

BOLETIN

D. Peña i Lillo
1914.

DE LA

Sociedad Nacional de Minería

REVISTA MINERA

PUBLICACION MENSUAL

AÑO XXXIII.—VOL. XXVIII.—SERIE III

SANTIAGO DE CHILE
SOC. IMPRENTA Y LITOGRAFIA UNIVERSO

GALECÍA ALESSANDRI NÚM. 20

1916



67628

BOLETIN

DE LA

Sociedad Nacional de Minería

DIRECTORIO DE LA SOCIEDAD

Presidente

Cárlos Besa

Acuña, Guillermo
 Aguirre, Cesáreo
 Aldunate Solar, Cárlos
 Avalos, Cárlos G.
 Blanquier, Juan

Braden, Guillermo
 Elguin, Lorenzo
 Gandarillas, Javier
 Ghigliotto Salas, Orlando
 Lanas, Cárlos

Vice-Presidente

José Luis Lecaros

Lira, Alejandro
 Maier, Ernesto
 Malsch, Cárlos
 Pinto, Joaquín N.
 Yunge, Guillermo

Secretario

OSVALDO MARTÍNEZ C.

El problema de la hulla ⁽¹⁾

No hemos resistido al deseo de dar a conocer a los lectores del BOLETIN el interesante artículo que sigue, escrito por uno de los profesores e ingenieros mas distinguidos de Francia. En su «Conquista Mineral», publicada hace pocos años, el señor de Launay insiste con fuerza en demostrar que la historia nos presenta repetidos casos de guerras provocadas por la codicia de los metales. En el fondo de los motivos de la actual bien puede haber lo mismo, puesto que la posesion del hierro i el carbon en condiciones incomparablemente favorables, daría de hecho a una sola nacion la supremacía industrial i comercial por uno o mas siglos, por lo ménos en Europa. El equilibrio europeo exigiria en el concepto del autor, no ya una equivalencia en los armamentos de mar i tierra, sino una equivalencia en las fuerzas productoras de las agrupaciones en lucha. Estas fuerzas dependen en gran parte de la riqueza mineral, como lo demuestra en este artículo. Por lo tanto la paz futura dependeria del reparto de éstas. Si el instinto bélico no viene a moderarse en las naciones, como ha sido dominado el fanatismo religioso, tememos mucho que esta nueva fórmula no valga mas, para la paz, que la equivalencia de los armamentos. Independientemente de la con-

(1) Traducido de la «Revue des Deux Mondes», Setiembre de 1915, por don Javier Gandarillas M.

clusion a que llega el autor, el artículo tiene muchos datos i observaciones que merecen conocerse entre nosotros.—J. G.

Existen riquezas inagotables que la tierra ve renovarse en cada primavera i fructificar en cada verano. En la produccion de éstas su papel real consiste simplemente en ser un intermediario o un soporte, que la planta primero i el animal en seguida, por medio de la planta, utilizan, al poner a contribucion las reservas ilimitadas de la atmósfera. La tierra, cuando posee en grado superior semejante fecundidad, fija, nutre i desarrolla una poblacion numerosa i duradera. No la atrae sino lentamente, porque solo le distribuye cada año una porcion renovable de su fortuna. La riqueza mineral es, por el contrario, un tesoro que el hombre puede gastar a manos llenas aunque esto sea so pena de agotarlo mui lijero. En vez de obtener en cada cosecha el interés del capital enterrado, se gasta en este caso, casi al deseo, el capital mismo; pero esta facultad de agotar el capital i de gozar de él a nuestro antojo, da a la riqueza mineral una fuerza de atraccion superior i hace de ello un instrumento incomparable de poblacion, gracias al cual las ciudades se crean, los medios de comunicacion se desarrollan, i la poblacion literalmente se amontona en pocos meses, a veces en pocas semanas, hasta en los lugares mas desheredados i desiertos del globo.

Esta virtud que vivifica pertenece a minerales mui diversos. Hemos podido observar sus efectos en nuestros dias para el oro de la Australia Occidental, para el del Transvaal i del Klondyke Canadiense, para el cobre de Arizona o de Sonora, para los nitratos chilenos del desierto de Atacama, para los fosfatos de Arjelia o de Tunisia. A menudo la poblacion que sobreviene es rápida; con la mayor parte de los minerales ella es sin embargo efimera: una vez el yacimiento agotado, el campamento minero desaparece casi tan rápidamente como surgió. Durante un corto período de abundancia, la sustancia estraída de la tierra reúne solamente a mineros i metalurjistas; luego esportada a puntos lejanos no provoca en la mina sino la industria restringida destinada a efectuar la separacion del metal de la ganga i a elaborarlo parcialmente. La prosperidad creada de este modo como con una varilla májica no adquiere pues un carácter relativamente duradero sino cuando la construccion de las vías férreas, de los puertos, de los centros comerciales que las minas han orijinado, han podido a su vez suscitar otras industrias, i preparar el terreno a la colonizacion agrícola que puede perpetuarse por sí misma de un modo independiente. El caso de la hulla sólo es diferente: en primer lugar porque la mina de carbon encierra jeneralmente un tonelaje de materia útil incomparablemente superior al de una mina metálica, en seguida i principalmente, porque el carbon en vez de ser el objetivo final del esfuerzo efectuado, como para el oro, la plata, el cobre, o bien por

el hecho de ejercitar solamente su accion eficaz a largo plazo, es él mismo un instrumento, un agente de trabajo, una enerjía lista para revivir.

En el pais privilegiado en que la presencia del carbon se encuentra revelada, todas las industrias de elaboracion, de fabricacion, de transporte que viven de él tienden inmediatamente a desarrollarse conjuntamente, ya que en las condiciones industriales modernas muchas no pueden vivir sin el carbon a pesar de la ayuda que ha venido a proporcionarle en estos últimos años la hulla blanca o el petróleo. Una tras otra i una con otra las industrias florecen multiplicándose como pueden hacerlo las células en la vida de un sér organizado. Comparar un pais que posee la hulla con otro que no la tiene, es hacer una esperiencia análoga a la de Franklin cuando esparció yeso sobre algunas porciones de un campo sembrado de trébol: se ve inmediatamente cómo se desarrolla el crecimiento en las partes donde ha caido ese rocío fecundante.

La hulla es nuestra piedra filosofal, ella es el talisman mágico de los tiempos modernos, gracias al cual nuestros héroes legendarios penetran en los castillos encantados adonde brillan los tesoros amontonados. Por su virtud misteriosa, por esta enerjía condensada en toda su sustancia, en una época prehistórica, los palacios en que todo duerme se despiertan i la actividad que se produce no es solamente un símbolo, parece literalmente que la vida es creada, mantenida, desarrollada por estos fragmentos negruzcos en los cuales los químicos no ven sino carbono, hidrógeno i ázoe. Así nacen ciudades que pueden, como la misma mina de carbon, durar centenares de años i que el dia en que ésta desaparezca por agotamiento, encontrarán aun a menudo razones para sobrevivir fundadas en las facilidades comerciales que se han perpetuado i arraigado. La humanidad ha conocido talvez, en tiempos mui lejanos, una edad de oro; su edad de hierro dura siempre, pero esta edad de hierro está asociada hoi con una edad de la hulla.

El carbon no es efectivamente sólo un instrumento de paz, es tambien, lo presenciamos cada dia, una formidable máquina de guerra. Es él, es el sólo él que permite la fabricacion intensiva de los cañones i de los obuses. En el tragante de los hornos altos, en las parrillas de los hornos Martin, alimenta la produccion del acero; por medio de sus alquitranes da los fenoles i las bencinas, los ácidos pícricos i los toluenos; gracias a su potencia aplicada a los dinamos ayuda a trasformar el aire pacífico en nitratos mortíferos. Asociado con el hierro, proporciona bajo mil formas, la fuerza belicosa que, si no logra ya primar el derecho, como lo ha hecho durante demasiado tiempo, sin duda será reclamada por el derecho para triunfar.

Hai en esto, notémoslo bien, un estado de cosas que no es absolutamente necesario en sí mismo, a pesar del carácter casi fatal que afecta hoi. Los hombres han vivido durante largos siglos sin que esta tiranía moderna de la hulla les fuera impuesta. El tiempo en que se ignoraba prácticamente el «carbon de piedra» está apénas alejado dos o tres siglos de nuestros dias, la época en que ha pasado a ser el agente indispensable de nuestra industria.

no data sino de algunas jeneraciones. Su intervencion omnipotente en una guerra que ha pasado a ser ella misma industrial, es cosa de ayer. Es aún un jóven soberano este actual dueño del mundo. I cuando en un millar de años, todo el carbon almacenado en las entrañas de la tierra, durante la larga era de períodos jeológicos, se haya disipado en humo, cuando esta enorme reserva de fuerza sacada en otros tiempos del sol durante millares de años desaparecidos se haya evaporado en la atmósfera, será preciso que el hombre haga lo que hacía en los tiempos antiguos, o en la Edad Media, esto es que busque diferentes fuentes de enerjia: fuentes antiguas o nuevas reveladas por su física i su química. Será preciso que su utilería se trasforme, sus talleres despues de haberse concentrado desmedidamente, deberán cambiar de lugar i dispersarse. Entónces los países industriales serán sin duda aquellos que puedan aprovechar mas directamente la actividad presente del sol, en el movimiento de las aguas corrientes, en el calor ecuatorial, en las fuerzas radio activas que compenentran el espacio en rayos invisibles. Mucho tiempo ántes de este plazo fatal, pero aun mui lejano, una evolucion análoga, en la cual será preciso pensar luego, arruinará uno tras otro los países europeos a medida que se vayan agotando sus yacimientos de hulla. En nuestra época un país no puede dejar de vivir sin carbon como un cuerpo vivo no puede vivir sin sangre.

Este poder fecundante de la hulla en la forma provisoria de nuestra civilizacion es conocido de todos i se me reprochará talvez que lo haya celebrado con mas énfasis que novedad; pero hai momentos en que conviene repetir ciertos hechos consabidos. Desearia, despues de muchos otros, tratar de analizar esta fuerza que no tiene ya nada de misterioso, desearia recordar brevemente su evolucion histórica, primero de un modo jeneral, en seguida con algunos ejemplos particulares. Es un análisis necesario para poner en evidencia todo el alcance del fenómeno. Mi objeto es aplicar despues estas leyes económicas a nuestro país que carece i carecerá mas i mas de combustible, como carece de hombres, miéntras nuestros enemigos rebalsan. Ayer solamente no producíamos las dos terceras partes de nuestro consumo; es apenas esto la mitad de lo que necesitaríamos para llegar a ser esportadores como podríamos; como el desarrollo de nuestras costas, como nuestra riqueza en minerales de hierro nos permitiria llegar a ser. Comparado con esto la Alemania, que tenia desde mucho tiempo a este respecto una riqueza superabundante, la ha doblado aún por medio de felices descubrimientos jeológicos que no tienen sus semejantes entre nosotros. No hai cultura o Kultur que sea capaz de resistir ante tal inferioridad. Pero en la guerra terrible impuesta a nuestro pacifismo podemos encontrar una ocasion única de curar un mal que nos invadia como una parálisis progresiva. Mañana, si nuestra voluntad de vencer es bastante tenaz hasta el fin, si despues de la victoria los diplomáticos que redactarán el tratado de paz comprenden la gravedad primordial del problema que se plantea aquí, habremos conquistado el medio de desarrollar nuestras industrias de abrir un ancho campo

a nuestras iniciativas, i digámoslo, la posibilidad tambien de provocar de este modo, este impulso de nuestra poblacion que nos será indispensable, no solamente para prosperar, sino para vivir.

* * *

Hagamos para empezar un poco de historia para nosotros la amplitud del sujeto i la jeneralidad de las conclusiones que queremos aplicar al caso de Alemania i Francia. No hai necesidad de buscar en el pasado cuál fué el empleo restringido que se hizo de la hulla como combustible en la Antigüedad o en la Edad Media. No son estos comienzos mediocres lo que nos interesa. Quemando carbon en vez de leña los hogares domésticos o industriales cambiaban de carácter. El poder real de este mineral no empezó sino el dia en que se inventó el empleo del vapor como fuerza motriz, sustituyéndose por primera vez esta enerjía flexible, movediza i siempre renovable a las inmóviles fuerzas hidráulicas, a los agentes animados demasiado pronto fatigados. Cuando se hubo inventado esta nueva palanca, la fuerza elástica del agua trasformada en vapor, el mundo se vió obligado a emplearla mas i mas de un modo esclusivo, i la pequeña esperiencia de Dionisio Papin pasó a ser, por algun tiempo, el principal, casi el único medio de obtener fuerza gastando calor, por medio de una transmutacion cuya jeneralidad, i por lo tanto la lei, se sospechó por mucho tiempo. La vuelta parcial a la hulla blanca es mui reciente, la electricidad no es sino un intermediario, la actividad química tiene empleos restringidos solamente. Desde hace cien años, sacamos toda nuestra potencia mecánica de los rayos de sol fosilizados que nos vuelven a contar los calores de los veranos carboníferos, del mismo modo que las palabras de los Arimaspianos i de los Nefelibates, volvian a resonar, en los oidos de Panurgo, cuando se deshelaban.

El descubrimiento de Papin data de 1687 i la primera máquina de vapor de 1705; pero el primer buque movido por el vapor de Fulton no viene sino en 1803 i la aplicacion de la caldera tubular de Seguin i la locomotora de Stephenson datan de 1827. Es casi una historia contemporánea. En seguida, todo poderoso por el vapor, el carbon de piedra ha estendido sus conquistas. Ha pasado a ser el elemento esencial de la metalurjia, i ha hecho retroceder poco a poco a la leña. Con la fabricacion del gas ha conquistado el alumbrado. Por todos los sub-productos que da su destilacion se ha amparado de la industria química i ha reemplazado al reino vejetal en la fabricacion de las materias colorantes, de los productos farmacéuticos i de la lana. Cuando las tabletas alimenticias de ázoe, de Berthelot, figuren en nuestros «menús», nos dará tambien probablemente nuestra alimentacion de carbono. Fuera de sus virtudes propias, ejerce una accion de presencia que vivifica. En el mundo material, como en el mundo moral un sistema de conexiones

i de engranajes atrae la fuerza hácia la fuerza, la industria hácia la industria, el éxito hácia el éxito.

Todo el mundo sabe en conjunto lo que ha sido, durante el siglo XIX esta toma de posesion del mundo industrial por la hulla. Pero ¿se conocen acaso las proporciones precisas de este gran fenómeno? Al principio del siglo XIX el mundo empleaba unos diez millones de toneladas de carbon en calentarse, hoy día absorbe en cifras redondas mil millones. En cien años hemos centuplicado. La Francia sola utiliza hoy mas hulla que todo lo que consumia el mundo en 1800, i este incremento recibe una aceleracion de día en día comparable a la que precipita la caída de los cuerpos. En millones de toneladas, la produccion de 1800 siendo representada por 10, la de 1875 lo es por 280, se alcanzó 770 en 1900, 1,052 en 1908, 1,186 en 1912. Estas cifras mismas hacen ver cómo una cuestion que podia parecer insignificante hace un siglo, secundaria hace cuarenta años, tiende a ser preponderante hoy. Parece siempre que esta progresion va a retardarse; engaña, por el contrario, las previsiones mas exajeradas para el porvenir, con un nuevo salto hácia adelante. Todos los continentes contribuyen para ello i aun aquellos que han sido abiertos a la industria mas recientemente, intervienen uno despues de otro: la China, la Siberia, el Africa Austral. Pero en los países viejos es una fiebre. La Alemania, para escojer el ejemplo mas típico, sobre el cual voy a volver a insistir, ha pasado en los cinco últimos años que ha precedido la guerra actual (1908 a 1913), de 215 a 256 millones de toneladas. La yuxtaposicion de estas dos cifras representa una formidable victoria que fué ganada sobre los aliados actuales en plena paz.

