperar los polvos contaminantes que resultan al hacer las mezclas, y el 3ro. lo recupera de las cargadas y descargadas de los 5 tanques de reclaimers.

Los humos, gases y polvos pasan por la masa de agua y el lodo resultante se bombea al espesor donde se -

recupera los valores metálicos.

Descarga y Transporte de la Calcina.- De las 2 tolvas de calcina de cada uno de los tostadores en operación, la calcina se descarga al carro de calcina con 2 hombres, quienes mediante una barreta de 12 piés x 7/8" de sección exagonal descargan la calcina de las tolvas hacia el carro. Una vez vaciada las tolvas de las 8 tostadores en operación, el carro se pesa en la balanza y luego se transporta a los hornos de reverberos con un motorista y 1 ayudante para que lo descarguen al reverbero N^o 1 ó 2.

El flujo de carros es a razón de 3 carros por hora para facilidad en el descargue de los carros, antes de cargar la calcina caliente, se le carga al carro unas 3 á 5 carretilladas de calcina fría, sea del techo o del tanque A, B ó 17.

La calcina de los tostadores 16 y 18 se descargan a un sólo carro y luego se descarga solamente en el reverbero N^o 1, porque su caldera de vapor tiene los tubos del intercambiador del calor más separados que los tubos de la caldera del reverbero N^o 2. Por tener los tubos más cerca se tapan al engrosar la película de polvo proveniente de los gases calientes alrededor de ellos y afecta el tiraje en el reverbero N^o 2, y también a la fusión.

El calor de los gases se aprovecha para generar vapor, así en la salida de gases del reverbero N^o 1 hay 2 -

calderas y en la salida de humos del reverbero Nº 2 hay una caldera.

En cualquier momento deben haber 2 carros en la - planta tostadora y 2 carros en reverberos, puesto que se emplean 4 carros para el transporte, quedandó el 5to. carro para mantenimiento mecánico y eléctrico ó en standby.

CAPITULO III

INGENIERIA GENERAL

A.- Cálculo del Flow Sheet.

1.- Balance de Materia y Energía

Por la complejidad de las reacciones que se producen durante la tostación, debido a la variedad de los elementos de que están compuestos los minerales sulfurados de cobre, todo lo cual hace imposible un exacto balance de materia y energía. Se ha recurrido a efectuar un estimado de balances, considerando las composiciones que se encuentran en la planta de preparación de los principales componentes y la proporción de fundentes que conforman la mezcla de cama de cobre.

Los cálculos efectuados en base a éstos datos y a la proporción de azufre, han facilitado la obtención de las cantidades (porcentajes) fijas de cada una de las especies minerales y fundentes respectivos.

Para ello no se han considerado algunos elementos como son: Arsénico, antimonio, bismuto, cadmio, etc. porque se encuentran en pequeñas cantidades y no influyen mucho en el proceso de la tostación.

El balance total desarrollado de esta manera no ha sufrido gran variación, por el contrario se han obtenido resultados aproximados, los cuales nos ponen de manifiesto que los cálculos aproximados efectuados guardan bastante relación con las reacciones que se llevan a cabo durante la tostación.

La mezcla de cama de Cu. se hace en base a diferentes concentrados, los que permiten tener un porcentaje adecuado de Cu. y una cantidad regulada de azufre y los fundentes respectivos. En el cuadro siguiente se puede observar las cantidades consideradas, en pesos y porcentajes de mezcla de cama de cobre típica.

CAMA DE COBRE

<u>MATERIAL</u>	<u>PORCENTAJE %</u>
Morococha pyrite flux -----	1.34 %
Metales en proceso -----	1.89
Mc Cune pit silver pyrite ore -----	19.26
Lime rock --	7.35
Sílice Santa Ana Substitute -----	3.62
Cerro Copper Precipitates -----	2.34
Copper concentrates -----	41.91
Mixed copper ores -----	1.36
Yauricocha sulphide ore -----	0.98
Smelter seconds -----	2.00
Arsenic dust stock Oroya -----	3.80
Roaster flue dust -----	2.78
Roaster copper clean up -----	1.49
Other intermediates (slag chips) -----	2.49
Yauricocha copper concentrates -----	8.49
	<u>100.00 %</u>

El peso varía de 3 á 7^{mil} W.M.T.

Los lechos de fusión tienen la composición:

9.5 % H ₂ O	11.4 % insol.	23.1 % Fe
28.8 % S	13.9 % Cu.	2.9 % CaO
	3.49 % Pb.	

Para estandarizar se mantienen entre ciertos límites las relaciones de : S/Cu, Fe/insol y CaO/insol.

La cantidad de cama se consume a un promedio aproximado de:

1,382 tons/día ó 41,460 TMH/mes para 2 Reverberos, operando 8 tostadores.

1,044 tons/día ó 31,320 TMH/mes para 1 Reverberos, operando 6 tostadores.

1 tostador con 3 dientes de alimentación trata 174 tons de cama/día.

$$174 \times 8 = 1,382 \quad \text{y} \quad 174 \times 6 = 1,044$$

y produce calcina respectivamente:

$$1,382 \times 0.853 + 57 = 1,235 \text{ ton.calci/d.}$$

$$1,044 \times 0.853 + 43 = 933$$

COMPOSICION CENTISIMAL DE UNA CARGA TIPICA

La carga proveniente de la cama contiene los siguientes porcentajes estimados de minerales y fundentes.

Cu ₂ S	17.70	-----	3.6	+	14.1
PbS	3.70	-----	0.5	+	3.2
FeS ₂	43.60	-----	20.2	+	23.4
ZnS	6.70	-----	2.2	+	4.5
Ag ₂ S	0.08	-----	0.03	+	0.05
Otros	9.65	-----	1.77	+	7.88
SiO ₂	11.25	-----	(11.25)		
CaCO ₃	7.32	-----	(4.1 OCa + 3.22 CO ₂)		
<hr/>					
	100.00 %	-----	28.3 % S	+	71.70

DATOS PREVIOS:

Se asume que el tostado elimina S de 28% en la carga de alimentación a un 19.2 % de S en la calcina. Los gases en la salida del tostador, en la garganta, contienen 3.2 % de SO₂ (análisis en seco) Los gases de todos los tostadores en operación en el ducto principal tienen una temperatura promedio de 200°C. La calcina de cobre que sale de las tolvas de los tostadores como producto en proceso es descargada a 850°C. Para la ignición de la carga y mantener la temperatura se usa petróleo bunker C ó 6 que se asume todo se quema por la alta temperatura y

que los gases resultantes de su combustión pasando por todos los pisos de cada tostador entran al ducto principal. También se asume que el petróleo tiene 85 % de C y 15 % de H.

Cálculos para el balance de Materia

Base 1,000 Kilogramos

Especie Mineral.	Mi Pesos en Kgrs.	S. inicial en Kgrs.	S. residual en Kgrs.	O ₂ requerido en mt ³ .
Cu ₂ S	177.0	36.0	-----	12.46
FeS ₂	436.0	202.0	-----	61.00
ZnS	67.0	22.0	-----	7.00
PbS	37.0	5.0	-----	1.73
Ag ₂ S	0.8	0.3	-----	0.05
Otros	96.5	17.7	-----	-----
SiO ₂	112.5	-----	-----	-----
CaCO ₃	73.2	-----	-----	-----
Para SO ₂	-----	-----	-----	84.00
	1,000.0	283.0	163	166.24

DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE AIRE USADO

Esta determinación implica el S contenido en la carga, el S eliminado y el SO₂ presente en los gases de salida.

