

MINERALOGIA APLICADA

**MEMORIA sobre la metalúrgia práctica del plomo y de la plata
en el distrito de minas de Zimapan.**

TEORIA DEL BENEFICIO POR VIA SECA Ó DE FUNDICION:

OBSERVACIONES

SORRE LOS METODOS ADOPTADOS EN ESTE DISTRITO, Y ANALISIS DE ALGUNOS MINERALES,
Y DE LOS PRODUCTOS ARTIFICIALES OBTENIDOS
EN EL TRATAMIENTO METALURGICO,

POR EL SR. D. FEDERICO FARRUGIA MANLY, SOCIO CORRESPONSAL EN ESE LUGAR.

(CONTINUA.)

*Fórmula de los lechos de fusion para los metales argentíferos
de la mina de San Júdas en la Bonanza.*

Los metales que produce la mina de San Júdas en el Mineral de la Bonanza, son compuestos de plomo, plata, arsénico, azufre, antimonio, fierro, manganeso y zinc; de estas sustancias predominan notablemente el arséni-

co, azufre, antimonio y zinc, todas bastante nocivas en el beneficio ó extraccion de la plata de sus minerales por vía seca, no obstante que algunas de ellas cambian de naturaleza por medio de la calcinacion, y otras desaparecen casi completamente.

Fórmula de los lechos de fusion para los metales de San Júdas.

	LIBRAS.	KILOGRAMOS.
Metal argentífero de la mina de San Júdas, calcinado al aire libre.	3,000 00	1,380 240
Metal de carbonatos y óxidos de plomo de la mina de Lomo de Toro.	3,000 00	1,380 240
Metal compuesto de fierro pardo.	800 00	368 064
Plomillos lavados (Schils).	700 00	322 056
Fierros del vaso (absugs y abstrichs).	400 00	184 032
Copela del vaso. (Cendrada).	650 00	299 052
Fierros de planchera (mattes).	900 00	414 072
Litargirio.	900 00	414 072
Grasas de la fundicion misma.	3,750 00	1,725 300
Total peso de un lecho de fusion.	14,100 00	6,487 128

El plomo metálico contenido en uno de estos lechos de fusion, es el siguiente:

3,000 libras metal plomoso de la mina de Lomo de Toro, al 15 p ₁₀₀ de ley.	Libras, 450 00
900 libras litargirio, al 92·83 p ₁₀₀	,, 835 47
	Libras. 1,285 47
El producto como término medio del horno en 24 horas es de.	Libras. 1,250 00
Diferencia de libras de plomo.	35 47

NOTA.—No se hace mencion del plomo contenido en los plomillos *absugs*, *abstrichs* y cendrada, por ser productos accidentales que no siempre se agregan á los lechos de fusion.

Las 1,285 libras de plomo metálico contenidas en las sustancias citadas, debian recoger ó alearse con la plata contenida en los siguientes minerales:

Metal argentífero de la mina de San Júdas, representando una ley docimástica de 16 onz. por 300 libs. onz.	160 00
Ménos 20 p S de pérdida. „	32 00
	<hr/>
Quedan para alearse. onz.	128 00
Metal plomoso de la mina de Lomo de Toro, con la ley docimástica de 2½ onz. por 300 libs., representan de plata, onz.	25 00
20 p S de pérdida. „	5 00
	<hr/>
Total plata en el lecho de fusion. onzas.	148 00
Que hacen libras de plata, libs. 9 25 onz.	

Así para que el plomo de obra se obtuviera con una ley en plata de 1 p S , necesitaríamos únicamente 925 libras de plomo; pero como se vé, hay todavía un exceso de 360 libs., 47 onz., más el plomo contenido en los plomillos, absugs, abstrichs y copela del vaso, pero cuyo exceso de ninguna manera es perjudicial.

Un horno semi-alto de 3½ metros de caja, funde próximamente en circunstancias normales, de la anterior revoltura 31 cargas = á libras 9,300 = á kilogramos 4,278,,440 gramos.

Proporciones por ciento sobre el metal argentífero.