Cómo una industria hullera nace, se desarrolla, i pasa a ser a su turno fuente de vida, lo veremos luego en algunos casos particulares. Esta enseñanza que vamos a adquirir debe servirnos para deducir de ella inmediatamente conclusiones, sin olvidar la comparacion de dos o tres países vecinos a la cual vamos a consagrar nuestro estudio.

Las ciudades industriales, que representan la principal fuerza de accion i el gran elemento enriquecedor de un país moderno, pueden ser divididas en dos grupos principales. Las unas son antiguas, famosas desde hace largo tiempo, orgullosas de su pasado, fuertes con su riqueza adquirida, a veces algo adormecidas. Condiciones favorables (que, para algunas, han cesado de serlo en tal alto grado) provocaron en tiempos pasados su desarrollo mantenido desde entónces por la velocidad adquirida por la tradicion, por los capitales acumulados. Ellas han poseido en otros tiempos, si es que ya no los poseen, combustibles, minerales, un acceso rápido i fácil, casi siempre por una via acuática, hácia la fuente de sus materias primas i hácia el mercado de sus fabricaciones. Las otras, cuyos nombres son a veces apenas conocidos, por lo recientes, han nacido ayer, lójicamente, sistemáticamente por la aplicacion espontánea o ficticia de una necesidad económica: casi siempre en una cuenca carbonífera, o a veces, próxima, simultáneamente de la mina i del mar o de las vias navegables que a ella conducen. Los países

viejos como Francia e Inglaterra, tienen muchas ciudades pertenecientes al primer grupo; la Alemania antigua tenia tambien otras que aun subsisten; pero la Alemania moderna, que se esfuerza por tomar una marcha a la americana, tiende a conformarse mas i mas sobre el segundo tipo; i esta es su fuerza.

Es fácil comprender por qué los dos sistemas pueden subsistir uno al lado del otro, por qué, segun los casos, puede defenderse una u otra de estas dos soluciones. Es algo parecido al eterno conflicto que se vuelve a encontrar en todos los dominios entre conservadores i avanzados entre los antiguos i los modernos, entre el capital i el trabajo.

Toda ciudad industrial del pasado ha tenido su razon de ser lójica en otros tiempos. Mejor provista i mejor situada para vender, a veces mejor defendida, ha nacido gracias a las circunstancias favorables que han sabido aprovechar las personas de iniciativa laboriosa, intelijente i perseverante. Si las mismas circunstancias han podido perpetuarse, sus ventajas son enormes. Debido a su misma fortuna los medios de comunicacion abundan, las casas de negocio gozan de la autoridad de una reputacion bien ganada; la poblacion numerosa proporciona, junto con los productores, tambien una parte de los consumidores igualmente necesarios. Un haz de industrias i de negocios comerciales se ha creado allí i se prestan un mutuo apoyo. Aun si las circunstancias primitivas se han modificado, con tal que no hayan cambiado a favor de un competidor mui cercano, una antigua ciudad aprovecha todavia algun tiempo las ventajas obtenidas en el pasado transmitidas por las tradiciones de familias i las que se derivan de un medio favorable para el aprendizaje de los niños. Puede llegar a sobrevivir refinando productos mas i mas perfeccionados en los cuales la parte de la materia prima se debilita de dia en dia.

Las otras ciudades, las ciudades de ayer poseen en cuanto a la abundancia i a la baratura de produccion, singulares facilidades. ¿Dónde han crecido ellas? Se podria casi sin conocerlas, determinarlas de antemano por el cálculo. Toda industria de elaboracion o de fabricacion consume hulla, utiliza materias primas, transporta productos. Si no necesita sino una habilidad comun i corriente, puede admitirse que el gasto por concepto de salario es en todas partes análogo. Adicionemos los tres precios de transporte calculados para estos tres grupos de materias i operaciones, con relacion a sus pesos respectivos i de la distancia por recorrer; obtenemos así un gasto total que se trata de reducir a su mínimo, permitiendo que crezca uno de estos elementos, no es preciso, con tal que resulte de ello una mayor reduccion de los otros dos. Casi siempre la ventaja le corresponderá a la hulla, porque se necesita mucha cantidad, porque es pesada, porque rinde sub-productos cuya utilizacion completa no es posible sino en un centro de gran actividad, porque su yacimiento está localizado en un punto, mientras tanto los otros materiales llegan a veces de todos los rincones del mundo, de la misma manera que allí se dispersan los productos manufacturados. La ciudad

industrial moderna es pues casi siempre una ciudad hullera, sobre todo si esta ciudad hullera ha podido, como un Newcastle, o un Liverpool, o un Cardiff beneficiar del mar o por lo ménos si está fácilmente unida a él como lo están las ciudades prósperas de Beljica o del norte francés, o de la Westfalia.

I esta necesidad de la hulla se impone aun a las ciudades antiguas de las cuales hablaba hace un momento. Ha habido grandes usinas metalúrgicas que han conservado su valor al trasformarse despues de haber perdido los minerales que las han hecho surjir. Sheffield, por ejemplo, no utiliza ya los minerales del Hallamshire; el Creusot tampoco los de Saone i Loira, ni Montluçon emplea ya los del Berry, ni Lieja los de las Ardenas, ni Essen los del Ruhr o del Siegen, así como tampoco la Vieille Montagne fábrica hoi su zinc con los yacimientos agotados de Altenberg o de Welkenraedt. Pero todas ellas gozan del carbon al pié. Tampoco el antiguo Manchester, ni el viejo Birmingham, ni el viejo Saint-Etienne podrian mantenerse con la misma actividad si no fuera porque la campiña está tachonada de negro por el terreno carbonífero. Acaban de crearse numerosas industrias metalúrgicas francesas en todo el norte de Francia compitiendo con las de Meurthe i Mosela, sabiendo desde el primer día que los minerales de hierro les faltarian, pero pudiendo, sin embargo, emprender la lucha porque aprovecharán sus ventajas para procurarse la hulla por su situacion.

Seria inoficioso insistir sobre estas jeneralidades. Vale mas mostrar ahora, por el ejemplo comparado de Francia i sus vecinos inmediatos, cuál es el papel esencial que debe atribuirse a esta cuestion de la hulla en la historia económica, financiera i, por consiguiente—porque todo se encadena—política de estos últimos tiempos. Podria tambien hablar de los Estados Unidos, i encontraria allí ejemplos particularmente típicos en favor de mi tésis. Aquellos que podria citar no nos tocan aun mui directamente; su peso se hará sentir el día de mañana sobre la Europa, cuando los americanos sepan sacar provecho de los resultados fatales de una guerra esterminadora entre europeos, que les parece ser una guerra fratricida. Pero los tres casos de Gran Bretaña, Alemania i Francia, me servirán ampliamente para mostrar cómo las grandes prosperidades recientes,—i las decadencias que hacen contraste con ellas—han tenido por causa principal la existencia o la ausencia puramente fortuitas de vastos campos hulleros. La grandeza creciente de Inglaterra hasta el último cuarto del siglo XIX, no ha provenido solamente de su posicion insular, de su espléndido aislamiento que la liberaba de nuestras cargas, ni tampoco ha provenido de ciertas cualidades morales mui reales i positivas de sus habitantes. La Béljica no habia alcanzado su riqueza de ayer por la sola sabiduría laboriosa de los flamencos. Felicitemos a los hombres por haber aprovechado las armas que les habian sido puestas en sus manos para combatir; pero empecemos por echar una ojeada sobre un mapa jeológico i miremos la trayectoria de este vasto surco hullero que atraviesa toda la Europa desde el Pais de Gales hasta el Donetz. Por todas

partes donde pasa subterráneamente, hace surgir la riqueza a la superficie como esos riachuelos invisibles que son atravesados por los pozos artesianos a lo largo de los cuales una prolongada fila de oasis estaca el desierto. Aquí el norte francés, la cuenca belga de Charleroi, de Namur, de Lieja, acá la región del Rin, la Westfalia, i despues de una larga interrupcion la Silesia. Diré en seguida cómo, desde hace veinte años, la potencia hullera, ya enorme de Alemania, se ha encontrado **doblada**, desde la Westfalia hasta el Rin. Busquemos en este acrecimiento, mucho mas que en el prestigio debido a sus victorias i a su organizacion militar, mas aun que en su elasticidad i su espíritu comercial, el secreto de este prodijioso vuelo, bajo el cual el mundo iba a sucumbir aplastado, cuando esta lei paleontológica que ha hecho siempre desaparecer las razas que han llegado a proporciones desmedidas, ha provocado en ella un último acceso desastroso de megalomanía mórbida. Se probaria fácilmente con ejemplos inversos, que si en el mundo contemporáneo, las naciones latinas, privilegiadas en otros tiempos, no ocupan todo el lugar a la cual su superioridad intelectual i una larga anterioridad de civilizacion, les dan derecho, es porque la Italia carece de carbon, porque la España casi no tiene, porque la Francia tiene demasiado poco.

Al examinar este lado único de problemas mui complejos, podria parecer que exajero a veces su importancia. No es porque yo desconozca de ningun modo el valor de los factores humanos, la iniciativa, el trabajo, la ciencia, el espíritu de organizacion, la paciencia misma, i la fortaleza en presencia de los fracasos. El hombre puede mucho para utilizar i dejar perder las fuerzas de la naturaleza. Negarlo ante la evidencia seria desanimar sin razon a todos aquellos a quienes la naturaleza ha desheredado i cuya voluntad no es por esto ménos firme. Haré sobre esto mas de una alusion en las páginas que siguen. Pero el soldado mas bravo queda impotente si no tiene un fusil o un sable, el jeneral mas hábil fracasa si le faltan cañones, municiones o vias férreas. El maquinismo moderno aumenta cada dia, en vez de disminuirlo, al peso de las fatalidades que pesaron sobre el hombre primitivo, i del cual un Lucrecio pudo creer que la civilizacion iba a ser luego libertada. La ciencia que debia darnos la libertad no ha hecho sino volvernos a colocar bajo el yugo. En vano se esfuerza para multiplicar nuestras fuerzas, trasformar los elementos que la tierra le presenta a su voracidad, en vano intenta penetrar tímidamente en la via de las transmutaciones soñadas por los alquimistas. Nuestra ambicion crece aun mas lijero que nuestra ingeniosidad. El espíritu que juega con las transformaciones, no ha llegado todavía, ni llegará jamas a crear ni fuerza ni materia, i la participacion del valor humano no crece tan lijero como lo habian soñado los poetas, en un mundo que está sometido mas i mas a las concurrencias vitales, a las avideces i a las hambres-

*
* *

La primera aplicacion que hagamos de estas ideas se referirá a la Gran Bretaña. El ejemplo es instructivo porque es seguramente el pais en donde el papel representado por la hulla i el maquinismo es el mas antiguo, de manera que su evolucion se encuentra ahí particularmente avanzada i en donde el vuelo industrial parece aún, desde hace algunos años, haber pasado por su punto culminante. Otra enseñanza mui característica la tenemos aquí en el hecho que la jeología ha dividido netamente la Inglaterra en una zona hullera i en una zona sin carbon, de donde se sigue una separacion no ménos neta en la política i en la industria, todo lo cual muestra patentemente la relacion de causa a efecto como en una esperiencia sistemática.

La riqueza moderna de la Gran Bretaña está fundada, como todo el mundo lo sabe, en dos privilejios naturales: su posicion insular i su riqueza en hulla. El dia en que Fulton combinó estas dos fuerzas utilizando el carbon ingles para la propulsion de un buque ingles quedó marcado el vuelo definitivo de esta maravillosa fortuna (1). Desde este dia, la Gran Bretaña ha tenido la tendencia de ser lo que ha sido hasta recientemente, el trasportador jeneral para los paises de ultramar: esportando no sólo el carbon, sino tambien los productos elaborados gracias a este carbon i trayendo en cambio, como flete de retorno, las materias primas necesarias a su industria. La isla entera no ha participado en este movimiento, i es aquí en donde empieza a tomar cuerpo el fenómeno cuya fácil demostracion buscamos. Acabo de referirme a la division que marcan a la vez los mapas jeolóxico, industrial, agrícola i político de Inglaterra. El límite de las dos zonas del pais forma una línea dirijida mas o ménos del norte al sur, que va de Newcastle a Birmingham, Bristol i Dartmouth. Hacia el este tenemos la verde Inglaterra, el pais agrícola, el pais conservador, el dominio de los lores; al oeste, la Inglaterra negra, el pais de los sindicatos obreros i del socialismo. El mapa jeolóxico nos lo esplica. La Inglaterra verde se estiende hasta el límite de los sedimentos secundarios i terciarios con capas alternadas regularmente de calizas blanquizas, de arenas i arcillas, en donde filtran las fuentes, donde crecen los pastos, donde maduran las cosechas. La Inglaterra verde que viene en seguida partiendo de la cadena Penina i de Severn, es la rejion de los terrenos primarios mas duros i mas oscuros, de las esquitas i areniscas mezcladas con granitos, en medio de los cuales se estienden las manchas negras de las cuencas hulleras. Durante mucho tiempo el este, donde se habian establecido los vencedores, ha dominado al oeste, mas pobre, donde se habian refugiado las razas vencidas. La Inglaterra era entónces un pais agrícola,

(1) En Birmingham fué donde Watt dominó el vapor, en donde Murdock inventó el gas de alumbrado y la locomotora. Fué en Glasgow donde funcionó el primer buque de vapor, y fué en Liverpool en donde el primero de estos buques se lanzó a través del Océano.

en donde la riqueza, i con la riqueza el poder, pertenecian a los conquistadores, a los lores que eran dueños de la tierra. Los paisés llanos i fértiles del Támesis i del Trent, la Inglaterra normanda de Durham, de York, de Salisbury, dominaba en aquellos tiempos. Pero hace un siglo mas o ménos el empleo del carbon hizo surjir en todos los paisés desheredados del oeste, las poblaciones obreras, donde las jentes amontonadas se decuplicaron i centuplicaron. A partir de este momento se ha visto mas i mas, a pesar de algunos retrocesos momentáneos, que el oeste levanta la voz i despues, desde 1832 impone su voluntad, la voluntad del pueblo, a la rejion del este. Las ventajas i los defectos del sistema inglés, que los recientes acontecimientos han puesto de manifiesto con alguna crudeza, han nacido de ahí. La Inglaterra está gobernada por los hombres del carbon, del hierro i de los hilados: ya por el número, siempre ciego cuando se trata de ver mas allá de sus intereses inmediatos; ya por los hijos o los nietos de aquellos que se han enriquecido por su trabajo por sus iniciativa, demasiado a menudo dispuestos a aprovecharse sin esfuerzo de los resultados adquiridos i a dormirse sobre los laureles de sus padres. I esta trasformacion que domina la historia política inglesa está perfectamente ligada a la presencia del carbon en el subsuelo, pues allí donde el carbon no aparece, en el oeste, en esos islotes del País de Gales i del Cornwall que la marca industrial rodea sin taparlos, las viejas razas han conservado sus ideas i su carácter antiguo.