LOS ANALISIS:

Porcentaje de Alimentación de:	% Fe	% CaO	% S	% Zn	% Pb	% Cu	Onz/T.C. Ag.	Onz/T.C. Au.	% As.	% Sb.	% insol	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃
Cama de cobre	23.4	4.1	28.3	4.5	3.2	14.10	18.1	0.080	2.6	0.40	11.6	11.25	---
Calcina de los tostadores.	28.0	4.8	19.2	5.3	3.5	15.40	20.7	0.095	0.80	0.30	12.4	12.0	0.8
Mata de los reverberos	22.1	---	23.7	4.0	7.5	37.09	0.55	0.185	0.50	0.30	0.6	---	---
Escoria de los reverberos.	41.2	6.7	0.7	6.4	2.1	0.57	0.53	0.002	0.80	0.20	36.7	35.6	1.5
Escoria de las convertidoras.	32.4	0.8	0.8	4.7	6.7	3.27	3.4	0.010	0.10	0.20	32.0	31.0	0.5

El análisis de S en la carga indica un 28.3 % de S, en peso se tendrá 283 kilogramos, y en la calcina resultante de 853 kgrs. indica 19.2 % de S que en peso es

$$853 \times 0.192 = 163 \text{ kgrs. de S residual.}$$

Luego el S eliminado es:

$$283 - 163 = 120 \text{ kgrs. de S eliminado como SO}_2$$

$$\text{SO}_2 \text{ en gases} = \frac{22.4}{32} \times 120 = 84 \text{ mt}^3 \text{ de SO}_2$$

$$\text{Volumen de gas} = \frac{84}{0.032} = 2,626 \text{ mt}^3 \text{ (seco)}$$

$$\text{O}_2 \text{ usando para SO}_2 = 84 \text{ mt}^3.$$

$$\text{O}_2 \quad " \quad " \quad \text{Cu}_2\text{O} = \frac{16}{159.1} \times 177 = 17.8 \text{ kgrs. } \hat{=} 12.46 \text{ mt}^3.$$

$$\text{O}_2 \quad " \quad " \quad \text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{48}{112} \times \frac{56}{120} \times 436 = 87.2 \quad " \quad " \quad 61.00 \quad "$$

$$\text{O}_2 \quad " \quad " \quad \text{ZnO} = \frac{16}{97.5} \times 67 = 11.0 \quad " \quad " \quad 7.00 \quad "$$

$$\text{O}_2 \quad " \quad " \quad \text{PbO} = \frac{16}{239.3} \times 37 = 2.475 \quad " \quad " \quad 1.73 \quad "$$

$$\text{O}_2 \quad " \quad " \quad \text{Ag}_2\text{O} = \frac{16}{172.1} \times 0.8 = 0.0744 \quad " \quad " \quad 0.052 \quad "$$

(Butts pag.231)

O_2 usado para petróleo:

$$\frac{22.4}{12} \times 0.85 \times 29.1 + \frac{22.4}{4} \times 0.15 \times 29.1 = 70.67 \text{ mt}^3$$

$$\text{O}_2 \text{ total requerido} = 166.24 + 70.67 = 236.91 \text{ mt}^3.$$

$$\text{El nitrógeno acompaña a éste: } \frac{236.91}{0.21} \times 0.79 = 892 \text{ mt}^3.$$

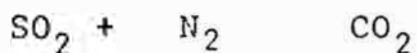
CO_2 de la combustión del petróleo:

$$\frac{44}{12} \times 0.85 \times 29.1 = 90.6 \text{ Kgrs.}$$

$$\text{CO}_2 \text{ total} = 122.8 \text{ kgrs. } \hat{=} \frac{122.8}{44} \times 22.4 = 62.5 \text{ mt}^3.$$

Volumen total de gases secos sin exceso de aire:

$$84 + 892 + 62.5 = 1,038.5 \text{ mt}^3$$



$$\text{Volumen de exceso de aire} = 2,626 - 1,038.5 = 1,587.5 \text{ mt}^3$$

Volumen total de aire:

$$1,587.5 + 236.91 + 892 = 2,716.4 \text{ mt}^3 \text{ ó } 3,490 \text{ kgrs.}$$

$$\text{exceso } \text{O}_2 + \text{N}_2$$

(requerido
1,128.91)

ESTEQUIOMETRIA DE LA TOSTACION EN HORNOS WEDGE
(*Estoiquimetría*)

Base: 1,000 Kilogramos.

Carga es pecie mi neral	Peso Kgrs.	Peso S.	Peso Metal	Oxigeno Mt ³	Aire Mt ³	Calcina Análisis	Peso
Cu ₂ S	177.0	36.0	141.0	--	--	Cu ₂ O	159.0
FeS ₂	436.0	202.0	234.0	--	--	FeO	262.0
ZnS	67.0	22.0	45.0	--	--	ZnO	55.9
PbS	37.0	5.0	32.0	--	--	PbO	34.5
Ag ₂ S	0.8	0.3	0.5	--	--	Ag ₂ O	0.6
Otros	96.5	17.7	--	--	--	MO	24.5
SiO ₂	112.5	--	--	--	--	SiO ₂	112.5
CaCO ₃	73.2	--	--	--	--	CaO	41.0
S inicial	--	283.0	--	--	--	S residual.	163.0
TOTAL	1,000.0	283.0		166.24 + 70.67 236.91	791.7 + 337.2 1,128.9		853.0

Verificando con el dato experimental de:

$\frac{99,607 \text{ tons. producidas de calcina}}{116,913 \text{ tons. de alimentación.}} = 0.853 \text{ tons. calcina/Ton. alimen.}$

Expresado en kilogramos: se produce 853 Kgrs. de calcina - por 1,000 Kgrs. de alimentación.

CUADRO DE BALANCE DE MATERIA POR 1,000 Kgrs. DE CARGA

<u>Carga</u>		<u>Calcina</u>		<u>Gases (ducto)</u>	
Cu ₂ S	177.0	Cu	141.0	S	36.0
FeS ₂	436.0	Fe	234.0	S	202.0
ZnS	67.0	Zn	45.0	S	22.0
PbS	37.0	Pb	32.0	S	5.0
Ag ₂ S	0.8	Ag	0.5	S	0.3
				(S total	265.3
SiO ₂	112.5	SiO ₂	112.5		
CaCO ₃	73.2	CaO	41.0	CO ₂	32.2
H ₂ O	100.0			H ₂ O vapor	100.0
(Bunker C ó C=29.1)					
C	24.74			C	24.74
H	4.36			H	4.36
(Aire 3,500 Kgrs).					
77 % N ₂ ...	2,695.0			N ₂	2,965.0
23% O ₂	805.0	O ₂	106.9	O ₂	698.1
TOTAL	4,532.6 =		712.9 +		3,819.7

$$C \text{ Petr6leo} \dots \frac{44}{12} \times 24.74 = 90.6 \text{ CO}_2 + 32.2 = 122.8 \text{ CO}_2$$

$$H \text{ " } \dots \frac{18}{2} \times 4.36 = 39.24 \text{ H}_2\text{O} + 100 = 139.24 \text{ H}_2\text{O}$$

$$\text{O}_2 \text{ para los 120 Kgrs. de S es} = 120.0 \text{ Kgrs.}$$

$$\text{O}_2 \text{ " CO}_2 \text{ es} = \frac{32}{44} \times 122.8 = 89.3$$

$$\text{O}_2 \text{ " H}_2\text{O es} = \frac{16}{18} \times 139.24 = 123.7$$

O_2 en exceso de aire

$$\text{es } 1,587.5 \times 0.23 = \frac{365.1}{698.1} \text{ " Total.}$$

$$\text{O}_2 \text{ en la calcina} = 805.0 - 698.1 = 106.9 \text{ Kgrs.}$$

BALANCE DE CALOR

(Tabla pag. 414 y 415 A. Butts Formaci6n de 6xidos por Unidad de peso de Metal)

(Tabla pag. 420 A. Butts Formaci6n de sulfuros por Unidad de peso de metal).