Metal plomoso de Lomo de Toro.	99. 5800
Metal de fierro pardo.	23. 3958
Litargirio.	20. 1382
Plomillos.	20. 8300
Cendrada.	7. 8973
Fierros del vaso (absugs y abstrichs).	4. 0720
Cenizas del vaso comprendidas en la cendrada.	1. 1599
Fierros de planchera (mattes).	24. 7117
Grasas de la fundicion misma.	147. 7780

Darémos la explicacion de algunas de las sustancias que componen una parte de la revoltura, por no estar bien determinadas con los nombres locales con que se les conoce en éste y otros minerales.

La greta es el nombrado litargirio, ó sea el protóxido de plomo, cuya fórmula es, Pbo: los plomillos, es el resultado obtenido de la concentracion por

medio del lavado en planillas comunes, de las tierras sacadas del crisol y banco del horno, de la planchera ó depósito del plomo, y de las barreduras de la hacienda; estos se componen en su mayor parte de plomo metálico, *mattes*, y grasas ricas muy divididas: la cendrada y cenizas del vaso de afinar, es lo que propiamente se llama copela, se compone de protóxido de plomo, y las tierras y ceniza vegetal de que se forma, generalmente absorbe un peso igual al suyo, de plomo, esto es, 35 ó 40 arrobas que es el peso por término medio de una cendrada: los fierros del vaso, ó sean litargirios negros, son las sustancias que los alemanes denominan con los nombres de *absugs* y *abstrichs*, provenientes de las impurezas que contiene el plomo argentífero que se copela; las cenizas del vaso son el producto del lavado de las tierras de una parte de la copela y de la misma naturaleza que ésta: los *fierros de planchera* (*mattes*) es el producto cuando se *sangra* el horno, cuya operación es extraer el plomo metálico depositado en el crisol; en este producto la sustancia dominante es el sub-sulfuro de hierro con ley de plata y plomo metálico introducido en globulitos entre sus poros; las grasas ó escorias es el producto debido á la fusión y escorificación de las diversas materias de que se componen los minerales en los lechos de fusión.

Total de las sustancias agregadas en los lechos de fusión, y como fundentes con ley de plomo.

SUSTANCIAS FUNDIDAS EN 148 DIAS.	LIBRAS.	KILOGRAMOS.
Metal plomoso de Lomo de Toro.	302,625 00	13,923 171
Greta ó sea litargirio.	61,200 00	2,815 689
Plomillos.	63,300 00	2,912 306
Cendrada ó copela del vaso.	24,000 00	,, ,, ,, ,,
Cenizas del vaso.	3,525 00	,, ,, ,, ,,
Total libras.	27,525 00	,, ,, ,, ,,
De estas libras 27,525 se deduce el peso de las diferentes tierras y ceniza de que se forma la co- pela, y que se calcula en.	10,998 00	,, ,, ,, ,,
Peso neto que resulta de litargirio.	16,527 00	1,057 860
Fierros del vaso.	,, ,, 12,375 00	792 099
	456,027 00	21,501 125

NOTA.—Una copela del vaso se compone de

Ceniza de Maguey, arrobas.	16 00		
Tierra arcillosa, „	16 00		
Tierra calcárea, „	8 00	40 arrobas	460 080

Despues que ha servido y se ha impregnado de protóxido de plomo, pesa próximamente de 80 á 82 arrobas.

Plomo metálico contenido en las sustancias arriba mencionadas.

302,625 libras metal plomoso de Lomo de Toro, con una ley de 15 p ∞ , hacen libras de plomo metálico.	45,393 75 ¢.
61,200 libras de litargirio, contienen plomo metálico.	56,811 96 ¢.
<hr/>	<hr/>
363,825 libras que contienen plomo metálico, libras.	102,205 71 ¢.

Suma de arriba, plomo metálico, libras.	102,205 71 ¢.
El plomo argentífero producido por el horno en 148 dias ha sido, de. Libras.	115,300 00 ¢.
	<hr/>
Aumento obtenido, libras.	13,094 29 ¢.

relativo al litargirio empleado en los lechos de fusion, que equivale á un 12'81 p ∞ sobre lo empleado á lo producido; pero como segun ensayes practicados por plomo de los metales de la mina de San Júdas, éstos contienen una ley de 11'60 p ∞ , resulta aún un aumento de 1'20 p ∞ : esta pequeña diferencia que realmente es negativa, proviene de muchas causas, siendo la principal, que como los ensayes efectuados de los metales de Lomo de Toro, San Júdas, y de la Cendrada, para saber su ley de plomo, fueron practicados por vía seca, y por cuyo método nunca se extrae todo el plomo que contienen, dieron únicamente de ley p ∞ 15 00:

repetidos por vía húmeda con el oxalato de amoniaco, produjeron la ley efectiva. 19 82

Diferencia p ∞	5 18
Deducimos el aumento obtenido de.	1 20
	<hr/>
Pérdida que resulta, de.	3 98%

y que se halla contenida en gran parte, en los plomillos, *mattes* ó fierros de planchera, y además, volatilizado en la calcinacion de los metales de San Júdas.