Si dejamos a un lado estas rejiones celtas, las ciudades del oeste son o bien simplemente pueblos mineros o ciudades de hierro, o ciudades que se han especializado en tal o cual rama de la industria favorecida por la proximidad de los campos hulleros i mas particularmente determinada por alguna antigua circunstancia local. Las cuencas de Newcastle, del Lancashire i del Yorkshire han hecho a Newcastle on Tyne, a Liverpool, a Manchester i a Sheffield. En el centro está Birmingham; al sur Swansea i Cardiff. La asociacion con los minerales de hierro ha producido Barrow in Furness; la misma con los minerales del Cumberland ha levantado a Middlesborough. Los dos grandes puertos de Newcastle i de Liverpool, el uno mirando hácia el este, el otro hácia el oeste, se encuentran en las dos estremidades del principal campo hullero, en las embocaduras de ríos que hacen de ellos inmensos puertos. Swansea i Cardiff, sobre el canal de Bristol, se han erijido la una para tratar los minerales de cobre i de plomo que ahí llegan de todas partes del mundo, la otra para esportar sus carbones a todos los continentes. Manchester, Sheffield i Birmingham, ménos favorecidas por su situacion para la esportacion, mas centrales, han conservado cada una una especialidad que remonta a los tiempos pasados. Manchester, el algodón, gracias a su union con Liverpool por un canal i por vias férreas; Sheffield, el acero; Birmingham, los pequeños objetos, plumas, armas, calderas, máquinas i rieles.

Sin pretender hacer un curso de jeografía, no tenemos sino que recorrer algunas grandes ciudades del norte al sur; encontraremos siempre por todas partes la influencia vivificadora de la hulla.

Pasando a Escocia, tenemos aquí a Glasgow. La segunda ciudad de las Islas Británicas debe su prosperidad a su posición sobre la cuenca carbonífera escocesa i sobre el río Clyde, cerca de los antiguos minerales de hierro del Lanarkshire. De aquí nacen astilleros de construcción i manufacturas de todo género que ofrecen una diversidad muy particular. Glasgow tenía 80,000 almas en 1801; tiene ahora cerca de 800,000.

Al sur-este, Newcastle fué uno de los primeros pueblos que explotaron la hulla desde el siglo XII. En 1739, dirige ya una gran esportación de carbón que se extiende hasta París i Marsella. Muy luego todo el Tyne, sobre 19 kilómetros de longitud, pasa a ser un inmenso puerto, a lo largo del cual se escalonan las usinas, i es un vasto malecón de embarque para los carbones i los fierros. En los últimos diez años solamente, de 1901 a 1911 el número de sus habitantes ha crecido de 215,000 a 267,000 almas.

Manchester es una ciudad muy vieja; pero si la industria del algodón, introducida en el siglo XIV por obreros flamencos ha tomado el desarrollo que se conoce, es porque el vapor, producido económicamente por los carbones de la vecindad, ha podido aplicarse a las hilanderías. De 454,000 almas en 1901, ha pasado a 715,000 en 1911.

Sheffield era una aldea feudal que se dedicaba a la industria del hierro. Su supremacía en el campo del acero provino una vez más de la vecindad de las minas de hulla. De 1801 a 1871 su población había sextuplicado. Ella alcanzó 380,000 almas en 1901, 455,000 en 1911.

Desde Sheffield a Birmingham, en los Midlands, por todas partes contemplamos el reinado del carbón. Sobre 25,000 kilómetros cuadrados, más de 40,000 manufacturas i talleres esparcen a todos los vientos sus torrentes de humo.

Liverpool por fin no es solamente una ciudad de la hulla sino también un centro de gravedad para las islas hermanas de la Gran Bretaña e Irlanda: un punto de partida para los cambios internacionales. Sin embargo, estas ventajas naturales no han fructificado sino gracias a que ha podido unirse directamente a las ciudades industriales, nacidas ellas mismas de las cuencas hulleras. Estaba indicada por cierto para conocer el primer ferrocarril i el primer barco de vapor. De 5,000 almas en 1700 ha llegado a tener más de 750,000.

He multiplicado tal vez demasiado estos ejemplos. Se pueden resumir en algunas cifras de conjunto. Al principio del siglo XIX, la Inglaterra, que había tomado la delantera en la industria carbonífera, producía más de la mitad del consumo mundial: 7.5 millones de toneladas sobre 13; los Estados Unidos no intervenían entonces. En 1911 la proporción europea se ha mantenido igual: 264 millones de toneladas sobre 666. Como lo veremos luego, estas cifras habían aun sido más favorables hace una década. Esto basta para explicar el papel mundial que corresponde a este país. Si ha parecido declinar desde hace algún tiempo, la política interior ha contribuido a ello sin duda; pero la extensión de las explotaciones hulleras de Ale-

mania, además de sus efectos directos sobre el comercio inglés, ha contribuido mucho a la adopción de ciertas innovaciones desgraciadas de esta política.

Justamente es porque Alemania ha emprendido vigorosamente la lucha de la competencia, gracias a su riqueza en hulla aumentada bruscamente, porque los ingleses, algo adormecidos hasta entonces con las ventajas de su fortuna, han empezado a encontrar la vida menos fácil, han empezado a perder sus fuerzas en luchas intestinas propias para agravar el mal i se han lanzado por fin en un imperialismo que, para algunos políticos, pareció el mejor remedio. El imperialismo acariciado por Manchester, el proteccionismo conexo, tan contrario a las viejas tradiciones inglesas, tenían por objeto asegurar a la industria inglesa esos inmensos mercados con los cuales ella se había habituado a contar, gracias a la baratura de su carbon que arrastraba la baratura de los fletes, i que la Alemania, industrialmente mas joven, i por ende mas emprendedora i mejor armada técnicamente, comenzaba a disputarle. Estos tiempos nos aparecen ya tan lejanos que bien puede uno arriesgarse a hacer su historia. Confesemos pues la verdad. Cuando despues de haber casi reconciliado la Francia i la Alemania con Faschoda, José Chamberlain, inició esa empresa del Transvaal que nos parece hoy marcar una vuelta fatal para Inglaterra, obedecía él al sentimiento de mal-estar causado por la entrada a la palestra del competidor jermánico, en el mismo momento en que tantos mercados se cerraban ya por efecto de la emancipación progresiva de los países nuevos. La Inglaterra ha estado, desde ese momento, como un enfermo que se ajita i se revuelca en su cama. El encadenamiento de los acontecimientos ha podido ser disimulado por esa misma complejidad, pero hai derecho de denunciarlos en el orden siguiente: desarrollo de las hulleras alemanas; tendencia alemana para estender sus esportaciones utilizando este carbon; objetivos coloniales i marítimos de Alemania; beneficios menores obtenidos por los fabricantes de manufacturas inglesas que han luchado en la competencia; concepción imperialista dentro de la cual el haz de colonias británicas monopolizadas debía formar una cooperativa jeneral de producción i de consumo; guerra de conquista del Transvaal, con un gasto de millares para dejar maltrecha la gallina de los huevos de oro; aumento de los impuestos, exigencias i desórdenes de los sindicatos obreros; aumento del precio de costo, i por consiguiente, de las dificultades económicas de la industria; en fin, tensión tal, en ambas riberas del Mar del Norte, que la eterna cuestión de Oriente ha podido desencadenar una guerra sin precedentes, de la cual la Inglaterra saldrá, no lo dudamos, completamente rejenerada.

Si hai todavía mineros ingleses que no comprenden el interés vital de esta guerra i que esperan, para participar en ella, oír estallar las bombas de los Zeppelines sobre sus casas, es porque no han leído las estadísticas. Yo recordaba, al principio de este acápite, que la Gran Bretaña ha producido durante todo el siglo XIX, la mitad, mas o menos, de la hulla europea: lo

que significa un aumento considerable año tras año. I bien, desde 1908, este aumento ha cesado. En el espacio de cinco años, entre 1908 i 1913, miéntras los Estados Unidos pasaban de 370 a 557 millones de toneladas i Alemania de 215 a 256, la Gran Bretaña permanecía estacionaria. Si el año 1914 hubiera sido un año normal, habria marcado la fecha de un acontecimiento industrial que constituye un símbolo por sí solo: la produccion jermánica de carbon (comprendiendo es verdad los lignitos) sobrepasando por primera vez la produccion británica. Esta es la expansion que ha hecho estallar automáticamente los obuses, mas que todos los picratos i los cloratos inventados por la química.

*
*
*

Estudiando la Inglaterra me veo obligado a hablar de Alemania. Es que el lazo entre los dos sujetos es, ya lo hemos visto, mui directo. La rivalidad comercial, i de rechazo, la habilidad política de Alemania i de Inglaterra ocupan un lugar prominente en los acontecimientos contemporáneos.

El gran desarrollo de Alemania ha empezado poco despues de 1871; no inmediatamente despues de la victoria, pues hubo en 1875 una crisis violenta que puede llamarse una crisis de crecimiento, pero que está en relacion directa con la fecha de la formacion del Imperio aleman. Este desarrollo ha sido enorme. Sin duda los alemanes lo han exajerado aun en sus publicaciones i en sus discursos segun su hábito permanente de jactancia, i en virtud del proverbio que dice que la riqueza busca a los ricos. El hecho es sin embargo innegable i la guerra actual habrá dado una sensacion demasiado neta de ello a aquellos que lo ignoraban o lo negaban con obstinacion. De aquí viene que se haya popularizado la idea que la fortuna es debida al prestigio de la victoria i a la fuerte organizacion militar del Imperio aleman. Esta cita es lo que se ha repetido mucho i los alemanes en primer lugar se han prestado para dejarlo creer a los demas. Era natural en su sentir, que el pueblo elejido fuera tambien el pueblo dominador i explotador del Universo. No incurriré en el exceso inverso i no trataré de hacer creer que la Alemania moderna ha salido automáticamente i fatalmente, sin ninguna intervencion humana de las negras profundidades donde sus «Kobolds» estraen paciente-mente el oro del Rhin, ménos brillante, pero mas útil que el de la leyenda. Es por lo ménos indudable que la victoria ha dado a los alemanes esta fé en-sí mismos i este espíritu de empresa que son un elemento esencial del éxito. Ella los ha libertado de todas las luchas inútiles, destinadas anteriormente a constituir su unidad. Desde ese momento lo han visto todo grande, a véces hasta la exajeracion, i han tenido confianza en un gobierno que habia preparado su triunfo: gobierno ademas que estaba dispuesto a fomentar poderosamente, metódicamente, por todos los medios posibles, el desarrollo de las industrias. No son éstos factores despreciables. Sin embargo, nada de lo que hemos visto habria podido realizarse sin la extrema abundancia i la

baratura de la hulla. Sobre esto vale mas dejar hablar a los números. Sin remontarnos mas léjos que 1880, el conjunto de Alemania producía 50 millones de toneladas; en 1890, 90; en 1900, 150. En 1908 alcanzó 215 millones; en 1912, 255 millones; en 1913 cerca de 279 millones. Estas cifras comprenden, es cierto, los lignitos, que son combustibles inferiores. Pero aun, dejándolos a un lado, tenemos, para el período de 1901-1905, un término medio anual de 113 millones; de 1906 a 1910, 142; en 1911, 156; en 1912, 172; en 1913, 191. I esto no era sino el punto de partida de un vuelo que la guerra ha interrumpido, pues el efecto de los últimos descubrimientos hulle-ros apénas si se ha dejado sentir.

La directa intervencion de la industria hullera sobre el desarrollo de todo el país aparece inmediatamente al mirar de donde sale la hulla i donde se ha dirijido la corriente de la poblacion. Los dos tercios de la produccion hullera alemana (incluyendo los lignitos) vienen de Westfalia (102 millones de toneladas en 1913); el otro tercio de la Silesia (alrededor de 50 millones) i del Sarre (13 millones). Los carbones de Silesia i del Sarre dan poco coke. Casi todo el coke consumido por la metalurjia proviene pues de Westfalia. I bien ¿a dónde se ha producido el mayor incremento de poblacion? Una gran parte sin duda en las antiguas ciudades ya importantes que continúan ejerciendo su poder de atraccion sobre las masas, en Berlin Leipzig, Munich, Dresde, etc., pero ante todo en esta vasta cuenca hullera de Westfalia, o en sus vecindades en las ciudades industriales i marítimas que se beneficiaban directamente con el movimiento hullero. No hai en ninguna parte nada comparable con esos 1,500 kilómetros cuadrados del Ruhr, en donde se apiñan ya mas de once millones de almas i donde cada año trae un nuevo medio millon. En este estrecho espacio existen doce ciudades de mas de 100,000 habitantes que son, por órden de importancia decreciente: Colonia, Dusseldorf, Essen, Dortmund, Duisburg, Elberfeld, Barmen, Gelsenkerchen, Aquisgran, Crefeld, Mulheim, Hamborn. I todo esto resulta de la hulla cuya produccion ha decuplicado desde 1870. Es pues sobre este rincon de la Westfalia donde nos conviene dirijir la atencion: en primer lugar porque por su importancia domina desde hace mucho tiempo todo el resto; en seguida porque esta importancia, por el lado de las posibilidades para el porvenir, ha por lo ménos doblado en estos últimos años; en fin, porque la posicion jeográfica de la Westfalia, como el carácter fiscal de numerosas minas hacen de ella una prenda que está indicada de antemano para nuestras futuras exigencias.

He dado a conocer ya las cifras de la extraccion hullera westfaliana. Los gráficos que la interpretan son espantosos cuando se les mira con ojos de competidor, sugestivos si no espera tomar una participacion en ella. Todo se liga ahí. A los 11 millones de toneladas de hulla, corresponden en 1912, 22 millones de toneladas de coke, 550 mil toneladas de alquitran, 244 mil toneladas de sulfato de amoníaco, 14 millones de toneladas de lingotes de hierro. Cuatro sociedades tienen un capital de mas de 200 millones de francos; cinco están comprendidas entre 100 i 200 millones de capital;

i el balance de estas empresas presenta dividendos superiores, en término medio, a 10% sobre el capital-acciones invertido. La conexión de las diversas empresas tiene como punto de partida la hulla, pero arrastra las industrias mas diversas. La mayor parte de las sociedades mineras poseen al mismo tiempo, hornos altos i fábricas de acero; talleres de mecánica para obra gruesa i calderería se han instalado en sus alrededores. Entre los sub-productos, el sulfato de amoniaco proporciona los abonos; los alquitranes dan las materias colorantes; los gases hidrocarburoados sirven en las centrales, para producir fuerza motriz, la que una vez trasformada en electricidad alimenta a toda la rejion. I toda esta potencia económica está monopolizada entre las manos de sindicatos que, para la hulla, para el acero, para los alquitranes i los benzoles, para las sales amoniacaes, dominan el mercado, obrando sobre un conjunto de valores de mercaderías que suman millares de francos.