Calor Suministrado:

Calor de Combusti6n de petr6leo:

$$29.1 \text{ Kgr} \times 10,300 \text{ Kcal/Kgr oil} = 299,730.0 \text{ Kcal} = 21.2 \%$$

$$\text{Oxidaci6n de S a SO}_2 : 265.3 \times 2,212 = 586,843.6 \text{ Kcal} = 41.5$$

$$\text{Oxidaci6n de Cu a Cu}_2\text{O: } 141 \times 335 = 47,235.0 \text{ " } = 3.3$$

$$\text{Oxidaci6n de Fe a Fe}_2\text{O}_3: 234 \times 1,777 = 415,818.0 \text{ " } = 29.4$$

$$\text{Oxidaci6n de Zn a ZnO : } 45 \times 1,277 = 57,465.0 \text{ " } = 4.0$$

$$\text{Oxidaci6n de Pb a PbO : } 32 \times 253 = \underline{8,096.0} \text{ " } = 0.6$$

$$\text{Total Calor Disponible.} = 1,415,187.6 \text{ " } = 100.0 \%$$

Calor absorbido:

Descomposición del Cu_2S	=	141 x 149	=	21,009 Kcal.
"	"	FeS_2	=	234 x 636 = 148,824 "
"	"	PbS	=	32 x 107 = 3,424 "
"	"	ZnS	=	45 x 674 = 30,330 "
"	"	CaCO_3	=	<u>41 x 773 = 31,693 "</u>

Calor total absorbido en descomposición = 235,280.0 " = 16.6%

Evaporación del agua = 100 x 586 = 58,600.0 " = 4.2

Calor sensible en la calcina:

$$853 \times 0.2 \times (850 - 20) = 141,598.0 \text{ " } = 10.0$$

Calor sensible en gases (ver abajo) = 764,974.9 " = 54.0

Calor perdido por radiación, etc. = 214,734.7 " = 15.2

Total calor absorbido = 1'415,187.6 " = 100.0 %

Calor sensible de los gases:

$$\begin{aligned} \text{SO}_2 + \text{CO}_2 &= (84 + 62.5)(0.406 + 0.00009 \times 830) (850 - 20) \\ &= 146.5 (0.406 + 0.0747) 830 \\ &= 121,595 \times 0.481 \\ &= \underline{58,487.2 \text{ Kcal.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= (100 + \frac{4.36 \times 18}{2}) (0.373 + 0.00005 \times 830) (850 - 20) \\ &= 115,500 (0.373 + 0.0415) \\ &= 115,500 \times 0.415 \\ &= 47,932.5 \text{ Kcal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
O_2 + N_2 &= (\text{Exceso de aire} + N_2 \text{ queda del } O_2 \text{ usado})(0.302 + \\
&\quad 0.000022 \times 830) 830 \\
&= (1,587.5 + 892.0)(0.302 + 0.000022 \times 830)830 \\
&= 2,479.5 (0.302 + 0.01825)830 \\
&= 2'057,985 \times 0.3203 \\
&= 658,555.2 \text{ Kcal}
\end{aligned}$$

Total:

$$SO_2 + CO_2 + H_2O + O_2 + N_2 = 764,974.9 \text{ Kcal.}$$

2.- Cálculo de Diseño.

Para los cálculos de diseño, solamente se ha considerado una máquina "el tostador Wedge porque todos los tostadores de la planta son iguales, del mismo tipo y modelo. El diseño de cada máquina implica la determinación de:

- a.- Potencia
- b.- Capacidad.
- c.- Dimensiones básicas.

a.- Cálculo de la Potencia.- El motor blindado o tipo cerrado se utiliza para mover la columna con brazos y el apron feeder de cada tostador, consume corriente según los siguientes valores

<u>Máquina</u>	<u>Voltaje</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Columna de brazo</u>
c/tostador	440 V	27 Amp.	900rpm 1.7 rpm
Potencia =	$\frac{440 \times 27}{1000} \times \text{Cos} / \sqrt{3} = 11.9 \times 0.72 \times 1.73$		

$$= 14.95 \text{ Kw. que equivale a 20 HP.}$$

b.- Cálculo de la Capacidad.- Como todas estas máquinas son iguales, tienen el mismo tamaño e igual alimentador mecánico, se ha tomado cualquier tostador; hallándose las siguientes:

Medidas en la alimentación: (Base: Tostador con 3 dientes de alimentación)

Espesor de la carga = $\frac{(5.5)}{12}$ pies, de avance/eslabón/
3 dientes.

Longitud = $\frac{(34)}{12}$ piés.

Ancho = $\frac{(7.5)}{12}$ piés

Superficie = $l \times a = \frac{(34)}{12} \frac{(7.5)}{12}$ piés² = S

Volumen de la carga = $V = S.e = \frac{(34)}{12} \frac{(7.5)}{12} \frac{(5.5)}{12}$
= 0.813 pie³/eslabón.

Pero en 15 minutos avanza 45 eslabones; o sea 180 eslabones/hora ó 4,320 eslabones/día

Peso en toneladas métricas del material de alimentación.

Fórmula = $P = \frac{V.D}{2,204} = \frac{4,320 \times 0.813 \times 109}{2,204} = 174$ Tone

ladas métricas/día.

Velocidad de flujo del material alimentado/día/tostador en 3 dientes.

El flujo en piés³/minuto = $G = 0.813$ pié³/eslabón
x 3 eslab/min.
= 2.439 pie³/min.

D = densidad promedio en lbs/pié³

f= factor equivalente de tiempo igual a 1,440 min/día

Luego el flujo en toneladas por día será:

$$F = \frac{G.D.f}{2,204} = \frac{2.439 \times 109 \times 1,440}{2,204} = 174 \text{ Ton/día.}$$

Total cada tostador

con 3 dientes 174 Tm/d (alimentación), produce (cal
cina) 148.5 TM/d.

Con 4 dientes 211 TM/d (alimentación), produce (cal
cina) 180 TM/d.

Con 2 dientes 112.5 TM/d (alimentación), produce (cal
cina) 96 TM/d.

NOTA: (Alimentación) (0.853) = (calcina)

c.- Dimensiones Básicas.- El tostador Wedge tiene las si-
guientes dimensiones:

22'6" de diámetro exterior

22'5.5" de alto

5'10.5" de diámetro de la columna central vertical al
cual están unidos los brazos de cajones y rastrillos,
(4 brazos sin refrigeración en la taza y 2 con refrige-
ración en c/u de las demás soleras). La rotación de es-
te conducto es de 1.7 r.p.m. es impulsada por un motor
de 20 HP y un sistema de transmisión (los operarios -
pueden trabajar en el ducto para quitar o reparar bra-
zos; el sistema de tuberías de aire de refrigeración de

brazos está en el ducto de la columna. El cilindro - vertical es plancha de acero revestido de ladrillos - refractarios, cuyas 6 soleras son de construcción de arco. El piso de las soleras, las paredes y el techo del horno están revestidos de refractarios para conservar el calor y proteger el metálico.