Estos datos nos proporcionan la observacion de que las pérdidas habidas de plomo en la proporcion de 3'98 p Σ , relativo al plomo empleado y al obtenido, puede dividirse en pérdida química y pérdida mecánica: la química se constituye por volatilizacion, y la mecánica, en el plomo metálico contenido en los plomillos y en los mattes ó fierros de planchera: ahora bien, de esto podrémos sacar otro resultado, y es que, conteniendo aun despues de quemados los metales de San Júdas, una cantidad de azufre bastante notable, y que se nota perfectamente en el humo que arroja el horno, se deduce igualmente, que el metal de fierro empleado como desulfurante, lo ha sido en las proporciones convenientes, y que la sustitucion del óxido de fierro al de plomo en la zona de fusion, y la reduccion del segundo á plomo metálico, se ha efectuado con regularidad, no habiéndose volatilizado más plomo que el que forzosamente debe perderse en estas operaciones.

Copelacion del plomo argentífero y productos de litargirio.

El plomo producido por el horno en 148 dias, é introducido al vaso para copelarlo y extraer la plata que contenia, ha sido de.	Rs	115,300	00
Esta cantidad de plomo debia producir químicamente, de litargirio, segun la fórmula de 92'83 Pb + 7.17 O:	Rs	107,032	99
Se ha obtenido de litargirio.	Rs	85,155	00
Litargirio contenido en la copela, libras.	Rs	16,533	00
Diferencia en contra de litargirio.	Rs		5,344 99

que equivale á una pérdida de litargirio en la copelacion, de 4,99 p Σ debido á volatilizacion.

Recogido el óxido de plomo depositado en la chimenea bajo el aspecto de polvo muy tenue, y de un color amarillo muy claro, se ensayó resultando su ley en plomo metálico de 66'40 p Σ , y de plata 0'64 ¢. de onza p Σ : además, ensayada tambien la copela tal como se saca del vaso,

dió plata, p Σ .	0'64 ¢.
Los absugs y abstrichs, plomo p Σ .	34'30 ¢.
„ „ plata p Σ .	0'00 ¢.

En las fundiciones del país aun no se ha puesto en práctica, como en Inglaterra, Francia y Alemania, el sistema de cámaras de condensacion, para los humos que arrojan las diferentes operaciones metalúrgicas en la extraccion de la plata, de manera, que no tenemos datos prácticos de la utilidad

que pudiera producir esta operacion. Las fundiciones de Trojes, cerca del Mineral de Angangueo, y las de los Arcos en Sultepec, serian las únicas que por la magnitud y extension de sus trabajos, habrian podido sufragar el crecido costo que demandan los citados aparatos, pero tal vez esto no se ha puesto en práctica, porque no recompensa los gastos que origine.

Cuenta de los metales fundidos en un horno semi-alto, de 3½ metros, en el espacio de 148 dias.

Metal de plata de la mina de San Júdas.	Cargas.	1,013 00
Metal plomoso de Lomo de Toro.		1,008 75
Mineral de fierro.		237 00
Litargirio		204 00
Plomillos lavados.		211 00
Copela del vaso		80 00
Absugs y abstrichs.		41 25
Cenizas del vaso.		11 75
Fierros de planchera.		250 33
Grasas ó escorias.		1,497 00
Total cargas de 300 libras.		<u>4,554 08</u>

Sobre esta cantidad de 4,554 08 cargas, se han fundido en el mismo horno, en 24 horas, de cada sustancia, las cantidades siguientes:

Metal de plata de la Mina de San Júdas. Cargas.	6 844
Metal de plomo de Lomo de Toro.	6 815
Mineral de fierro.	1 601
Litargirio	1 378
Plomillos lavados.	1 425
Copela del vaso.	0 540
Absugs y abstriches.	0 281
Cenizas del vaso.	0 079
Fierros de planchera.	1 691
Grasas ó escorias.	10 114
Sobre cargas 4,554 08 @, revoltura fundida en	
24 horas.	Cargas. <u>30 768</u>

Consumo de combustible.