El Rhin i los canales que a él afluyen, ofrecen a esta industria colosal, arterias vivientes que traen el alimento i los medios de vida a los obreros, llevando hácia afuera los productos brutos o fabricados. La mitad del carbon por ejemplo, es consumido ahí mismo; la otra mitad es esportada. Todo el Rhin aguas abajo de Manheim es un inmenso puerto, casi continuo, cuyas salidas naturales son mas Rotterdam i Amberes que Hamburgo.

Rotterdam, unido al Rhin i al Meusa navegable por el Dordksche Kanal, ha pasado de 1.900,000 toneladas en 1883, a 18.000,000 en 1913 i de 72.000 habitantes en 1830 a 450,000 hoi. Amberes ha llegado a tener 302,000 almas. Esta es la razon por qué Amberes i Rotterdam han parecido a los ojos de todo espíritu aleman como debiendo llegar a ser forzosamente puertos alemanes.

No hai pues que equivocarse: el poder de la Westfalia es enorme i alimenta a Alemania. Voi a mostrar en un momento mas hasta qué punto se ha aumentado todavia recientemente. Pero le faltan, sin embargo, dos elementos de prosperidad indispensables: el acceso al mar dentro del territorio nacional i los minerales de hierro que tenemos la audacia de poseer en la Lorena. Si la invasion ha seguido el camino que se conoce, si los alemanes han roto el papelucho que garantizaba la neutralidad belga, corriendo el riesgo de ver levantarse a los ingleses contra ellos, es seguramente para sorprendernos en una frontera en la cual estábamos ménos defendidos; pero era tambien, i esto no se oculta ya mas, para realizar la anexión de Bélgica que tendria que traer como consecuencia fatal la de Holanda. No es por casualidad que los alemanes han ocupado i conservan aun, con todas las usinas belgas, los dos tercios de nuestras carboneras del norte i de nuestros yacimientos de hierros de Lorena. Si por desgracia hubiéramos sucumbido, la primera «rectificación de frontera» que se nos habria impuesto, nos habria despojado de nuestros minerales de hierro lorenos, que ellos sienten tanto no haber estimado en lo que valen en 1871. Teniendo tanto carbon, necesitan hierro para utilizarlo. Habiendo los acontecimientos tomado otro

jiro, ¿no tendremos el derecho de invertir el argumento i decir que para nuestros minerales de hierro necesitamos tambien una parte de su hulla?

Porque respecto a la hulla, tienen ahora a discrecion, exajeradamente i para siglos. ¡Tienen demasiado! Las últimas investigaciones con sondeos, fundadas en los últimos progresos de la jeología, que no han revelado nada en Francia, han enriquecido sériamente a la Inglaterra, la Béljica i la Holanda, ellas han, lo he dicho ya, doblado lo que poseia la Alemania. Esto es lo que no se sabe bastante fuera de los círculos de los especialistas; esto es lo que hai que repetir en voz alta, porque si no se efectúa ningun cambio en ventaja nuestra en la situacion actual, la Francia que estaba ya encorvada bajo el peso de su carga, va a ser abrumada.

La cuenca westfaliana es la prolongacion de la cuenca francesa i de la cuenca belga; pero, en Francia, el surco hullero está limitado entre dos cajas distantes a lo mas de 12 a 15 kilómetros, i aunque se busque i se rebusque, ninguna intelijencia humana podrá descubrir lo que no existe: ha sido preciso contentarse con repasar lo que habia dentro de este espacio. Cuando se llega a la frontera de la Béljica i a la frontera de Alemania, cuando se atraviesa Aquisgran i Maestricht, se entra por el contrario en un inmenso círculo subterráneo análogo a un cruzamiento de avenidas. Las cuencas hulleras se desenvuelven o se ramifican en diversos sentidos sobre mas de 180 kilómetros de largo por 100 kilómetros de ancho. Ahí se encuentran las nuevas cuencas belgas del Limburgo i de la Campine, las cuencas holandesas del Limburgo i del Brabante, las cuencas alemanas de Wurm-Inde, de Bruggen, i de la ribera izquierda del Rhin. Partiendo de este momento en lugar de mantos parados i que se clavan en hondura, se tienen capas con suave pendiente, que se estienden mui léjos hácia el norte. Este estado de cosas se acentúa aun mas en Westfalia. Las investigaciones por medio de sondeos hácia el norte se imponian por la fuerza. No se tropezaba sino con dificultades técnicas que siempre se podian dominar. Estas podian resumirse en una hondura progresiva de los yacimientos, lo cual fija un límite a la explotacion, pero que se va ensanchando año tras año, i en la dificultad de franquear con los pozos las capas acuíferas que se encontraban. Los resultados así obtenidos pueden explicarse fácilmente.

La antigua zona, conocida desde mucho tiempo atras, iba del Rhin a Hamn, englobando la rejion clásica de Duisburgo, Essen, Bochum, Dortmund, etc. Los sondeos al norte i al este han hecho mas que doblar la superficie hullera sin alcanzar todavía su límite hácia el norte, que bien podria ir mas allá de Munster. Es desde luego un rectángulo de 35 a 40 kilómetros de ancho sobre 100 kilómetros mas o ménos de largo, sin contar los anexos de que hemos hablado. I al mismo tiempo se ha aumentado el número de haces hulleros; pues éstos teniendo un buzamiento de sur a norte, se encuentra, yendo en el mismo sentido de sur a norte, sus afloramientos respectivos: de tal modo que miéntras mas septentrional es la situacion de un pozo, mayor número de capas puede atravesar a su paso. Antes de estos trabajos se

estimaban las reservas probables de Westfalia en 33 millares de toneladas. Actualmente, sin bajar mas allá de 1,500 metros de hondura, lo que es perfectamente realizable, la Westfalia puede proporcionar 76 millares de toneladas i el oeste del Rhin 10; a éstas hai que agregar 4 millares reconocidos en Holanda i 8 millares en la Campine belga. Esto demuestra inmediatamente, para un pangermanista la necesidad de anexar la Campine belga i la Holanda. Miéntas tanto esos 76 millares de toneladas, al paso de la explotación actual, representan cerca de ocho siglos asegurados. Para poder comparar, agregaré inmediatamente, lo que veremos un poco mas léjos, que el total de las reservas francesas ha sido estimado, incluyendo los lignitos, i llegando hasta una hondura de 1,800 metros, a un máximo de 17,6 millones de toneladas. Segun los últimos cálculos, Alemania podria contar ahora con dos veces mas hulla que Inglaterra.

Pero la cantidad no es la sola ventaja de las carboneras jermánicas. Es preciso tambien contar con el bajo precio de extraccion.

Con la gran facilidad de trabajar en grande en mantos regulares i estensos, no es extraordinario que los alemanes hayan podido primero instalar las hermosas maquinarias admiradas por todos los visitantes i obtener en seguida a pesar de esto un precio de costo mui bajo. Una mina de hulla francesa es, con relacion a una mina alemana, inglesa o americana, algo como el prado de un montañes, penosamente colgado sobre un faldeo pedregoso al lado de una ancha llanura que se ara a vapor. Por todo un conjunto de razones que no son solamente técnicas, un minero aleman entrega en término medio 268 toneladas de hulla por año i un ingles 244, miéntas un frances no rinde sino 200 i un belga sino 155. Desde 1901 acá, la produccion del minero aleman ha subido de 240 a 269; la del frances ha permanecido estacionaria (200 contra 196). La hulla tomada en la cancha de la mina cuesta, pues, en término medio, (1912), 7.50 francos en los Estados Unidos, 11.25 en Inglaterra, 13 francos en Alemania i 16 francos en Francia. Es mui natural, en estas condiciones, que el industrial frances deba reducir su consumo de hulla comparado con el aleman. Este consumo por cabeza i por año ha crecido en Alemania entre 1901 i 1913, de 1.69 a 2.12. El de los franceses no ha podido aumentar sino de 1.15 a 1.48. I, para una produccion global cuatro veces menor en nuestro pais, estas cifras son favorables en pro de nuestros esfuerzos.

* * *

He dicho lo bastante sobre nuestros competidores para poder encarar ahora el caso de Francia. No será desgraciadamente, esto mui largo i las anotaciones que hagamos en la actualidad no serán mui halagüeñas. La Francia tan bien dotada bajo otros conceptos por la naturaleza, es completamente pobre en recursos de hulla. Esto es lo que no le permite aprovechar, como

debería, su enorme stock de minerales de hierro. ¿Qué puede hacer ella con estos minerales, si le falta carbon nacional para beneficiarlos? Fundirlos con coke traído de afuera es una operacion precaria i costosa; vender ella misma sus minerales, es una solucion igualmente poco ventajosa i que aun ántes de la guerra suscitaba ya lejítimos recelos destinados a crecer en el futuro despues de una florescencia semejante de odios. Por falta de carbon está tambien paralizada en sus industrias de rendimiento intensivo, en su marina mercante, que debería sin embargo por el desarrollo de sus costas i la abundancia de sus puertos, por la estension de su dominio colonial, ser considerable. ¿Pero cómo pensar en la gran produccion i en la esportacion de un pais en donde se produce penosamente 40 millones de toneladas para un consumo que aun reducido al mínimo como se encuentra por el alto precio del combustible, sube ya a 60 millones? Necesitaríamos doblar por lo ménos nuestra produccion para alcanzar una cifra conveniente.

¿Podríamos llegar a ella en nuestro propio suelo? Seguramente que nó. Dentro de un campo limitado con pozos de estraccion mui costosos i en número reducido, los límites prácticos de la produccion son casi matemáticamente determinados. Aunque nuestros mineros sean reputados tan buenos como los mejores del mundo, están detenidos en todas direcciones por límites ineludibles. Por otra parte si se quisiera aumentar el rendimiento global de nuestras minas, multiplicando los pozos de estraccion se iria hácia un agotamiento mui rápido. He aquí, en efecto, algunos números sugestivos que espresan, no la certidumbre, ni las probabilidades, sino simplemente las «posibilidades» a que podrian alcanzar nuestras reservas de hulla para el caso de contar hasta 1,200 metros de hondura. La cuenca del norte i la de Calais: 9.5 millares de toneladas; la cuenca de Saint-Etienne: 685 millones de toneladas; la cuenca de Alais: 985 millones de toneladas; la de Tuveau: 113 millares de toneladas de lignito; en total, contando los pequeños yacimientos del centro: 13 millares de toneladas o aun 17.6 millares llegando hasta una hondura de 1,800 metros. Si Francia elevara su produccion solamente hasta 100 millones de toneladas, produccion que podria consumir fácilmente, ántes de siglo i medio no le quedaria una tonelada de carbon en condiciones aprovechables.

Pero, si por este doble motivo, no se pudiera aumentar notablemente la produccion de nuestras minas actuales, ¿acaso nos seria posible descubrir dentro de la estension de nuestro territorio nuevos yacimientos, como acaban de hacerlo precisamente los belgas, los holandeses i los alemanes? A este respecto se oyen a veces afirmaciones atrevidas que solo la gran confianza de un jugador que especula en empresas arriesgadas, puede justificar. La verdad es que se ha buscado mucho ya en casi todos los puntos en que los sondeos parecian ofrecer resultados sérios, i aun en muchos casos en que las probabilidades eran solo mínimas. Con todo este gran esfuerzo perseguido valientemente i con gran costo han podido obtenerse i se obtendrán todavia resultados que tienen un valor industrial, pero ninguno ha presentado

proporciones suficientes para atribuirle una importancia nacional. I aun allí donde se ha obtenido un semi-éxito, como en Lorena, el efecto productivo ha sido, es preciso decirlo, reducido a la nada por mucho tiempo por la inercia i la mala voluntad de una sucesion de ministerios incapaces de atreverse a dar las concesiones a sus descubridores. Talvez habrá aun algunas investigaciones que emprender: mucho mas, digámoslo con un interes jeneral que con un interes particular. No es de ninguna manera imposible que pueda existir hulla debajo de la cuenca de Paris. ¿Pero quién querría lanzarse a hacer semejante esploracion despues de los precedentes antedichos?

Así, pues, en vez de que la situacion esté destinada a mejorar para nosotros, ella debe empeorar de año en año: porque nuestro consumo va a aumentar i porque nuestra produccion quedará estacionaria o disminuirá. Nuestras cuencas de Saint-Etienne i del Centro se mueren paulatinamente. En un tiempo que puede considerarse mui breve para la vida de un pueblo, estaremos reducidos a nuestra cuenca de Valenciennes, en donde los efectos de las últimas leyes obreras tienden a reducir la capacidad de produccion.

I en este caso, ¿qué puede hacer la Francia sin hulla? Es inútil recordar que el petróleo nos falta en absoluto. Recurrir mas aun a la hulla blanca; remedio indicado i necesario, pero mui deficiente, pues la esperiencia demuestra luego que la hulla blanca no se basta a sí misma, i que ahí donde su empleo desarrolla alguna industria, las necesidades de hulla negra ligadas a ella, aumentan en vez de disminuir. Por otra parte, la metalurjia eléctrica del hierro no está todavía madura fuera de algunos empleos especiales, i no se acciona un navío ni con acumuladores ni con pilas. ¿Se trata de comprar carbon? Seria preciso en este caso que por lo ménos los tratados—i sobre esto voi a volver—nos permitieran efectuar las compras ventajosamente. De otra manera no queda otro camino que el que se ha tomado desde varios años atras; es preciso tomar el partido al cual se resignan todas las viejas usinas o las viejas ciudades i que conviene tambien a los viejos paises: concentrar mas i mas sus esfuerzos para producir artículos de lujo, o productos mui acabados, en los cuales la materia prima representa un papel insignificante con relacion a la invencion del fabricante o a la habilidad del operario.

Estas resoluciones, el empleo de tales remedios ¿no parecen acaso guardar un símil con esas inyecciones de suero o de cafeína, con esas inhalaciones de oxígeno, con los cuales uno se esfuerza para prolongar la vida de los moribundos? La Francia no debe ni quiere morir todavía. ¡Lo demuestra con bastante enerjía desde hace un año! I será preciso creer que el resultado de un esfuerzo tan jigantesco nos permitirá por lo ménos rectificar dentro de ciertos límites, las injusticias del destino para con nosotros. Hemos visto lo poco que poseíamos. Me queda, para concluir, que examinar lo que podemos obtener para el porvenir. Trataré de hacerlo con toda la discrecion que debe gastar en sus esperanzas mas justificadas una conciencia científica,

i no imitaré a nuestros adversarios soñando con conquistar toda la Westfalia. Pero sin exceso de presuncion, queda permitido esperar que la Alsacia i Lorena, tierra francesa, volverá a la Francia con sus anexos naturales i que en la redaccion del tratado de paz, podremos insertar algunas condiciones económicas ventajosas.