3.- Especificaciones del Equipo:

Faja transportadora 13 - 20 HP - 440 V - 26 A - 1,750 rpm
24" - 230 t/hr.

Faja transportadora 14 " " " " " " " "
24" - 230 t/hr.

Faja transportadora 15 " " " " " " " "
24" - 230 t/hr.

Faja transportadora 16 " " " " " " " "
24" - 230 t/hr.

Faja transportadora 17 30 " " 42 " 1,175 "
24" - 230 t/hr.

Faja transportadora 18 20 " " 27 " 1,765 "
28" - 230 t/hr.

La velocidad de la faja 13, 14 y 15 es 270 piés/min, de la 16, es 307, de la 17 es 360, y de la 18 es 320 piés/min.

Tripper car 18 es accionado con una polea motriz y 2 coplas

Faja transportadora 208	-	10 HP	-	440 V	-	13.2 A	-	1,745 rpm
"	"	209	"	"	"	"	"	"
"	"	210	"	"	"	"	"	"
"	"	211	"	"	"	"	"	"
"	"	212	"	"	"	"	"	"

Ventiladoras 1 y 2 (tiraje en ducto) - 200 HP - 2,300 V -
55 A - AllisCH. Cap. 375,000 p.c.m.-
Control de veloc. de 1 á 6.

Tostador 1 al 15 - 20 HP - 440 V - 27 A - 900 rpm - column.
1.7 rpm.

Gusano 51, 52 y 53 - 5 HP - 440 V - 7.5 - 1165 rpm.

Tolva de alimentación 1 al 15 - Capacidad 103 Ton.Mt. C/u
tiene su apron feeder, cuyo avance se regula de 1 á 4 dien
tes. C/tostador tiene sus 2 tolvas de calcina cuya capacidad
es de 5 T.M. c/u Cottrell 1 al 15, c/u corresponde a un -
tostador.

Bomba de petróleo 1 = 15 HP - 440 V - 19.2 A - 1,165 rpm.

" " " 2 " " " " " " " "

" " " 3 30 " " " 37.2 " 1,770 "

" " " 4 " " " " " " " "

Tanque de petróleo 1 con capacidad de 5,950 galones ó 20.2
T.M. diámetro = 7.5', área base = 44
pie² e indicador de 0 á 18' de altura.
" " " 2 con igual capacidad y dimensiones que
el N^o 1.

Ventiladora 1 - 50 HP 2,300 V 13 A 695 rpm. Cap 20,000 p.c. m

" 2 " " " " " " " " " 20,750 "

" 3 " " 440 " 62.5A 625 " " " 20,000 "

Soplador 4 - 75 " " " 92 A " " " 4,850

" 6 100 " " " 119 " 3,550 " " " 10,000 "

Ventiladora 7 50 " " " 62.5A 1,765 " " " 20,000 "

" 8 " " " " " " " " " " " "

Balanza de 50 toneladas métricas de capacidad.

Ascensor de 5 tons. de capacidad, 25 HP-230 V-81 A.

Carros de calcina 1 al 5 c/u con 2 motores - 25 HP - 230 V
81 A. y una compresora de aire para freno, pitos - 3 HP -
230 V - 11.58 A.

Locomotora eléctrica 1 y 2 - 100 HP - 230 V - 324 A.

Locomotora diesel N^o 111 - 210 HP

Unidad rectificadora de corriente continua - 225 HP - 2,300
V - 56.5 A - 1,200 r.p.m. - a 250 V.

Ventiladora de aire caliente horh cottrell 2Hp - 440 V -
3.2A - 1,740 rpm.

Ventiladoras bag house 6 y 7 - 7.5 HP - 440 V - 10.5 A -3,500 "

Sacudidor 6 y 7 1/3 HP = 440 V - 0.75 A - 1,765 r.p.m.

Gusano transportador 61 - 5 HP - 440 V - 7.7 A 1,180 r.p.m.

" " 62,63,11 y 13: 15HP - 440 V- 18.5A-1,760 "

" " 64: 15 HP - 440 V - 20.5 A - 1,160 r.p.m.

" " 12: 7.5 HP - 440 V - 10 A - 1,740 r.p.m.

Elevador de canjilones 1 - 15 HP - 440 V - 19 A - 900 r. p. m.

" " " 2 50 " " " 61 " 1,760 "

Tanque de reclaimers 1 al 5, volumen 3,284 piés³.

N^o 1 y 2 de material frío, cap.245 TM.

lb/pie³ (p = 163.5)

N^o 3 de As de stock, cap. 100 TM (p=68)

N^o 4 de polvos de Pb, cap. 90 TM.(p=60)

N^o 5 de conc. Pb Paragsha, cap. 315 TM'

(p=210)

Tanque de calcina fría A ó B de 220 TM de cap.

" " " " 17 de 155 TM. de cap.

Unidad de precipitación caliente (electrodos, planchas, control) (transformadores).

Gusano transportador 31, 32 y 33: 7.5 HP - 440 V - 10.4 A
1,745 r.p.m.

Gusano transportador 1 al 11: " " " " " "
1,745 r.p.m.

Gusano A3 y A4: 15 HP - 440 V - 20 A - 1,750 r.p.m.

Mezcladora M2: 15 HP - 440 V - 19.8 A - 1,170 r.p.m.

Máquina recogedora: motor avance y retroceso 25 HP; motor de las lampas-cadena 50 HP (54 lampas, 1 eslabón de cierre y 164 eslabones en la cadena).

Plataforma : 6 HP.

Tolva 6:	cap. 267 TM. ó 294 TC	- V = 12,000 piés ³	(p=50 lb/pie ³ ,
7:	" 214 " " 235 "	V = " "	(p=40 ")
8:	" 182 " " 200 "	V = 2,000 "	(p=200 ")
9:	" 136 " " 150 "	V = " "	(p=150 ")

Mandil alimentador M 11 y 12: 3 HP - 440 V - 4.5 A - 1,740 rpm

Gusano alimentador M 9 y M 10: 15 HP - 440 V - 19.6 A -
1,745 r.p.m.

Gusano transportador M8: 30 HP - 440 V - 37.4 A - 1,760 rpm.

Mezcladora M7: 25 HP - 440 V - 32.6 A - 1,750 rpm.

Scrubber 1 y 2: 20,000 piés cúbicos por minuto

" 3 : 10,000 " " " "

Ventiladora-scrubber 1: 100 HP - 2,300 V - 24.5A - 1,775 rpm-
Cap. 18,500 pcm.

Ventiladora-scrubber 2: 125 HP - 440 V - 143 A - 1,770 rpm.
cap. 22,000 pcm.

Ventiladora-scrubber 3: 40 HP - 440 V - 50 A.

Bomba de lodo 1: 15 HP - 440 V - 19.6 A - 1,745 rpm. - Cap.
60 gpm.

Bomba de lodo 2: 25 HP - 440 V - 32.6 A - 1,750 rpm. Cap.
100 gpm.

Bomba de lodo 3: 5 HP - 440 V - 6.8 A.

Precalentador eléctrico -- $3 \times 8.8 = 26.4$ kilowatts = 35.4 HP
precalentador de vapor.

Gusano transportador M 20 - 7.5 HP - 440 V - 10.1 A.

" " M 22 - 20 HP - " " - 27 A.

Cortadora de ladrillos 1.5 HP - 440 V - 2.2 A - 1,740 rpm.

Faja alimentadora N^o 1, 2, y 3: 5 HP - 440 V - 7.5 A -
1,155 rpm.