Las sustancias puestas en los lechos de fusion, incluso el metal argentífero, son cargas. 4,554 08

El carbon comprado, segun las Memorias de la hacienda, monta á arrobas. 12,720 00

Pero como la carga de carbon solo se compone de 4 arrobas, y existe la costumbre de recibir 5 arrobas por la carga, agregamos esta arroba de aumento. 3,180 00

Total carbon comprado y consumido, arrobas. 15,900 00

Resulta sobre las 54,648 arrobas fundidas, un consumo general de carbon de 29'09 p S

Y sobre el metal de plomo y de plata, únicamente de. 65'53 p S

NOTA.—De este consumo parcial de 65'53 p S que figura como empleado en la fusion de los metales de plomo y plata, se deduce el 15 p S gastado en la fragua oficina de ensaye, y el cisco consumido en la *brasca* para la compostura de los bancos de los hornos; en este caso, el consumo de combustible empleado en la fusion de 2,021 cargas 75 ¢. de metal de plomo y plata, realmente es de 50'53 p S .

Que corresponde de consumo por dia natural de 24 horas á arrbs. 83'83 ¢.
Que hacen cargas de 300 libras. Cargas. 6'98 ¢.

Consumo de leña en la calcinacion de los metales y copelacion del plomo.

Se han calcinado al aire libre y en un horno de reverbero, la cantidad de 1,013 cargas de metal, que hacen arrobas 12,156 00

La leña comprada para la calcinacion y copelacion del plomo indicado, ha sido de arrobas. 7,912 00

Dividida para la calcinacion, ,, 5,096 00

,, para la copelacion, ,, 2,816 00 7,912 00

Corresponde consumo de leña por carga de 300 libras de metal calcinado al aire libre y el horno de reverbero, arrobas. 5 03 ¢.

Costo por carga de metal calcinado:

Por combustible \$ 0 301
 Por transporte. . 0 060 \$ 0 361,

ó sean próximamente 3 rs. por carga de 300 libras.

El plomo obtenido en el horno y afinado, ó sea copelado,
 ha sido de libras. , . 115,300 00

Que hacen arrobas. 4,612 00

Y el consumo de leña, arrobas. 2,816 00

Corresponde de leña por quintal copelado, arrobas. 2 44

Costo de copelacion por quintal.

Valor de las 2 arrobas 44 c. de leña. . . \$ 0,126
 Cobra el afinador por quintal. 0,166
 Costo de peones por quintal. 0,002
 Costo de la copela por quintal. 0,001 \$ 0,295

ó sea un poco más de 2¼ rs. por quintal.

Costo de acuñacion de la plata.

Gastos de conducta por marco. \$ 0,141
 Derechos de municipal y portazgo. 0,010
 Ensaye, fundicion y contribucion federal 0,038

Costo total por marco de plata. \$ 0,189

ó sea 1½ reales.

Divididos en gastos de conducta. \$ 0,141
 Derechos en la casa de moneda. 0,048
 Igual. 0,189

Que hace por ciento sobre el valor líquido de la plata acuñada, un costo de. \$ 2 72 c.

*Resultados obtenidos en la campaña de 148 días de fundicion
y pérdidas obtenidas sobre los ensayos docimásticos.*

La plata que debian producir las 2,012 cargas de metales de plomo y plata, segun la ley docimástica, como término medio, á razon de 9 onzas 75 ¢. por carga de 300 libras, será marcos. 2,464 00

Plata obtenida segun las cartas-cuentas del ensaye mayor de la Casa de moneda de México, marcos. 1,798 00

1,000 cargas existentes de fierros de planchera, con la ley de 2 onzas 40 ¢. por carga de 300 libras, marcos. 300 00 2,098 00

Diferencia ménos, marcos. 366 00

que arroja una pérdida de plata en la fundicion, de. . . . 14'84 p S
que se divide en:

Pérdida mecánica, transporte y calcinacion. 6 00 p S

Pérdida en la fundicion. 8 84 p S

Igual. 14 84

Divididos los 1,798 marcos de plata obtenidos por las libras de plomo copeladas. 115,300

Pero ántes deduciendo de ellas, libras. 12,375

de absugs y abstrichs. „ „

Quedan de plomo puro, libras. 102,925

Resulta que la ley en plata por quintal de plomo ha sido de onz. 13 02 ¢.