Nuestra situacion tal como acabamos de esponerla, se enuncia en dos palabras. Nos falta carbon i tenemos demasiado hierro. Sucede lo contrario a los alemanes. Han empezado la guerra con la intencion, confesada de antemano de arrebatarnos nuestros minerales de hierro lorenos. Echemos guante, si podemos, de algunos de sus yacimientos hulleros. Veremos que todo esto no significa de ninguna manera el aplastamiento de Alemania. Los mas pesimistas no podrian ver en todo esto una quimera. Basta que nuestros diplomáticos, el dia en que redacten el tratado se muestren bien informados sobre nuestras necesidades mas urgentes, como lo fueron en otro tiempo los negociadores alemanes, i que comprendan la necesidad de un esfuerzo enérgico en un sentido en que estas necesidades revistan el carácter de absolutas.

No temamos anticiparnos a los acontecimientos para llamar la atencion pública sobre este punto, pues en la hora undécima debemos lógicamente prever la intervencion posible de ciertos intereses privados que son antagónicos con el interes jeneral. Sin dudar de ningun patriotismo cada uno comprenderá que la penuria de carbon, perjudicial para la comunidad, es ventajosa, en cambio, momentáneamente para algunos patronos i obreros, que el alza de precio que se deriva de ella i que aumenta las utilidades de nuestras minas. Puede, pues, esperarse este antagonismo mas o ménos franco de parte de individuos que van a obrar con enerjía porque están de por medio sus intereses, miéntras tanto por otro lado los intereses demasiado vastos de la jeneralidad serán, como siempre, defendidos solamente por los teóricos, poco predispuestos para la accion. Si ocurriese que sea preciso anexar algunos kilómetros cuadrados, ¿no se tropezará acaso con la intervencion de esos sentimentalistas incorregibles, para quienes una lucha a muerte con una fiera embravecida, no es otra cosa hasta el fin sino un duelo correcto entre jentes de mundo? I como una solucion negativa está para tentar siempre a los indecisos, ¿no corremos el riesgo, si no nos cuidamos de ello, de ver despues de algunas discusiones que la fuerza de la inercia impone su fallo lamentable a los espíritus inadvertidos?

* * *

Al punto a que hemos llegado, preciso es mirar mas allá de las estrechas fronteras en la direccion de las cuencas hulleras alemanas que, bajo una u otra forma, pueden en el futuro, como lo han hecho ya a fuerza de dinero en el pasado, remediar nuestra falta de carbon i de coke. Una de ellas ha sido

ya estudiada, la de Westfalia; la otra ha sido ex-profeso dejada a un lado, es la del Sarre. Hablaré primero de ésta, siendo que la solucion que se impone es relativamente sencilla; en seguida pasaremos a la primera.

La cuestion de la cuenca del Sarre es sencilla, porque ella ha sido una antigua tierra francesa que nos ha sido arrebatada solamente en 1815 i para cuya reconquista no puede oponerse ninguna objecion de sentimiento nacional, toda vez que la suerte de las armas nos haya favorecido. La hoya del Sarre forma un anexo natural de la Alsacia i Lorena, a la cual está contigua. I como una gran parte de sus minas o de sus terrenos para futuras concesiones son propiedades del Estado, su vuelta al dominio del Estado frances no presentará, en la misma hipótesis, ninguna dificultad. Limitémonos, pues, a examinar estas dos cuestiones de hecho.

La anexion de la cuenca del Sarre a Francia data casi de la misma época que la anexion de la Alsacia. Desde el tratado de Ryswick en 1697, la parte meridional de la cuenca nos era atribuida, i cuando se constituyó el departamento del Mosela, en 1790, fueron incluidas en él las explotaciones que estaban en actividad en la rejion de Sarrelouis. En 1793, se agregó toda la rejion situada mas al norte en la cual los príncipes de Nassau-Sarrebruk, habian organizado explotaciones mas importantes, que fueron entónces incorporadas a nuestro dominio nacional i trabajadas por su cuenta durante veinte años, hasta 1814. El tratado de Paris de 1814 nos dejó, en gran parte, la rejion septentrional, rica i útil, en donde el terreno hullero aflora a la superficie i fué solamente en 1815 cuando se nos quitó su posesion. Pero todavía, en 1870, éramos dueños mas al sur de once concesiones que producen hoi 4 millones de toneladas.

En cuanto a la estension del dominio fiscal, en la cuenca, ella es considerable, i comprende, principalmente, todas las minas de la Prusia renana que, en 1913, han dado al Fisco prusiano 12.5 millones; muchas otras pertenecen al Fisco de Baviera i hai todavía otra rejion que no está concedida i que ha sido reservada para el Estado por lei especial.

El valor de esta cuenca para Francia debe apreciarse no solamente por el tonelaje que está dando, sino por el que puede dar mas tarde. Su extraccion en 1913 ha sido de 17.1 millones de toneladas. Seria sin duda fácil de aumentar esta cifra. Porque esta extraccion relativamente pequeña proviene de una superficie útil de 220,000 hectáreas, miéntras tanto en nuestra cuenca de Valenciennes, para 28.000,000 de toneladas tenemos solamente una superficie útil de 105,000 hectáreas. La cuenca tiene como reservas seguras, hasta 1,500 metros, 12.5 millones de toneladas, de los cuales 8 están sobre 1,000 metros de profundidad. Es un carbon bastante mediocre es cierto, comparado con los hermosos carbones de Westfalia, o de la rejion del norte, i el coke que dan es todavía mas malo. Pero, sin embargo es perfectamente aprovechable i como cantidad, sino como calidad, esta cuenca sola bastaria para reemplazar nuestras importaciones actuales.

El problema de la Westfalia que voi a tratar ahora, es mas complejo;

porque no podría ser cuestion de anexar esta cuenca, aunque puede llegar a presentarse el caso de ocuparla provisoriamente, si Alemania se ve obligada a pagarnos una indemnización de guerra. El factor que debe intervenir ahí sobre todo es el tratado de comercio futuro, sus condiciones son difíciles de indicar anticipadamente, porque dependen demasiado de los acontecimientos militares, pero existen múltiples combinaciones, destinadas a ser discutidas mas tarde, que se presentan al espíritu. Aunque fuera a título de intercambio contra minerales de hierro, se podría estipular una entrega anual de hulla i de coke cuyo precio se fijaría en la frontera segun una tarifa cuyo objetivo seria colocar a nuestras usinas por lo ménos sobre un pié de igualdad con las usinas alemanas. Se puede tambien concebir que se concedan las minas del Estado o las concesiones no otorgadas aun al Estado francés o a Compañías francesas. A este respecto la organizacion de poderosos sindicatos i el papel de director que ha asumido el Gobierno alemán contribuirán a facilitar lo todo. El socialismo de Estado tiene por lo ménos esta ventaja en caso de guerra, que suprime muchas inquietudes i muchas cuestiones engorrosas que podrían ser motivadas por lesiones a la propiedad privada. La Alemania por la riqueza de su dominio público sobre las minas, los ferrocarriles, etc., se ha colocado en condiciones particularmente favorables para permitir el pago de un rescate el día en que se la venza.

En la extraccion total de la cuenca Rhin-Westfalia, en particular, el Fisco prusiano participa con 4.13% (1913) o sea de cerca de 5 millones de toneladas en sus minas de Ibbenburen, Vergladbeck, Bergmannsgluck, Waltrop, Zweckel i Scholven. Los privilejios que se ha reservado para el porvenir aumentan ademas considerablemente el valor de este dominio.

Así, pues, este gran conflicto que va a empobrecer la Europa por un cuarto de siglo, puede por lo ménos, si logramos mostrar una voluntad bastante firme, asegurar para Francia algunas compensaciones parciales por sus pérdidas, junto con una mayor seguridad para el porvenir. No es solamente reservándonos algunas posiciones estratégicas en la frontera como los negociadores nos pondrán a salvo de la repetición, en un plazo demasiado próximo, de semejantes sorpresas, es tambien proporcionándonos esta fuerza militar que la hulla constituye i que los alemanes han poseido superabundantemente en la guerra actual. De este modo lograremos mas que si nos enriqueciéramos. Tenderemos hácia ese resultado deseado por todos que consiste en que otra convulsion como ésta quede mucho tiempo sin renovarse. Seria vano fundar tal esperanza sobre las ilusiones de un socialismo internacional. Porque, aunque este aserto pueda parecer paradójal, el socialismo, que cree ser un instrumento de paz, es hoy por hoy, sin quererlo, el principal agente de la guerra. Nacido gracias al maquinismo que ha sido a su turno enjendrado por el carbon, sintetiza bajo la máscara de doctrinas inaplicables, una lucha por la vida que se ha empeñado con una intensidad creciente entre los obreros y los patronos, entre los patronos competidores unos de otros i entre las naciones. Se jirá por mucho tiempo alrededor

de este círculo vicioso: los esfuerzos mas legítimos para mejorar las condiciones de la vida obrera aumentarán los precios de costo, para subsanar este mal, se necesitará que los mercados se extiendan por doquier i en definitiva todo esto suscitará rivalidades mas i mas agudas. He recordado de qué manera la potencia creciente de las carboneras alemanas habia despertado el pangermanismo i su contendor el imperialismo inglés i habia contribuido a este choque que nos agota. Así, pues, no es sino la necesidad de desarrollar desmedidamente su industria para utilizar sus riquezas hulleras, no es sino la necesidad de ensanchar sus esportaciones para producir barato, lo que ha conducido a los jermanos a ver todo de un modo «colosal». El equilibrio del mundo ha sido roto por esta megalomanía cuyos efectos ellos mismos no podian reprimir: tanto en el orden económico, como en el orden político i militar, sobre los cuales las necesidades económicas imponen cada dia mas su supremacía. El problema del carbon es uno de aquellos que tenemos que resolver si queremos asegurar a nuestros nietos los beneficios durables de la paz.

L. DE LAUNAY,

Ingeniero del Cuerpo de Minas de Francia, Profesor de
Geología de la Escuela de Minas de Paris.



Química Práctica de las fundiciones de Cobre

(Continuacion)

II CASO

Fundicion de minerales sulfurados

Para analizar la fundicion de minerales sulfurados, vamos a proceder como para el primer caso, basando nuestro estudio sobre el análisis de un mineral cuya composicion mineralógica se conoce: sea el mineral el siguiente

Cobre.....	=	8%
Azufre.....	=	15 »
Fierro.....	=	20 »
Cal.....	=	12 »
Silice.....	=	35 »
Alúmina.....	=	4 »
Magnesia.....	=	3 »

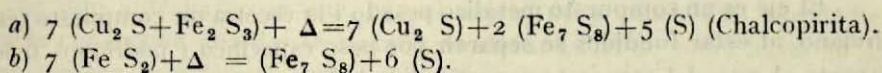
La composición mineralógica del mineral se puede deducir fácilmente de su análisis, aunque ella no nos fuera conocida. Evidentemente los porcentajes de azufre, fierro i cobre nos indican que nos encontramos en presencia de piritas de fierro mezcladas con chalcopirita o bronce amarillo o con cualesquiera de los sulfuros de cobre. Si examinamos el total del análisis vemos que sólo un 3% del total del mineral no se ha determinado, así es que cualesquiera que fuesen los constituyentes del mineral que forman ese 3% desconocido ellos no afectarían en absoluto las relaciones que indudablemente existen entre la sílice, la cal alúmina i magnesia i, en resúmen, se puede decir que la ganga terrosa del mineral está formada por un silicato múltiple de cal, alúmina i magnesia.

Si simplemente fundiéramos el mineral valiéndonos de la acción del calor aplicada en cualesquier forma ¿qué resultaría?

La temperatura necesaria para producir su completa liquefacción es casi seguro superior a 1,000°; ahora bien ántes de alcanzar esa temperatura se produce una pérdida de azufre por volatilización sin que intervenga oxidación alguna. Las investigaciones a este respecto practicadas nos dicen que la chalcopirita pierde casi la cuarta parte de su azufre al ser fundida aún dentro de una atmósfera reductora i las piritas de fierro pierden cerca de la mitad de su contenido de azufre al ser fundidos en iguales condiciones.

Es imposible, pues, prevenir o evitar esta pérdida de azufre que necesariamente se producirá al fundir el mineral. En práctica se estima que el azufre que por este motivo se pierde es equivalente al 50% del azufre que el mineral contiene.

De aquí pues, que nuestro mineral pierde la mitad de su azufre debido a esta volatilización que se espresa de acuerdo con las siguientes reacciones.



Al fundirse el mineral su lei de azufre no será 15% i su peso se habrá reducido en 7½ kgs. en cada 100 debido a la volatilización de este azufre. El azufre restante formará con el fierro i el cobre un cuerpo único debido a sus afinidades químicas que los mantienen siempre unidos formando un sulfuro de cobre i fierro.

La Si O₂ con la Ca O. Al₂ O₃ i Mg O formarán otro cuerpo debido a las afinidades químicas que se desarrollan a estas temperaturas i que tiende a mantenerlas unidas formando un silicato de cal alúmina i magnesia. Otros compuestos que pudieran existir se pierden por volatilización a esas temperaturas tales como el agua i el ácido carbónico o bien se combinan con alguno de estos dos cuerpos que se han formado siguiendo leyes de afinidad muy bien establecidas.

Así, por ejemplo, el 3% desconocido de nuestro mineral puede estar

formado por alguno o varias de las sustancias que se detallan además del agua i ácido carbónico ya nombrado:

1. Arsénico.
2. Antimonio.
3. Bismuto.
4. Zinc.
5. Plomo.
6. Oro.
7. Plata.
8. Platino.
9. Soda.
10. Potasa.
11. Barita.

Los metales i metaloides que forman los ocho primeros números se juntan con el primer compuesto o sea el sulfuro de cobre i fierro agregándose a él o formando arseniuros o antimoniueros o bien disolviéndose en la masa total de ese compuesto debido a ciertas propiedades físicas que mas tarde estudiaremos; ellos en realidad nunca destruirian o influenciarian las características de este primer compuesto de azufre, cobre i fierro que en fundiciones reconocemos con el nombre de «eje» de cobre o «mata de cobre».

Las bases que forman los últimos números de la lista se unirán como sabemos a la sílice siempre que haya suficiente cantidad de ésta presente o en caso contrario se disolverán en la totalidad del segundo compuesto que denominamos «escoria».

Ambos compuestos difieren notablemente en densidad o peso específico.

El eje es un compuesto metálico pesado i la escoria un compuesto téreo liviano, al estar fundidos se separan por peso específico i podremos tenerlo aparte el uno del otro con suma facilidad. De esta manera habríamos eliminado del mineral muchas impurezas tales como la sílice, la cal, la alúmina, etc. i parte del azufre, sólo nos quedaria un producto final que contiene todo el cobre, mitad del azufre i todo el fierro del mineral. Debemos examinar ahora el resultado de nuestra fundicion bajo el punto de vista del objeto que nos guía a fundir el mineral cual es la separacion del cobre de los elementos o cuerpos que lo acompañan.