Gusano alimentador N^o 4: 7.5 HP - 440 V - 10.5 A - 1,745 rpm.

Apron feeder N^o 5: 5 HP .. 440 V - 7.5 A - 1,155 rpm.

B.- Plano de Diseño de Máquina.

El plano completo se muestra
en el apendice.

CAPITULO IV

ECONOMIA GENERAL

ECONOMIA GENERAL

Ventajas propuestas de mejoras en el sistema de tostación de minerales sulfurados de Cu. son las siguientes:

- 1^a.- Camas de cobre standar más ricas (13.7% Cu) para operar los tostadores con temperaturas más bajas (640°C) y cuya alimentación sea de 4 dientes.
- 2.- Control de la formación de la magnetita en la calcina para lograr posteriormente en los hornos de reverberos una buena fusión y separación de mata y escoria mediante un estricto control del tiraje y la entrada, en exceso del aire falso que dará por resultado un ahorro de combustible al evitar que dicho exceso de aire se lleve calor en los humos.
- 3.- Descargar el polvo del ducto principal de las tolvas 7, 8 y 9 al 2do. hogar de los tostadores 11, 13 y 15 para recuperar más de 2,000 lbs. de Pb. por día que se pierde por las escorias de los reverberos (11.6 tons/día de polvo con 13 á 33 % Pb.)
- 4.- Descargar el polvo de las tolvas laterales al 4to. piso del tostador y no al 6to. para la operación eficiente de los quemadores instalados en el 6to. piso con el consiguiente ahorro de combustible, mejor control de temperaturas y menor formación de escarchas en los quemadores.

- 5.- Transporte del polvo del ducto inclinado por gusanos al tanque 11, en lugar de descargar en carros metale ros (disminuir la contaminación ambiental y los hom gres-hora).
- 6.- El tratamiento de polvo de cottrell central y concen trado de Paragsha para los tostadores 11, 13 y 15; y del polvo de cottrell de arsénico y cama de cobre pa ra los tostadores 16-18, empleándose 4 tolvas, 2 gu sanos, 2 mandiles, 1 mezcladora, fajas y 1 elevador de canjilones.
- 7.- Precipitador caliente para los humos de los tostado res 11, 13 y 15 para mejorar las condiciones ambien tales y la recuperación de los polvos contaminantes, de sus valores metálicos.
- 8.- Adaptación de la 2da. tolva del tostador 17 para ma terial frío a la entrada de los tostadores, para evi tar demora y recorrido innecesario de los carros de calcina hasta cerca del tostador 2 donde están los tanques A y B de fría y regreso hacia el tostador 17 luego de cargar en los carros un poco de fría.
- 9.- Instalación de faja alimentadora en chute de tanque 1, 2 y 3; de gusano alimentador en tolva del tanque 4 y apron feeder en chute del tanque 5, además malla de 3" x 3" en la boca de los 5 tanques de reclaimer y de los chute-carritos de las fajas 13. 14 y 15; y

revestir con lona de jebe las poleas motrices de fajas 13, 14, 15 y 16, especialmente para época de lluvias.

- 10.- En los tostadores: cambio de los motores a blindado o de tipo cerrado; cambio del sistema de transmisión antiguo a reductor falk, instalar deflectores en el piso de secado a la altura del apron feeder; indicadores de carga de alimentación al panel del cuarto de control; modificar la **compuerta** de cuchilla vertical en vez de inclinado en cada ducto de sección cuadrada del tostador para accionar con cable y tambora; instalar compuertas modificadas en las tolvas de calcina que evitará derrames de calcina a líneas: evita descargas de carros de calcina y menos horas-hombres dedicados a limpieza.
- 11.- Prototipo de sistema de ventilación en los tostadores 16 - 18 con campanas y ductos hacia el scrubber 1 para los humos y polvos resultantes de la descarga de calcina de las tolvas del tostador hacia los carros y reparación de dichos polvos con valores metálicos.
- 12.- Mecanización de la limpieza del 1er. piso con un payloader chico en vez de muchos hombres con carretillas y lampas, o sea se reduce 6 hombres menos en el personal de patio.
- 13.- En lugar de operar con 4 carros, operar con 3 carros

previo incremento de la capacidad de transporte en un 30 % (de 20 tons. metricas, netas a 26 tons.) que da lugar a 6 hombres menos por día y un carro en reserva o stand by o para mantenimiento preventivo.

14.- Incremento de la capacidad de tratamiento de cama de cobre de cada tostador en un 30 % sea:

a).- Cargando concentrado de Cu. con 1.7 % de As y 19.8 % de S. en la 2da. tolva de alimentación existente y descargando por tuberías hacia el 5to. piso y caída al 7mo. piso para un secado instantáneo.

b).- Usando como material frío una mezcla en la proporción 1 a 1 de concentrado de 19.2 % de S. y 1.5 % de As y calcina fría, luego usar esta mezcla en todos los viajes.

CAPITULO V

C O N C L U S I O N E S

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones relativas a las ventajas y mejoras en la eficiencia de la tostación son las siguientes:

- 1.- Mayor producción de calcina por unidad de tiempo por tostador en operación en 4 dientes, empleándose un menor número de tostadores.
- 2.- Obtención de calcina de mejor calidad: contiene un mayor porcentaje de Cu. metálico, llegándose a producir calcina con un 15.5 á 16.5 % de Cu. El contenido de Cu en la calcina normalmente era de 11 %.
- 3.- Mejorar ~~la~~ aglomeración del mineral y menos derrames y ahorro de horas-hombres en la limpieza y también en la recirculación del material de limpieza.
- 4.- Mayor cantidad de azufre quemado que incide un ahorro de combustible.
- 5.- Gas de SO₂ concentrado para la producción de ácido.
- 6.- Menor contaminación del aire ambiental con SO₂, a veces se elimina casi por completo con un mejor tiraje, cottrell caliente, los 3 scrubbers y el sistema de ventilación en la descarga de calcina en la planta (prototipo en tostadores 16 - 18)
- 7.- Al trabajarse con temperaturas más bajas (640°C) se -

reduce la formación de escarchas e incrustaciones, igualmente se disminuye el número de brazos rotos, menor gasto de cajones y rastrillos y menos horas-hombres empleados por los mecánicos horneros en su mantenimiento y por los limpiadores de escarchas.

	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>
Brazos rotos:	158	92	53	31
(En tostadores Cu.	---	--	21	9)
8.- Incide en el número de accidentes:			18	9