La base de que se parte para echar en los lechos de fusion el plomo necesario y formar un abundante baño para que se forme la aleacion conveniente, está fundada en la siguiente y práctica operacion:

Tenemos por ejemplo un mineral argentífero con una ley de 16 onzas por carga de 300 libras, y se propone formar un lecho de fusion sobre 10 cargas que contendrán onzas de plata. 160 00

Se deduce el 20 p S de pérdida, serán onzas. 32 00

Quedan de plata onzas. 128 00

Si queremos obtener el plomo de obra con una ley de 2 marcos por quintal, ó sea el uno por ciento, las 128 onzas son libras.	8 00
<hr/>	
En este caso necesitamos 8 quintales de plomo metálico en el lecho de fusion, esto es, libras.	800 00
A las 10 cargas de metal argentifero agregamos para su más fácil fusion, 10 cargas de metal plomoso de la mina de Lomo de Toro, al 15 por ciento de ley, libras.	450 00
En este caso tenemos que agregar para completar el plomo necesario de litargirio, libras.	350 00
Más 8 p S de oxígeno que contiene el litargirio que agregamos, libras.	28 00
	<hr/> 828 00

Libras, esto es, la cantidad que prácticamente se usa y se necesita para recoger la plata contenida en el mineral; pero en la práctica se acostumbra agregar de cualquiera sustancia que únicamente contenga plomo, como por ejemplo, los fierros ó copela del vaso, una cantidad que produzca un 10 ó 15 p S más de plomo del calculado, con el objeto de que haya en el lecho de fusion más bien un exceso que falta.

La relacion que existe en el cálculo, entre la cantidad del plomo metálico que se debe emplear en la fundicion para recoger la plata, y el empleo del mercurio en el beneficio de patio con el mismo objeto, es muy semejante, pues es sabido entre los *azogueros*, que el mínimun de mercurio que debe emplearse, es el de seis veces el peso de la plata contenida en la masa de mineral que se beneficie: ahora la diferencia que existe entre estos dos cálculos y modo de ejecutarlos, es, que el plomo se introduce al horno por cantidad completa, y el mercurio se va echando en porciones hasta el total que se necesita.

En el producto que hemos obtenido de plata de las 115,300 libras de plomo copeladas, y aunque hicimos el cálculo para emplear las materias plomosas, tal como lo hemos dicho, sin embargo, obtuvimos el plomo con una ley de 13 onz. únicamente por quintal en vez de 16: esta diferencia es ocasionada, porque se echaron en los lechos de fusion copela del vaso y plomillos, de lo que habia una gran existencia; pero este exceso de plomo no fué perjudicial, porque aquellas sustancias despues fueron convertidas en litargirio que representó un valor mayor que el que tenian.

Aquí hemos terminado todo lo relativo al beneficio de los metales argen-

tíferos de la mina de San Júdas en la Bonanza, en seguida continuaremos con el tratamiento de la galena argentífera de este mineral.

Sistema de beneficio adoptado y fórmula para los lechos de fusion de la galena argentífera acompañada de pirita sulfúrea y arsenical.

La gran mina llamada de Lomo de Toro, cuenta cerca de 250 años de existencia, y con muy cortos intervalos ha dejado de explotarse: la producción de sus metales ha sido inmensa, y ha llamado la atención de célebres viajeros como el Sr. Baron Alejandro de Humboldt; en la actualidad no es ménos productiva que en las épocas pasadas, encontrándose su principal riqueza en los labrados más profundos, y en donde se encuentra la galena pura y la acompañada de piritas de fierro y arsenicales; la primera, se denomina aquí entre mineros y fundidores *pepena baya*, y la segunda *pepena abronzada*; produciendo en las regiones más altas otra clase de metales, que no son otra cosa que las galenas descompuestas formadas de óxidos de fierro y de plomo, que se conocen con el nombre de *cuajados*: tambien se encuentra el plomo blanco ó carbonatado y los yoduros y bromuros de plomo, aunque escasamente.