Si examinamos el análisis del mineral veremos que el azufre, cobre i fierro juntos suman 43% del peso total de él i que la sílice, cal, alúmina i magnesia suman 53% de su peso. Nosotros hemos separado estas dos cantidades agregándole a la segunda 7.5% mas de eso que descontaremos a la primera. Nuestra fundicion se ha reducido, pues, a juntar todo el cobre en el 35.5% de los componentes del mineral, es decir, hemos eliminado casi las dos terceras partes de la sustancia que acompañan al cobre que ahora se encuentra reunido en una tercera parte de ellas; por consiguiente

la lei de cobre de este producto llamado eje habrá aumentado casi en tres veces mas i él ensayará mui cerca de 24% de cobre.

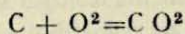
Cabe ahora preguntar si con esto se ha adelantado mucho en la separacion del cobre i si se ha colocado en condicion de ser sometido a la operacion metalúrgica que sigue a la fundicion de minerales sulfurados i que se denomina conversion de ejes de cobre a cobre metálico. A ambas preguntas tendríamos que contestar negativamente: a la primera porque para efectuar la concentracion de tres toneladas de mineral en una de eje de lei de 24 de cobre hemos gastado probablemente mas de 300 kgs. de coke que seguramente valen mas que el aumento que en el precio del cobre se obtiene por su mayor grado de pureza; a la segunda porque es conveniente tener ejes de cobre de 50% para que sean convertidos a cobre metálico en condiciones ventajosas.

Se desprende entónces de estas consideraciones que la fundicion simple o liquefaccion por medio del calor, del mineral en estudio, no satisface las aspiraciones del fundidor. Esta fundicion se llama fundicion en una atmósfera neutral.

Si, como en el primer caso, procediéramos a producir la fundicion dentro de una atmósfera reducente ¿qué resultados obtendríamos? Es evidente que los resultados que se obtendrian de esta última fundicion serian idénticos a los obtenidos en la primera que hemos estudiado puesto que la accion reducente no tendria sobre quien obrar i seria enteramente nula. Con facilidad se comprende entónces que se hace necesario eliminar parte o todo ese fierro i azufre que se unen en un solo cuerpo con el cobre i como esto no se puede verificar por medios mecánicos o físicos, se hace necesario recurrir a una accion química, produciendo la oxidacion de ese fierro i azufre que acompaña al cobre.

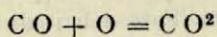
Se dijo anteriormente que, con el objeto de producir ejes adecuados para la conversion de ellos se trataba de elevar la lei de cobre hasta 50%; como consecuencia de esto entónces se debe establecer que no se debe oxidar todo el fierro i el azufre que el eje contiene sino parte de él.

La oxidacion se provoca fundiendo el mineral dentro de una atmósfera oxidante en forma idéntica i usando el mismo combustible de que se habló en el primer caso. El mineral mezclado con el combustible se funde dentro del pique del horno de soplete que funciona con un exceso de aire. La combustion del carbono del combustible en presencia de un exceso de aire es completa:



Carbono + oxígeno = ácido carbónico.

La presencia del monóxido de carbono (CO) se hace imposible ante el exceso de aire, así:



Monóxido de C + oxígeno = ácido carbónico.

La acción oxidante del horno se localiza a la zona de ignición del combustible, es decir, se encuentra en forma de un núcleo alrededor de la entrada del aire que contiene el oxígeno. Es, pues, al nivel de las toberas o un poco sobre él donde se efectúan las reacciones de oxidación base de este sistema de fundición i donde impera la atmósfera oxidante. Todo el oxígeno que contiene el aire que libremente se puede forzar a través de las toberas se utiliza dentro de ese foco i dentro de ese foco se agota.

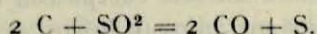
La parte superior del pique del horno tendrá, por consiguiente, una atmósfera neutral i en consecuencia el descenso del mineral en esa parte del horno se hará sin otro cambio que los cambios físicos que se producen con la elevación de la temperatura i que son los siguientes:

- a) Evaporación de la humedad de la carga.
- b) Pérdida del ácido carbónico en los carbonatos.
- c) Pérdida del 50% de azufre contenido, por destilación.
- d) Pérdida de otras materias volátiles de fácil destilación.

Los gases que ascienden del foco de actividad del horno calientan la parte superior de él i talvez debido a ello se produzca alguna reacción en esta zona.

Estos gases, productos de la oxidación de los sulfuros i del carbono, contienen ácido carbónico (CO²) i ácido sulfuroso (SO²).

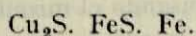
Probablemente este última reacciona sobre el carbono del combustible que baja, produciendo monóxido de carbono (CO):



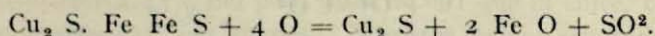
carbono + ácido sulfuroso = monóxido de carbono + azufre.

El mineral en el foco del horno es sometido a la acción oxidante que predomina i sufre una serie de transformaciones que se detallan en seguida:

I. Debido a la pérdida de azufre sufrido por destilación del mineral se le puede considerar como una mezcla de sulfuro de cobre con sulfuro de fierro i con fierro.



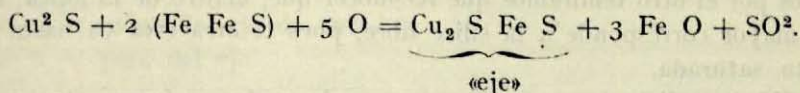
II. Este compuesto puesto en contacto con el oxígeno del aire a la temperatura alta del foco, se oxida con violencia produciendo óxido ferroso i ácido sulfuroso:



Si no se oxida el azufre del sulfuro de cobre i el cobre mismo es debido que para que ello se produzca se debe oxidar primero todo el sulfuro de fierro i el fierro mismo; hecho que no se verifica pues hai un déficit de aire para producir la oxidación completa. Este déficit de aire debe ser aun mayor que

el que indica la reaccion anterior puesto que dijimos que tratábamos de oxidar partes solamente i no todo el fierro i el azufre como la reaccion lo indica.

III. Los hechos que se verifican en el foco oxidante del horno se expresan con mas propiedad de acuerdo con la siguiente reaccion:



En la que el déficit de aire es mayor que en la reaccion anterior pues sólo parte del sulfuro de fierro se ha oxidado. Se hace pues enteramente imposible la oxidacion del sulfuro de cobre, pues como se dijo para que ella se lleve a cabo seria necesario que todo el fierro se oxidara primero. Este principio sobre el cual gravita este sistema de fundicion se expresa diciendo que el *azufre siente por el cobre mayor afinidad que por el fierro en la presencia de oxígeno*.

Establecidos estos hechos debemos considerar que hemos producido dos cuerpos estraños a la composicion de nuestro mineral; uno de ellos es el ácido sulfuroso que se escapa como gas por si mismo i el otro es el óxido de fierro resultante de la oxidacion de parte del sulfuro de fierro del mineral. Este óxido de fierro es una base i a semejanza de las restantes (cal, alúmina, magnesia, etc.) se combina con la sílice en las condiciones en detalle i claramente especificados al tratar de la fundacion de minerales oxidados.

Al hablar de la oxidacion del óxido de fierro se hace necesario discurrir sobre algo que aun no está bien estudiado o no está positivamente establecido. Se agrega que para que el sulfuro de fierro se oxide violentamente i en la proporcion que se desea no solamente se necesita aire sino que es de absoluta necesidad la presencia en el foco de oxidacion de un agente enteramente estraño a esta oxidacion; de un agente que obra por presencia provocando la oxidacion del sulfuro de fierro. Se insiste en que esta oxidacion es casi nula si la sílice, al estado libre que es el agente a que me refiero, no está presente en la zona de oxidacion. El papel de esta sílice libre en el foco del horno no se limita a esta accion pasiva sino que tambien sirve para neutralizar el óxido de fierro que se va produciendo, trasformándolo en silicato ferroso. Se agrega que si la sílice no está al estado libre el óxido ferroso no puede ser neutralizado, negándose así las propiedades neutralizadoras de los silicatos ácidos que pueden saturarse con mas fierro (Fe O) para trasformarse en silicatos mas básicos. La esplicacion de este fenómeno reside en las condiciones en que se verifica la oxidacion en el horno i ellas deben ser estudiadas porque en caso contrario estos hechos aparecerian como enteramente absurdos. La oxidacion del sulfuro de fierro (Fe S) se verifica gota a gota durante el recorrido del foco del horno que no tiene mas de 0.80 centímetros de altura: si cada gota de óxido de fierro que se forma no encuentra inmediatamente un cuerpo que la tome i la transforme en silicato, se seguirá oxi-

dando transformándose en sesquióxido de fierro. Para que esta transformacion, esta union, sea instantánea se necesita un cuerpo ávido de óxido de fierro i, si vamos a comparar la avidéz, por decirlo así, de saturarse con óxido de fierro que existe entre la sílice completamente libre por un lado i los silicatos ácidos por el otro tendremos que reconocer que, dentro de la lójica, la avidéz mayor corresponde a la sílice libre, pues la otra está ya hasta cierto punto saturada.

Si las condiciones en que se provocase la oxidacion fueran otras i pudieran los silicatos ácidos tener un contacto mas prolongado con el óxido ferroso ántes que este se continuara oxidando a sesquióxido, entónces ellos servirian perfectamente como neutralizadores de óxido ferroso. Dentro de las condiciones i con la rapidez que se verifica la oxidacion del óxido ferroso en el horno es indudable, i la practica así lo demuestra, que la sílice libre es la que realmente debe usarse como neutralizador a fin de obtener una rápida escorificacion del óxido ferroso i en consecuencia una oxidacion espontánea e igualmente rápida del sulfuro de fierro.

Se comprende que si el óxido de fierro se sigue oxidando a sesquióxido la accion oxidante se malgasta en perjuicio de la oxidacion del sulfuro de fierro.

He dicho que estos hechos no estaban bien definidos porque en realidad ellos no corresponden en su totalidad a la realidad de las cosas i es mui probable que su verificacion sea *verdadera* pasado un cierto límite, pero no ántes de alcanzarlo; queriendo decir con esto que hasta cierto punto los silicatos ácidos neutralizan al óxido ferroso pero que, pasado ese punto, su accion neutralizadora se hace lenta i por consiguiente inútil.

Si este no fuera el caso, la fundicion económica de la mayoría de los minerales sulfurados contenidos en una ganga ácida se haria económicamente imposible, pues sería necesario transformar primero el silicato ácido de la ganga a un silicato fusible, con la adiccion de fundentes i en seguida agregar sílice libre para neutralizar el óxido de fierro que se debe formar por la oxidacion del sulfuro de fierro. La esperiencia de un sin número de fundiciones nos obliga a creer que los hechos se verifican de la manera últimamente anotada.

Con todo no deseamos precisar nada en términos jenerales i trataremos de dar a este hecho toda la importancia que en realidad él tiene en los diversos casos de fundicion que en realidad forman en conjunto un estudio sobre las fundiciones de cobre.

Volviendo a nuestro caso, lo primero sobre lo que se nos ocurre discutir es sobre la cantidad de fierro i azufre que se hace necesario oxidar para llegar a la produccion del eje de 50% de cobre que se desea obtener. La manera mas lójica de averiguarlo es buscando la proporción que existe, en un eje de 50% de cobre, entre el cobre i el fierro i entre el cobre i el azufre del eje i comparando estas proporciones con las existentes en el mineral.

El eje es un compuesto químico que obedece a la fórmula de «Cu² S Fe S»; en el caso presente este eje debe contener 50% de cobre.

Para averiguar la proporción en que en este eje están el cobre con el azufre, y el cobre con el hierro, procedemos como se detalla.

$$\begin{aligned} 1 &= \text{cobre del eje de } 50\%. \\ 2 &= \text{peso del eje.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 &= \text{Cu del eje.} \\ +0.25 &= \text{S necesario para este cobre (} 1 : 4 = 0.25 \text{).} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1.25 &= \text{peso del (Cu}^2 \text{ S).} \\ 2.00 &= \text{peso del eje.} \end{aligned}$$

$$0.75 = \text{peso del sulfuro de hierro (Fe S).}$$

El sulfuro de hierro según sus pesos atómicos consta de 56 unidades de hierro i 32 de azufre formando el total de 88. Por consiguiente, para averiguar el azufre contenido en 0.75 de sulfuro de hierro podemos formar la siguiente proporción:

$$\begin{aligned} \text{Fe S} : \text{S} &:: 0.75 : X \\ 88 : 32 &:: 0.75 : X \quad X=0.27. \end{aligned}$$

$$0.75 = \text{peso del (Fe S) del eje}$$

$$0.27 = \text{» » S del (Fe S).}$$

$$0.48 = \text{» » Fe del (Fe S).}$$

$$1 = \text{Cu en eje.}$$

$$0.48 = \text{Fe en eje.}$$

$$0.25 = \text{S para el Cu del eje.}$$

$$0.27 = \text{S para el Fe del eje.}$$

$$0.52 = \text{S del eje.}$$

Con los datos anteriores podemos establecer las relaciones buscadas; así, por ejemplo:

a) La proporción que, en un eje de 50% de cobre, existe entre el azufre i el cobre es como sigue:

$$\text{S} : \text{Cu} :: 0.52 : 1; i$$

b) La proporción que en un eje de 50% de cobre, existe entre el hierro i el cobre es como sigue:

$$\text{Fe} : \text{Cu} :: 0.48 : 1$$

obtenidas estas proporciones debemos compararlas con las existentes en el mineral en estudio; las leyes de S. Fe i Cu del mineral son las siguientes:

S.....	=	15%
Fe.....	=	20
Cu.....	=	8

Comparemos la proporción que existe entre el S i el Cu en el mineral con a que debe existir para producir el eje de 50%; para hacer esta comparación debemos recordar que el 50% del S contenido debemos ya considerarlo perdido i que por lo consiguiente el azufre útil solo alcanza al 7.5%.

Proporción de S a Cu:

I. Mineral	S : Cu :: 7.5 : 8.
II. Eje de 50%.	S : Cu :: 0.52 : 1.

A la vista está que existe un exceso de S que se hace necesario averiguar S necesario para formar un eje de 50% con el 8% de Cu:

$$0.52 : 1 :: X : 8. \quad X=4.16\%$$

S existente en el mineral.....	7.5
S necesario para el eje de 50%.....	<u>4.16</u>
S en exceso.....	3.34

Este S se volatiliza en forma de ácido sulfuroso.

Comparando ahora la proporción de cobre a hierro tendremos:

I. En el mineral	Cu : Fe :: 8 : 20.
I. En el eje de 50%	Cu : Fe :: 1 : 0.48.

El exceso de hierro en este caso es evidente i su monto se debe buscar: Hierro necesario para formar un eje de 50% con el 8% de cobre

$$1 : 0.48 :: 8 : X. \quad X=3.84\%$$

Fe existente en el mineral.....	20.00
Fe necesario para el eje de 50%.....	<u>3.84</u>
Fe en exceso.....	16.16

Este hierro se transforma en óxido ferroso i pasa a ser considerado como base. Para saber qué cantidad de óxido ferroso resulta de una de hierro se multiplica esta última por 1.20.