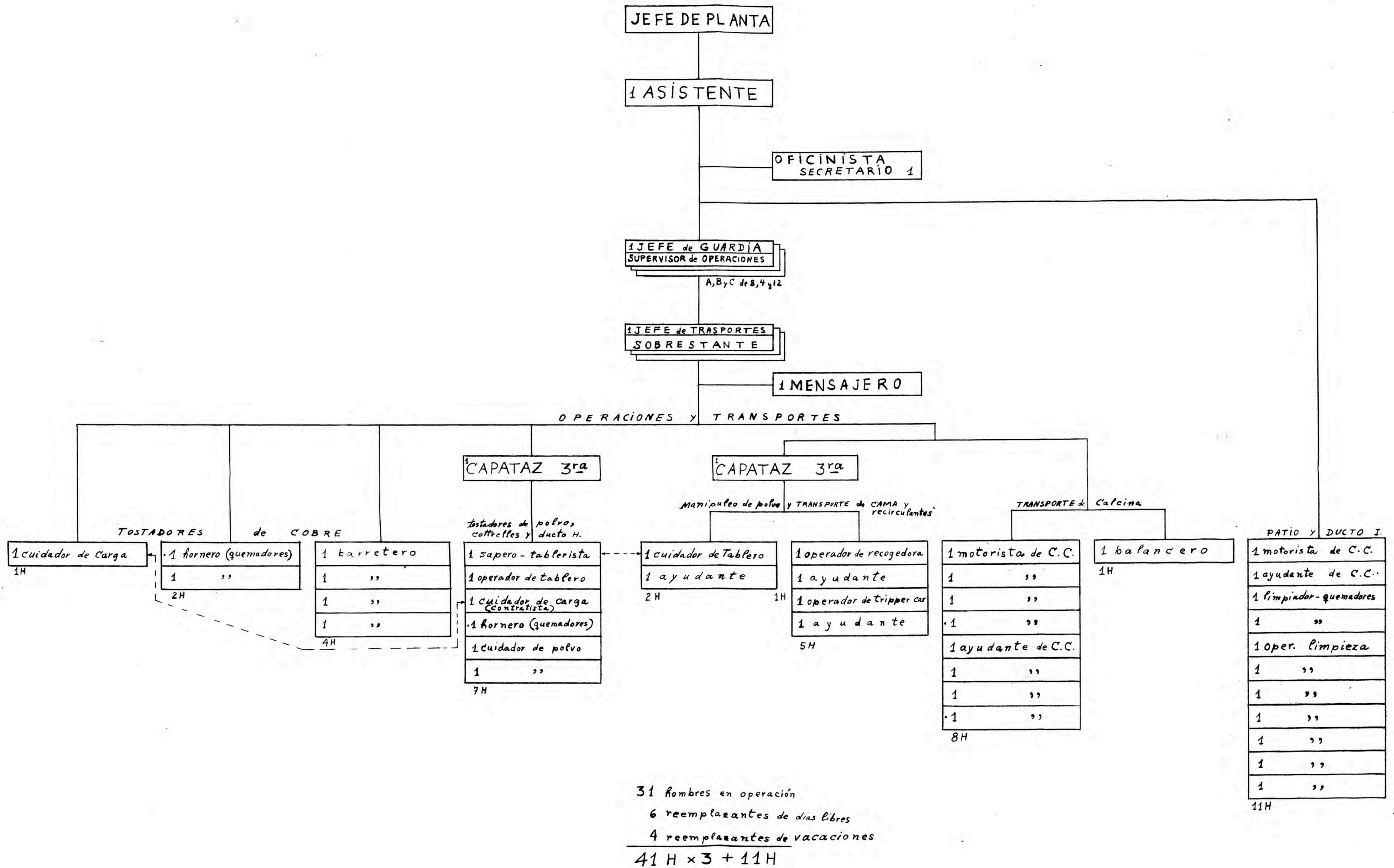
9.- Consecuentemente tenemos una fuerza laboral (manpower) menor y menor equipo utilizado, facilidad para el mantenimiento preventivo y facilidades para los operadores.

Cada uno de estos puntos representan un progreso importante en la eficiencia y economía de la planta de tostación. Siguiendo con las mejoras en su eficiencia en el transcurso del tiempo, se logrará mayores éxitos.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Metalurgia Extractiva de los metales No Ferreos por
John L. Bray
- 2.- Metalurgia General por el Ing. G. Tantalean V.
- 3.- American Bureau of Metal Statistics -- 1970
- 4.- Anuario de la Minería del Perú -- 1969 -- Ministerio de
Energía y Minas- Dirección General de Minería.
- 5.- Peruvian Times - 27 de Agosto de 1971
- 6.- Enciclopedia de Tecnología Química por:
Raymond E. Kirk - Jefe del Departamento de Química --
del Instituto Politécnico de Brooklyn
Donald F. Othmer - Jefe del Departamento de Ingeniería
Química del Instituto Politécnico de Brooklyn. (Pág.949)
- 7.- Handbook of mineral dressing - Taggart
- 8.- Metallurgical Engineering Series -- by Allison Butts --
Second edition.

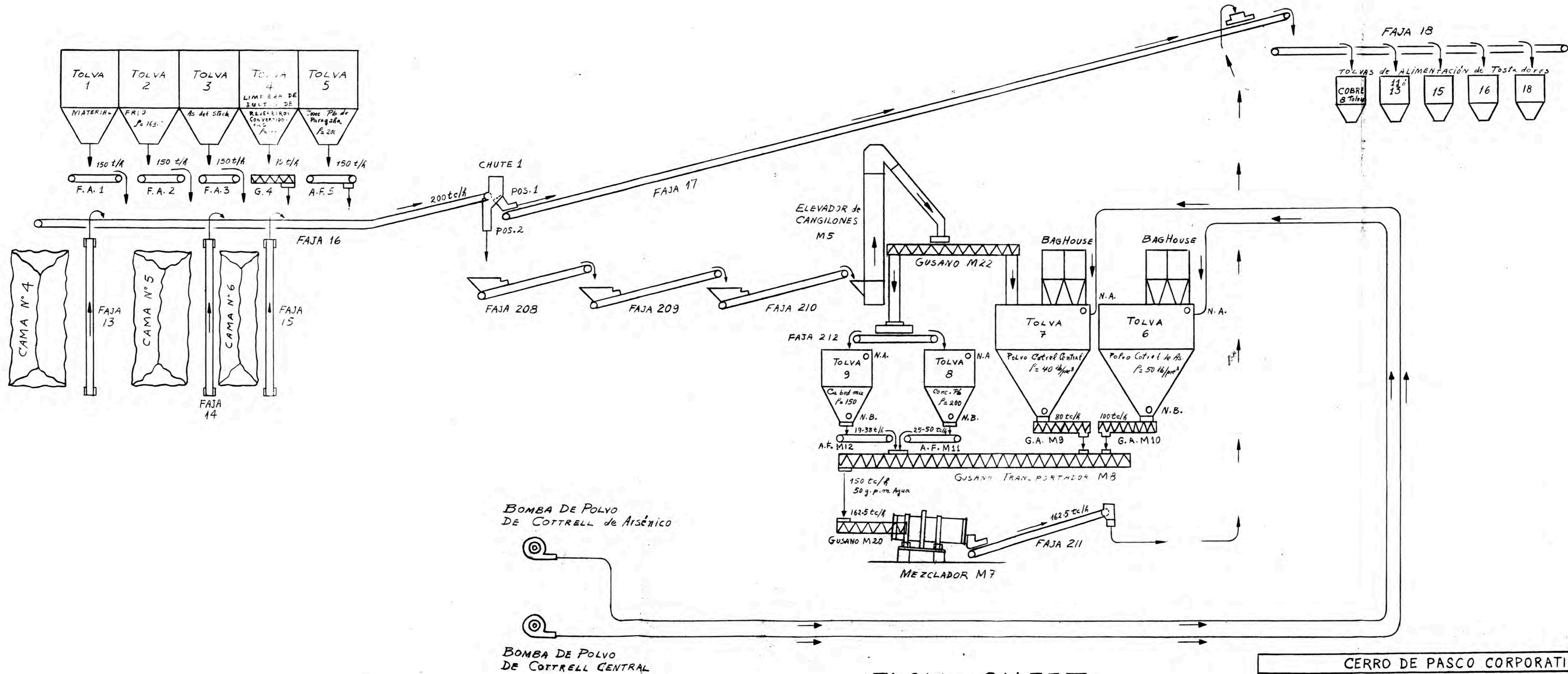
ORGANIGRAMA DE TOSTADORES DE COBRE



31 hombres en operación
 6 reemplazantes de días libres
 4 reemplazantes de vacaciones