El mineral llamado pepena abronzada, ha sido hasta ahora despreciado por los diferentes explotadores de la citada mina, á consecuencia, segun creían, que era muy difícil su fusion, porque habiéndolo intentado varias veces, no lo consiguieron, y además perdieron la ley de plata de este metal y de otros argentíferos que agregaron á los lechos de fusion. Estas dificultades que encontraron antiguos y modernos de los fundidores nativos de este distrito, eran naturales, porque nunca llegaron á adoptar el método tan conocido de la prévia calcinacion.

Actualmente la única explotacion de la mina de Lomo de Toro, está concretada á la extraccion de la pepena abronzada que se funde en hornos alemanes semi-altos, de 4 metros de caja, obteniendo dos resultados que pondremos en su lugar.

El término medio del contenido de plata y plomo de estos metales, segun los ensayos practicados por vía seca, es el siguiente:

Pepena abronzada de la mina de Lomo de Toro, ley por carga	
de 300 libs. plata onz.	5 76 ¢.
Ley de plomo p S	32 00 ¢.
Pepena baya de la mina de Lomo de Toro, ley por carga de	
300 libras plata, onz.	10 00 ¢.
Ley de plomo p S	58 00 ¢.

Metal cuajado comun de la mina de Lomo de Toro, ley por	
carga de 300 libras, plata onz.	2 50 ¢.
Ley de plomo p S	16 50 ¢.

En esta última clase de metales que produce la mina de Lomo de Toro, y otras de este distrito, la práctica ha demostrado la gran utilidad que prestan ligándolos para extraer la plata, á los metales propiamente argentíferos, y lo benéficos que son en la fundicion, y sin los cuales no se han podido fundir sin notables pérdidas de litargirio los metales que se extraen de varias minas de este mineral y de la Bonanza.

La primera ó preliminar operacion que se practica con los metales de Lomo de Toro, llamados pepena baya y abronzada, es la calcinacion en grandes tases ó montones al aire libre, de la misma manera y con los mismos costos que hemos descrito para los metales de la mina de San Júdas: un monton de 500 cargas emplea próximamente de tiempo para quemarse, seis semanas.

Lechos de fusion.

Metales y sustancias fundidas en dos hornos alternativamente en el primer trimestre de 1871.

Metal cuajado de Lomo de Toro.	@	8.050 00
Metal pepena abronzada de id. id.	,,	6.317 00
Metal pepena baya de id. id.	,,	338 00
Metal argentífero de la mina de San Júdas.	,,	1.398 00
Metal en arenillas de id. id.	,,	1.647 00
Litargirio.	,,	1.244 00
Copela del vaso de afinar.	,,	392 00
Plomillos concentrados.	,,	613 00
Fierros de planchera (mattes).	,,	2.200 00
Fierros del vaso. (Absugs y abstrichs)	,,	236 00
Metal de hierro.	,,	1.482 00
Cal consumida en la formacion de los adobes de las arenillas de San Júdas.	,,	247 00
Varios metales argentíferos	,,	131 00
Grasas ó escorias	,,	18.202 00
Total.	@	<u>42.497 00</u>

*Proporciones empleadas por ciento, de fundentes sobre el metal
argentífero de San Júdas y Lomo de Toro.*

Metal de carbonato y óxido de plomo.	p ∞	82 99
Litargirio	”	12 72
Copela ó sea cendrada.	”	4 04
Plomillos	”	6 31
Fierros de planchera.	”	22 69
Fierros del vaso	”	2 43
Metal de hierro.	”	15 28
Grasas ó escorias.	”	102 55

Las pérdidas de plata obtenidas en esta campaña, han estado en las mismas circunstancias que en los metales de la mina de San Júdas, siendo análogos los costos del beneficio.

Con la fórmula de revolturas que antecede, la fundicion ha marchado perfectamente, habiendo obtenido de los repetidos ensayos practicados de las grasas y fierros, el término medio siguiente:

Grasas, ley en plata por carga de 300 libras, onzas.	0' 00 ¢
Ley de plomo por ciento.	0' 00 ¢
Ley de plata en los fierros, por carga de 300 libras.	3' 90 ¢
Ley de plomo en los fierros, por ciento	16' 00 ¢

(CONCLUIRÀ.)