Oxido de hierro resultante de 16.16 de hierro:

$$16.16 \times 1.20 = 20.85 \text{ de óxido de hierro.}$$

Tenemos entónces que a la ganga de nuestro mineral hai que agregarle 20,85 de óxido de fierro i el para los fines del caso queda transformado de la siguiente manera:

Cu.....	=	8.00%
S.....	=	15.00
Fe.....	=	3.84
Fe O.....	=	20.85
Si O ₂	=	35.00
Ca O.....	=	12.00
Al ₂ O ₃	=	4.00
Mg O.....	=	3.00

Sólo debemos preocuparnos ahora de la ganga de nuestro mineral para estudiar la escoria que con ella podemos formar, tomando mui en cuenta las consideraciones desarrolladas en el caso de fundicion de minerales oxidados en el primer capítulo de este libro. No debemos descuidar tampoco por un momento el estudio de los componentes que nos da la ganga misma del mineral, pues no debemos perder de vista que el objeto del fundidor es fundir al menor costo posible aprovechando los recursos que el mineral en si mismo nos ofrece. Es de suma importancia en este caso constatar la acidez de la ganga terrosa i la composicion mineralógica de ella con el objeto de ver si esa ganga puede utilizarse en el horno como neutralizadora del óxido de fierro que se nos ha formado, tomando mui en consideracion las jeneralidades establecidas anteriormente para estos casos. La ganga terrosa del mineral dijimos era un silicato de cal, alúmina i magnesia que en el análisis del mineral se descompone de la siguiente manera:

Sílice.....	35%
Cal.....	12
Alúmina.....	4
Magnesia.....	3

TOTAL DE LA GANGA..... 54%

del mineral; es decir, mas de la mitad de él; vemos entónces con esta comparacion que la lei de sílice de este silicato que forma la ganga es equivalente a 64%.

$$54 : 35 :: 100 : X. = 64.$$

Podemos agregar ahora que se trata de un silicato ácido que probablemente se le puede usar como neutralizador hasta reducirse el mismo al grado inmediato de silicacion.

Por lo consiguiente, obtendremos buenos resultados si sólo tratamos de neutralizar con este silicato, que forma la ganga, la cantidad de óxido ferroso que lo transforme en la escoria mas ácida que el horno nos permita hacer

i que es una escoria que contenga 50% de sílice. Obtendremos malos resultados en la neutralización del óxido ferroso si deseamos servirnos de este silicato como escorificante del óxido ferroso para producir una escoria de lei de 40% de sílice.

Las condiciones económicas nos aconsejan también tratar por todo medio posible la producción de una escoria silícea tal cual lo habíamos acordado.

Partimos entonces de la base que la producción de una escoria de 50% de sílice, que es un bi-silicato, no presenta en el horno inconveniente ni dificultades de ninguna especie.

Oxido de fierro que se debe escorificar.....	=	20.85 kgs.
Sílice que este óxido de fierro necesita para formar bisilicato (Ballings) $20,85 \times 0.883$	=	18.31 »
Cal existente en el mineral.....	=	12.00 »
Sílice que esta cal necesita para formar bisilicato (tabla de Ballings) 12×1.07	=	12.84 »
Alúmina existente en el mineral.....	=	4.00 »
Sílice que esta alúmina necesita para formar un bisilicato (Ballings) 4×1.747	=	6.98 »
Magnesia existente en el mineral.....	=	3.00 »
Sílice que esta magnesia necesita para formar un bisilicato (Ballings) 3×1.5	=	4.50 »

RESÚMEN

Sílice para el óxido de fierro.....	=	18.31 kgs.
» » » » cal.....	=	12.84 »
» » » » alúmina.....	=	6.98 »
» » » » magnesia.....	=	4.50 »
Sílice necesaria.....	=	42.63 »
Sílice existente en el mineral.....	=	35.00 »
Déficit de sílice para cada 100 kilogramos de mineral...	=	7.61 kgs.

Segun estos cálculos la carga de fundición para el mineral en cuestion seria la siguiente:

CARGA TABULADA

CARGA	Peso	Sílice		Cal		Alúmina		Magnesia		Fierro		S		Cobre	
		%	k	%	k	%	k	%	k	%	k	%	k	%	k
		Mineral.....	100.	35	35	12	12	4	4	3	3	20	20	15	15	8	8
Cuarzo (Sílice)..	8.5	90	7.65	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	108.5		42.65		12		4		3		20		15		8

Cálculo del eje:

Cobre.....	=	8.00 kgs.
Fierro.....	=	3.84 »
Azufre.....	=	4.16 »

PESO DEL EJE..... = 16.00 kgs.

Lei en Cu del eje..... = 50%

S perdido por destilacion.....	=	7.5 kgs.
S perdido por oxidacion.....	=	3.34 »

TOTAL DEL S VOLATILIZADO..... = 10.84 kgs.

Cálculo de la escoria:

Silice.....	=	42.65 kgs.
Oxido de fierro.....	=	20.85 »
Cal.....	=	12.00 »
Alúmina.....	=	4.00 »
Magnesia.....	=	3.00 »

PESO DE LA ESCORIA..... = 82.50 kgs.

Leyes de la escoria

$$\text{Lei de sílice} = \frac{42.65 \times 100}{82.50} = 51.60\%$$

$$\text{Lei de óxido de fierro} = \frac{20.85 \times 100}{82.50} = 25.30\%$$

$$\text{Lei de cal de la escoria} = \frac{12 \times 100}{82.50} = 14.5\%$$

$$\text{Lei de magnesia en la escoria} = \frac{4 \times 100}{82.5} = 4.8 \%$$

$$\text{Lei de alúmina en la escoria} = \frac{3 \times 100}{82.50} = \frac{3.6\%}{99.8\%}$$

Si examinamos nuestra escoria bajo el punto de vista de su contenido de sílice (Formación del Bisilicato) se creerá que su temperatura de fundición sería sumamente alta; sin embargo, un estudio detenido de las tablas de formación de escorias insertadas en el capítulo anterior de este libro nos lleva a conclusiones diferentes. Este estudio lo hacemos bajo una base jeneral a fin de que sirva no solamente de ilustración a este caso sino que también a los que mas adelante se resolverán.

La formación de todos los silicatos de base de óxido de fierro i cal nos llevan a clasificarlos en dos grupos diferentes. Al primer grupo pertenecen los silicatos cuyo grado de silicatación varia de 0,5 a 1 es decir del sub al mono-silicato. Estas escorias tienen dos mínimos de temperatura de formación correspondientes a dos series de porcentajes o contenidos de cal. El segundo grupo comprende las escorias entre el mono i el bisilicato que sólo tienen un mínimo de temperatura de fundición que corresponde a un porcentaje definido de cal. La tabla resumen de la formación de estos silicatos que insertamos al pié da una idea exacta de lo que deseamos espresar e indica cuáles son estos porcentajes de cal.

PRIMER GRUPO

Grado de Silicatación	Primer Mínimum de temperatura C°	Composición			2.º Mínimum de temperatura C°	Composición		
		Si O ₂	Fe O	Ca O		Si O ₂	Fe O	Ca O
0.5	1.175	18.19	61.81	20	1990	18.78	44.22	32
0.66	1.200	22.49	65.51	12	1170	23.70	44.30	32
1.00	1.170	30.76	53.24	16	1130	32.30	31.70	36

Así vemos que el primer mínimo de temperatura para estas escorias varia entre 1,170 i 1,200° con un porcentaje de cal que oscila entre 12 i 20% i el segundo mínimo varia entre 1,130 i 1,190° C con un porcentaje de cal que fluctúa entre 32 i 36%.

SEGUNDO GRUPO

Grado de silicatación	Temperatura C°	COMPOSICIÓN		
		Si O ₂	Fe O	Ca O
1.33	1070	36.80	51.20	12
1.50	1060	39.78	48.22	12
2.00	1030	46.53	45.47	8

En este segundo grupo el mínimo de temperatura de formación varía entre 1,030° C i 1,070° C con un porcentaje de cal que fluctúa entre 8% i 12%.

Estos hechos nos ponen en evidencia la influencia de la cal en la formación de las escorias; influencia que se hace necesario estudiarla con mayor detención que lo que se hizo al tratar de la formación de los silicatos en que siempre se consideró escorias con porcentajes de cal en aumento i con disminución de fierro a medida que aumenta su porcentaje de sílice dentro de un tipo de silicato; a fin de completar estos estudios reproducimos una serie de experimentos del profesor Hoffman sobre varios silicatos de diversos grados de silicatación en que la proporción de Fe O a Ca O es de 2 : 1.

Grado de Silicatación	Si O ₂	COMPOSICIÓN		Temperaturas en ° C
		Fe O	Ca O	
0.50	18.67	54.23	27.10	1,190
0.75	25.61	49.60	24.79	1,180
1.00	31.47	45.68	22.85	1,190
1.25	36.47	42.36	21.17	1,180
1.50	40.80	39.46	19.74	1,190
1.75	44.50	36.97	18.48	1,140
2.00	47.86	34.77	17.37	1,120
2.25	50.82	32.78	19.40	1,115
2.50	53.44	31.04	15.25	1,110
2.75	55.81	29.46	14.73	1,110
3.00	57.95	28.40	14.01	1,130

En igual forma se debe estudiar el reemplazamiento de la cal por la magnesia, barita, óxido de fierro i alúmina siendo las dos últimas de especial interes para este caso; las tablas que a continuacion se insertan nos dan una idea clara del papel desempeñado por estas bases en conjunto con el óxido de fierro i cal en la formacion de las escorias.

Reemplazamiento de Ca O por Mg O

Proporcion % de Ca O Reemplazada	Composicion Química				Tempera- tura de formacion C°
	Si O ₂	Fe O	Ca O	Mg O	
...	32.10	35.90	32	0.00	1,150
12.5	32.10	35.90	28	2.87	1,210
25.0	32.10	35.90	24	5.74	1,190
37.5	32.10	35.90	20	8.62	1,240
50.0	32.10	35.90	16	11.49	1,240
62.5	32.10	35.90	12	14.37	1,190
75.0	32.10	35.90	8	17.24	1,240
87.5	32.10	35.90	4	20.12	1,280
100.0	32.10	35.90	0	52.99	1,400

Reemplazamiento de Ca por Ba O

Proporcion % de Ca O Reemplazada	Composicion Química				Temperatura de formacion C°
	Si O ₂	Fe O	Ca O	B a O	
...	32.10	35.90	32	0.00	1,150
12.5	32.10	35.90	28	10.93	1,140
25.0	32.10	35.90	24	21.87	1,110
37.5	32.10	35.90	20	32.80	1,080
50.0	32.10	35.90	16	43.74	1,020
62.5	32.10	35.90	12	54.77	990
75.0	32.10	35.90	8	65.70	985
87.5	32.10	35.90	4	76.63	990
100.0	32.10	35.90	0	87.56	1,010

Reemplazamiento de Ca O por Zn O

Proporcion % de Ca O Reemplazada	Composicion Química				Temperatura Co
	Si O ₂	Fe O	Ca O	Zn O	
...	32.1	35.9	32	0.00	1,150
12.5	32.1	35.9	28	5.85	1,130
25.0	32.1	35.9	24	11.70	1,150
37.5	32.1	35.9	20	17.55	1,190
50.0	32.1	35.9	16	23.40	1,180
62.5	32.1	35.9	12	29.25	1,130
75.0	32.1	35.9	8	35.10	1,125
87.5	32.1	35.9	4	40.95	1,160
100.0	32.1	35.9	0	46.80	1,210

Reemplazamiento de Ca O por Al₂ O₃

Proporcion % de Ca O Reemplazada	Composicion Química				Temperatura de formacion Co
	Si O ₂	Fe O	Ca O	Al ₂ O ₃	
...	32.1	35.9	32	0.00	1,150
12.5	32.1	35.9	28	2.43	1,145
25.0	32.1	35.9	24	4.86	1,110
37.5	32.1	35.9	20	7.29	1,140
50.0	32.1	35.9	16	9.72	1,135
62.5	32.1	35.9	12	12.15	1,140
75.0	32.1	35.9	8	14.58	1,150
87.5	32.1	35.9	4	17.01	1,210
100.0	32.1	35.9	0	19.44	1,220

Estos datos nos prueban positivamente que nuestra escoria tendrá una temperatura de fusion no superior a 1,170° C, sin embargo, con todo esto existe contra esta escoria una prevencion de los prácticos casi exagerada; esa prevencion nace en que esta escoria es ligosa, es decir, no se liquida bien si no se le sobrecalienta mucho.

La completa clasificacion de esta escoria se la obtiene en hornos de

tamaños regulares con un extra gasto de combustible que no es nunca superior a 1% mas, basado sobre la carga del horno, del que será necesario para fundir i conservar líquida una escoria mas básica. Dentro del caso en estudio, la produccion de una escoria mas básica significaría una fundicion, mucho mas costosa, tal cual vamos a estudiarla.

Supongamos que optamos por la formacion de un sesquisilicato. Las cantidades de material a mano para formar escoria son las siguientes:

Sílice.....	35.00 kgs.
Oxido de fierro.....	20.85 »
Cal.....	12.00 »
Alúmina.....	4.00 »
Magnesia....	3.00 »
<hr/>	
TOTAL.....	74.85 kgs.
Fe O que se debe escorificar.....	= 20.85 kgs.
Si O ₂ que este Fe O necesita para formar un sesquisilicato (Ballings) 20.85×0.625	= 13.07 »
Cal existente en el mineral.....	= 12.00 »
Sílice que ésta Cal necesita para formar un sesquisilicato (Ballings) 12×0.803	= 9.63 »
Al ₂ O ₃ existente en el mineral.....	= 4.00 »
Si O ₂ que ésta alúmina necesita para formar un sesquisilicato (Tabla Ballings) 4×1.31	= 5.24 »
Mg O existente en el mineral.....	= 3.00 »
Si O ₂ necesaria para formar un sesquisilicato (Ballings) 1.125×3	= 3.37 »

RESÚMEN

Si O ₂ para el Fe O.....	= 13.07 kgs.
» » la Ca O.....	= 9.63 »
» » la Al ₂ O ₃	= 5.24 »
» » la Mg O.....	= 3.37 »
<hr/>	
Sílice necesaria.....	= 31.31 kgs.
» existente.....	= 35.00 »
<hr/>	
Exceso de sílice.....	= 3.69 kgs.

por cada 100 kgs. de mineral. Seria ahora necesario, para que el sesquisilicato se produjera, neutralizar esta sílice con Cal sabiendo que cada kilogramo de Si O₂ nos costaria 1.24 de cal (Tabla de Ballings); de donde seria

necesario agregar 4.57 kgs. de cal por cada 100 kgs. de mineral, lo que significaría 9.11 kgs. del fundente calcáreo mas puro que se encuentra (carbonato de cal) en la naturaleza.