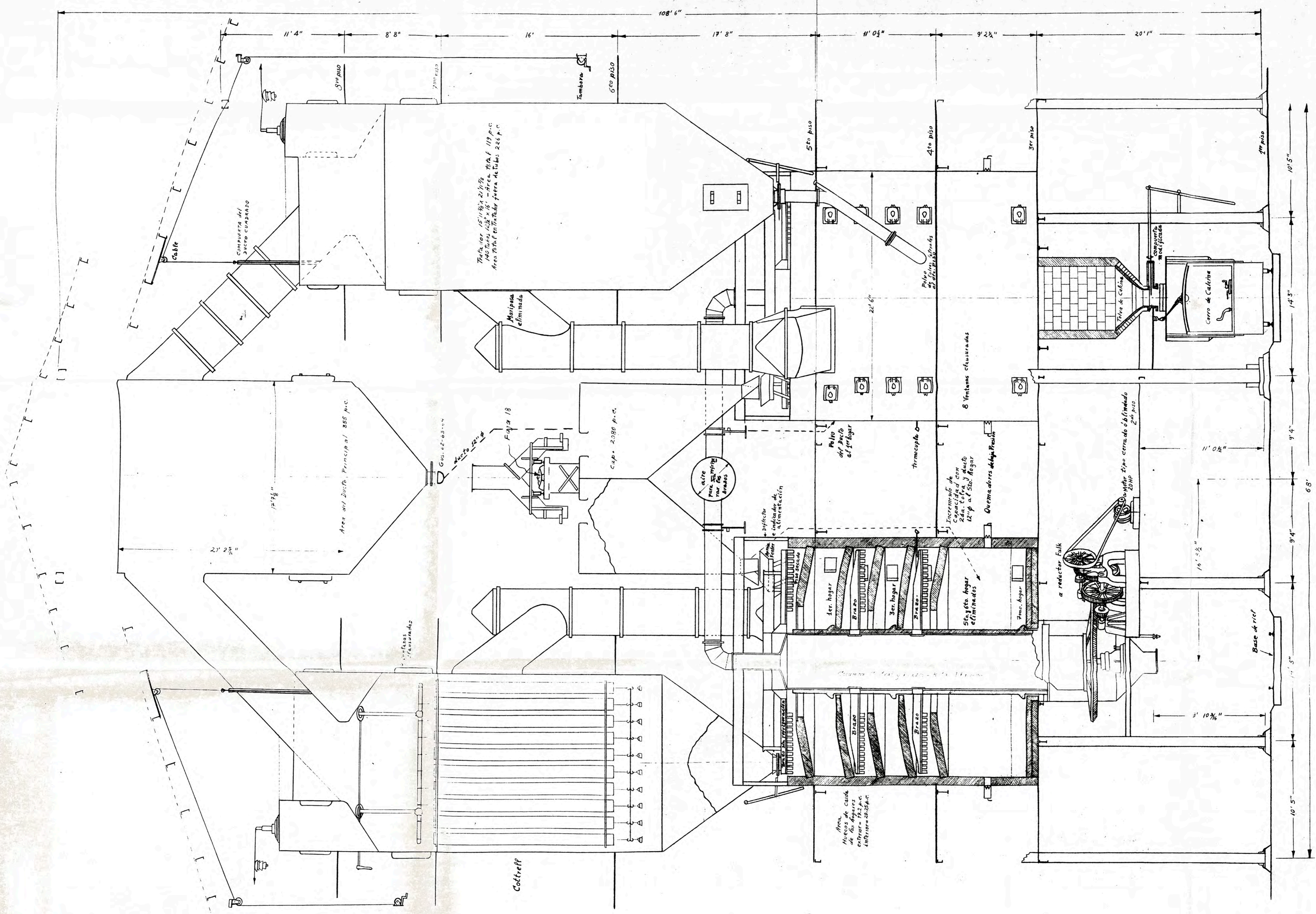
 41 H x 3 + 11 H

TOTAL = 134 Hombres
 y 11 empleados.



FLOW SHEET

CERRO DE PASCO CORPORATION
MEJORAS EN EL MANIPULEO Y MEZCLADO DE POLVOS - I, IV FASE
LA PLANTA TOSTADORA de COBRE
SIN ESCALA



CERRO DE PASCO CORPORATION
TOSTADORES DE COBRE
Escala: 1/4" = 1 pie

PARTES DE UN QUEMADOR de Baja Presión

⑦ Entrada de aire inducido Control de aire inducido

① Llave de ajuste de petróleo, con numeración

② Palanca para cerrar el petróleo rápidamente

③ Palanca de control unitario y de aire

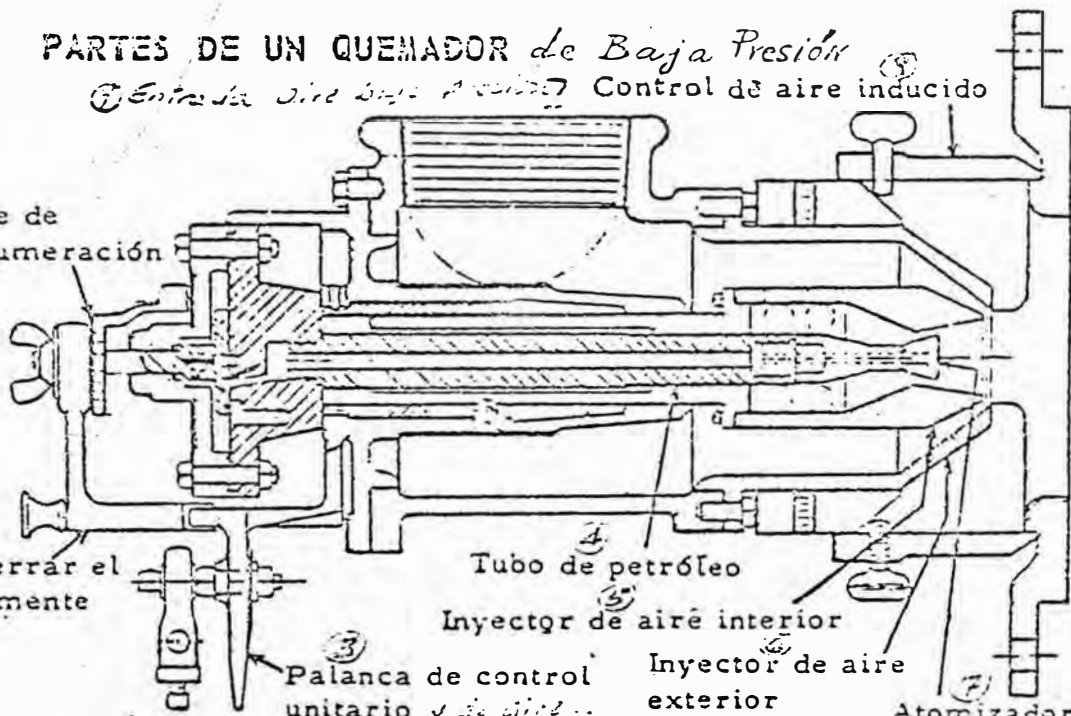
④ Tubo de petróleo

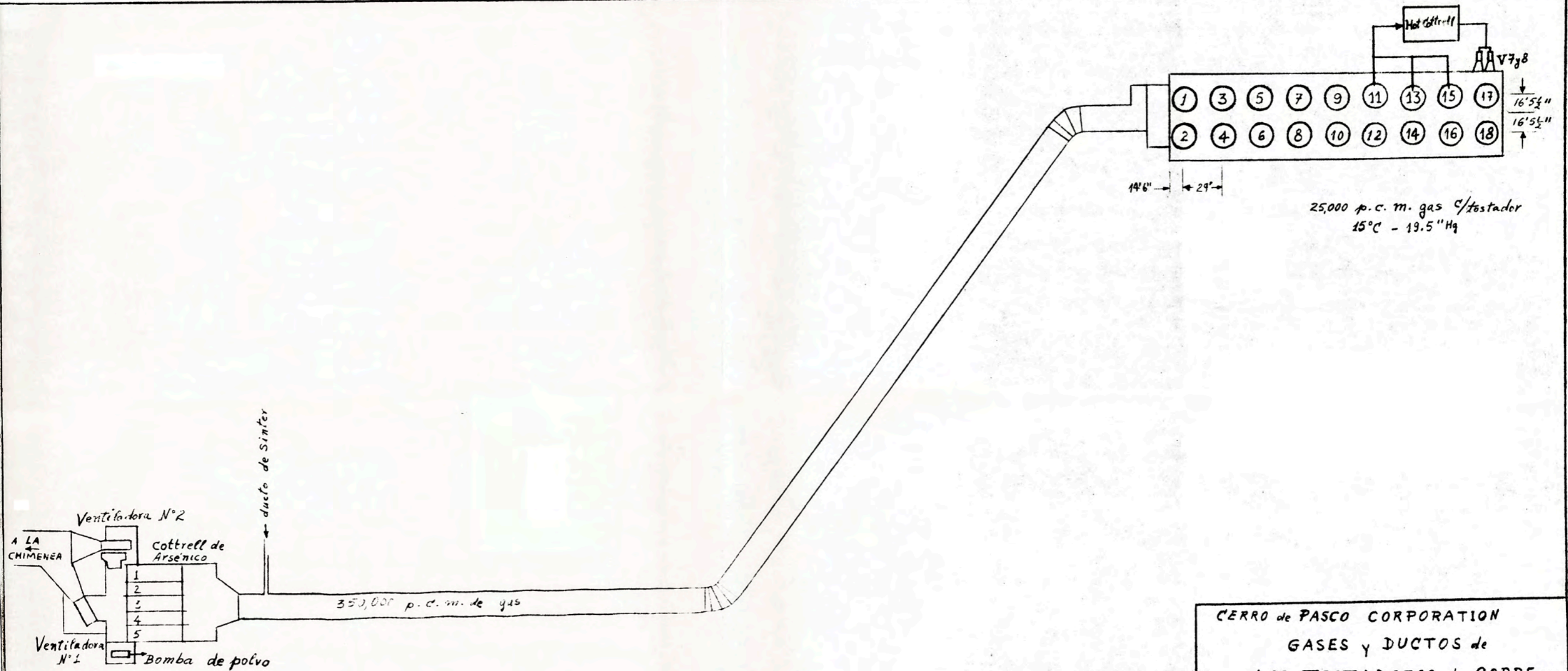
⑤ Inyector de aire interior

⑥ Inyector de aire exterior

⑦ Atomizador de petróleo tipo Copa

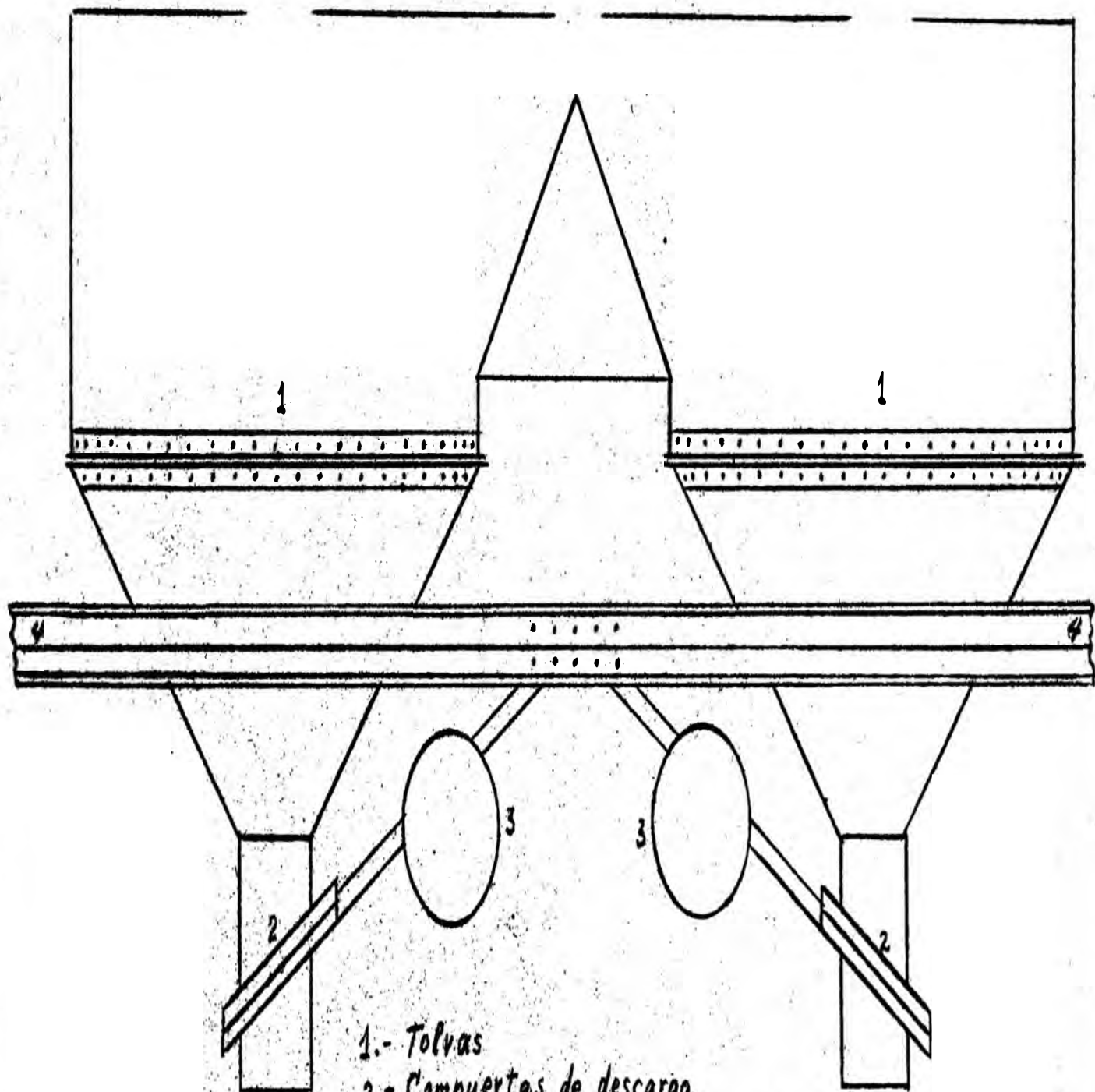
Nº 2 Hauck 782 U





25,000 p.c.m. gas c/tostador
 15°C - 19.5" Hg

CERRO de PASCO CORPORATION
 GASES y DUCTOS de
 LOS TOSTADORES de COBRE



- 1.- Tolvas
- 2.- Compuertas de descarga
- 3.- Ruedas de control de compuertas
- 4.- Marco

CERRO de PASCO CORPORATION
 CARRO de CALCINA