Antes de tabular esta carga que puede servir como base de comparaciones económicas con la anteriormente tabulada, deseo expresar las deducciones que naturalmente fluyen de lo que se habló sobre el carácter escorificante del óxido ferroso de los silicatos ácidos, es decir, de la ganga de nuestro mineral. Parece lógico i, hasta cierto punto es mui natural, que si nuestra ganga era poco capaz de escorificar el óxido de fierro transformando asimismo en un bi-silicato de fierro i cal, etc., i aun exijia la adición de sílice libre, será casi imposible que parte de la sílice de esta ganga vaya a hacer el trabajo escorificante de que no es capaz el todo. Esta reflexion está mui de acuerdo con lo expresado anteriormente i sólo la práctica puede decirnos lo que en realidad sucederá; en favor de nuestras ideas campean todos los escritores metalúrgicos que aseguran la necesidad absoluta de la sílice libre en el foco de fundicion i a nuestro favor está tambien la metalurjia misma que nos obliga a considerar que; dentro de las condiciones de espontaneidad en que se efectuará la escorificacion del óxido de fierro en el horno, no es lógico, no es natural, esperar de los silicatos ácidos una accion escorificante o neutralizadora llevada al extremo.

Es natural, pues, esperar que la fundicion calculada bajo estas bases resulte en la produccion de sesquíóxido de fierro (Fe_2O_3) i por consiguiente en una menor oxidacion de óxido ferroso i como consecuencia de esto en una escoria mas ácida que la calculada, pues contendrá menor cantidad de óxido de fierro. Sin tomar ahora en consideracion que este estado de cosas producirá un eje de lei mas baja de la que se esperaba. Estas deducciones teóricas tienen un gran valor porque están comprobadas por la práctica.

El caso en estudio es por desgracia mui comun en la industria i ha llevado a la conclusion a muchos fundidores *«que el horno elije su propia escoria»*. Hecho que ellos deducen de que, aunque aumenten la cantidad de cal agregada al horno, la escoria resultará igualmente silicea. Sin embargo ello es mui natural puesto que miéntras mas cal se agregue al silicato ácido mas se neutraliza su accion escorificante sobre el óxido de fierro i por lo consiguiente ménos fierro se oxida i de aquí que el grado de silicacion permanezca inalterable.

Puesto el caso en estas condiciones sólo tiene una solucion i es neutralizar el 50% del óxido ferroso que se va a formar con sílice libre i la sílice del silicato, que forma la ganga, neutralizarla con cal. Nuestro caso se resolveria entónces en la forma siguiente:

Resúmen de lo anteriormente hecho:

Si O ₂ en el mineral.....		35.00
Si O ₂ para 20,85 de óxido ferroso.....	13.07	
» » 12.00 de cal.....	9.63	
» » 4.00 de alúmina.....	5.24	
» » 3.00 de magnesia.....	3.37	
	<hr/>	31.31
Sílice neutralizada.....		— 31.31
		<hr/>
		3.69
Cal para 3.69 de sílice.....		4.57

Ahora bien voy a dejar sólo 10.42 de óxido de fierro para que se escorifique con la ganga del mineral i por lo consiguiente la sílice neutralizada se reducirá en 6.53 i quedará en 24.78, siendo el exceso de sílice igual a 10.22 que segun nuestros cálculos (Tabla de Ballings) exijirá 12.67 de cal (sesquisilicato).

Nos queda ahora que neutralizar 10.42 de óxido ferroso con sílice pura o libre i segun la (Tabla de Ballings) esta cantidad de fierro exige 6.53 de sílice.

Resumiendo tenemos:

Sílice en el mineral.....		35.00
» para $\frac{1}{2}$ Fe O (10.42).....	6.53	
» » 12 Ca O.....	9.63	
» » 4 Al ₂ O ₃	5.24	
» » 3 Mg O.....	3.37	
	<hr/>	
Si O ₂ de la ganga neutralizada.....	24.78	24.78
» » » mineral en exceso.....		10.22
	<hr/>	
Ca O que esta sílice necesita.....		12.67
Si O ₂ libre para $\frac{1}{2}$ de Fe O (10.42).....		6.53

Asumimos que obtengamos fundentes puros tales como cuarzo i carbonato de cal de 50% procedamos a tabular nuestra carga.

CARGA	Peso	Si O ₂		Fe		Ca O		Mg O		Al ₂ O ₃		S		Cu	
		%	k	%	k	%	k	%	k	%	k	%	k	%	k
Mineral.....	100	35	35	20	20	12	12	3	3	4	4	15	15	8	8
Calcáreos	25.34	...	...	...	...	50	12.67	...	...	...	...	...	...	...	...
Sílice.....	7.00	92	6.51	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
TOTAL.....	132.34		41.51		20		24.67		3		4		15		8

Cálculo del eje:

Cobre.....	8.00 kgs.
Fierro.....	3.84 »
Azufre.....	4.16 »
<hr/>	
Peso del eje.....	16.00 kgs.
Lei de Cu en el eje.....	50%

Fierro existente en el mineral.....	20.00 kgs.
» » en el eje.....	3.84 »
» para la escoria.....	16.16 kgs.
Oxido de fierro equivalente (16.16.1.29).....	20.85 »

Escoria:

Sílice.....	41.51 kgs.
Fe O.....	20.85 »
Ca O.....	24.67 »
Al ₂ O ₃	4.00 »
Magnesia.....	3.00 »
<hr/>	
	94.09 kgs.

Lei de Si O₂ en la escoria $\frac{41.51 \times 100}{94.03} = 44.1$

Lei de Ca O en la escoria $\frac{24.67 \times 100}{94.03} = 26.2$

Lei de Fe O en la escoria $\frac{20.85 \times 100}{94.03} = 22.2$

Lei de $Al_2 O_3$ en la escoria	$\frac{4 \times 100}{94.03}$	= 4.2
Lei de Mg O en la escoria	$\frac{3 \times 100}{94.83}$	= 3.2
		99.9

Hemos resuelto el ejemplo i podemos de él recibir una leccion económica de gran importancia.

Para producir un bisilicato nos fué necesario agregar 8.5% de fundente sobre el peso del mineral (asumimos que el fundente esté desprovisto de cobre) para obtener iguales resultados, produciendo una escoria menos silícea, hemos necesitado agregar 32.34% de fundente sobre el peso del mineral; lo que nos da una diferencia cerca de 24% mas de fundente sobre el peso del mineral para el segundo caso. Se nos dirá que en cambio hemos producido una escoria menos silícea i que por lo consiguiente necesitaremos menos coke; para la buena marcha de la fundicion; el estudio de las formaciones de escorias nos induce sin embargo, a creer que la temperatura de fusion de la nueva escoria no baja de 1,200° C, con todo se admite que sea necesario un 2% de coke, en exceso sobre el que es necesario para fundir el mineral, para producir el recalentamiento de la escoria silícea del primer caso. Para el segundo caso se necesita un exceso de 3% mas de coke, sobre el peso de la carga, para fundir el exceso de 24% de fundentes, desprovistos de coke la que se hace necesaria agregar al horno.

Resulta, pues, una ventaja enorme sobre la primera solucion del problema que es lo que el fundidor debe en todo caso hacer.

III CASO

En fundicion de minerales sulfurados o piritosos, pueden presentarse casos bastante complicados que trataremos de resolver, a semejanza de los anteriores, tomando minerales apropiados, es decir, que representen el caso en estudio.

Tomemos, por ejemplo, el siguiente mineral:

Azufre.....	=	8.50%
Cobre.....	=	8.00
Silice.....	=	40.00
Fierro.....	=	20.00
Cal.....	=	15.00
Magnesia.....	=	8.00

cuya composición mineralógica de acuerdo también con su análisis, sea también el siguiente:

Sulfuro de cobre i fierro (pirita cupriferá).

Hematita-sesquióxido de fierro.

Silicato de fierro cal i magnesia.

En el caso anterior averiguamos que la relación que existe entre azufre i el cobre en un eje de 50% es de 0.52 : 1; si comparamos esta proporción con la existente en nuestro mineral podremos saber si se trata o no de un mineral en que se haga necesaria la oxidación o no para fundirlo produciendo un eje de 50% de cobre.

La lei de azufre de nuestro mineral es de 8.5%; pero ya sabemos que sólo debemos considerar como azufre útil o aprovechable en el horno al 50% del azufre contenido en el mineral; de aquí que para comparar la relación en que está el azufre con el cobre en el mineral, consideremos que la lei de azufre es sólo 4.25%.

Proporción de azufre a cobre:

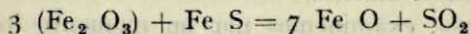
$$\begin{array}{l} \text{I mineral} \quad \text{S : Cu} :: 4.25 : 8 \\ \text{II eje de 50\%} \quad \text{S : Cu} :: 0.52 : 1 \end{array}$$

Ambas proporciones, se ve, son casi idénticas i para los fines metalúrgicos que perseguimos, debemos considerarlas como iguales.

Podemos decir, entónces, que nuestro mineral, fundido en una atmósfera enteramente neutra, debe producir un eje de 50% de cobre.

En el caso anterior se necesita oxidar el azufre i el fierro contenido para alcanzar esta proporción de azufre a cobre i por lo consiguiente producir un eje de 50% de cobre; esta oxidación se produce por medio de un exceso de aire que se introduce al horno, tal cual se verá mas adelante al tratar sobre la ventilación artificial de los hornos. En este caso se llega a producir un eje de 50% naturalmente, sólo con fundir el mineral.

Aun mas, si fundiéramos el mineral, resultaría que la pérdida de azufre era aun mayor i ello se debe a que figuran en la composición del mineral, conjuntamente con el sulfuro de fierro i cobre una cantidad de sesquióxido de fierro que reacciona sobre los sulfuros de fierro, oxidándoles i reduciéndose él mismo a óxido ferroso.



sesquióxido de fierro + sulfuro = óxido ferroso + ácido sulfuroso.

La cantidad de azufre oxidado por este capítulo está de acuerdo con la cantidad de fierro presente al estado de sesquióxido de fierro. Un estudio basado sobre los pesos atómicos de la reacción nos dicen que cada unidad de fierro, al estado de sesquióxido, oxida un décimo de unidad de azufre. Se

hace necesario entónces investigar la cantidad de fierro en el mineral al estado de sesquióxido:

Cobre en el mineral = 8.

Azufre que este cobre necesita = 2 (8 : 4).

Azufre en el mineral.....	8.5
» combinado con el cobre.....	2.0
» combinado con el fierro.....	6.5

Si procedemos como lo hemos hecho en los casos anteriores podemos fácilmente determinar la cantidad de fierro con que este azufre se combina.

Para ello no necesitamos más que recurrir a los pesos atómicos del sulfuro de fierro que nos dicen que 56 unidades de fierro se combinan con 32 de azufre.

$$56 : 32 :: X : 6.5 \quad X = 11.4$$

La proporción así planteada nos dice que el fierro combinado con el azufre del mineral es igual a 11.4.

Fierro existente en el mineral.....	20.00
» combinado con azufre.....	11.40
» al estado de óxido.....	8.60

Esto nos dice que para cada 100 kilogramos de mineral se oxidan 0.86 kilogramos de azufre por medio de la reacción aludida i, como la cantidad de azufre aprovechable es de 4.25 kilogramos para cada 100 de carga, resulta que mas del 20% de esta cantidad se pierde.

El cálculo que antecede tiene poco alcance práctico ya que es difícil fijar la cantidad de fierro presente al estado de sesquióxido, pues cierta cantidad de fierro, así estimada en el cálculo anterior, puede estar al estado de óxido de fierro combinado con la sílice i por lo consiguiente no afecta en absoluto al sulfuro de fierro. El cálculo se ha hecho para demostrar que un factor práctico que continuamente se usa en estos cálculos está siempre muy cerca de la verdad. Se estima que el azufre que por esta reacción se pierde es equivalente al 25% del azufre fijo o utilizable o sea el 12.5% del azufre contenido en el mineral.

Siendo este el caso, examinemos por un momento lo que sucedería si fundiésemos nuestro mineral en una atmósfera neutral:

Azufre contenido en el mineral.....	8.5%
50% del azufre perdido por sublimación.....	4.25
12½% » » en reacción con Fe ₂ O ₃	4.25
Azufre aprovechable para formar eje.....	3.19%

Comparemos ahora la proporción que debe existir entre azufre i cobre con un eje de 50% con la que existe en nuestro mineral al fundirse:

Eje de 50% S : Cu :: 0.52 : 1
 mineral S : Cu :: 3.19 : 8

Proporción que nos demuestra inmediatamente la falta de azufre para producir un eje de 50%.

No deseamos ahora discurrir sobre la necesidad de producir un eje de 50% i no de mayor lei; pero si dejáremos establecido que con el objeto de facilitar la conversión de estos ejes a cobre, se hace necesario producirlos de un tenor que varia dentro de 45 a 55% i de aquí que nosotros en todos nuestros cálculos tratemos de producir un eje de 50%.

En casos especiales se hace necesario, es conveniente o económico producir ejes de mayor lei; en este caso nosotros trataremos de producir solamente un eje de 50% admitiendo que el máximum de la lei puede ser 55%.

Lo primero que se nos ocurre averiguar es qué clase de eje produciríamos dentro de una atmósfera neutral con la cantidad de azufre que tenemos disponible:

Cobre en el eje.....	8.00
Azufre para este cobre.....	2.00
	<hr/>
Peso del sulfuro de cobre.....	10.00
	<hr/>
Azufre disponible en el mineral.....	3.19
» combinado con el cobre.....	2.00
	<hr/>
» para el fierro.....	1.19

cantidad de fierro necesaria para 1.19 de azufre.

$$56 : 32 :: X : 1.19 \quad X=2.08$$

Peso del sulfuro de fierro:

Fierro.....	2.08
Azufre.....	1.19
	<hr/>
	3.27
Peso del sulfuro de Cu.....	10.00
	<hr/>
Peso del eje.....	13.27

$$\text{Lei de Cu en el eje } \frac{100 \times 8}{13.27} = 60\%.$$

En realidad el eje resulta en 5% mas alto que lo que nosotros lo deseábamos; no digo con esto que un eje de 60% no sea practicable o bien que no se trate de hacer en las fundiciones en marcha. Mui por lo contrario, creo que el criterio económico del fundidor al frente del Establecimiento es el que debe prevalecer en estos casos; nosotros consideramos el eje con un exceso de cobre porque deseamos resolver el caso con un eje de 50% i si el fundidor que llegase al mismo resultado, deseara producir un eje de 50% tambien, nos seguirá en nuestro cálculo i si se contenta con el eje de 60% dará aquí por terminada su labor i pasará al cálculo de la escoria.

Es necesario sin embargo establecer, en casos como éste, que es mui probable que, calculando en eje de 60% resulta en práctica uno de 65% alejándonos así notablemente del eje de 50% que deseamos producir, mui en especial si la escoria es silícea. Como esplicacion de este fenómeno diré que la atmósfera neutral del horno es casi imposible que se produzca a no ser que se trabaje con una atmósfera enteramente reducente i por lo consiguiente algo del fierro siempre se oxidará debido a la accion del aire, aumentando entónces el tenor en cobre en el eje. El trabajar dentro de una atmósfera reducente tiene el gran inconveniente de ser costosa debido al exceso de cobre que se quema i ademas produce al fundir minerales sulfurados, inconvenientes en la marcha del horno que el lector apreciará debidamente al tratar de la ventilacion especial de los hornos i sobre el combustible usado.

Nosotros estimamos que, en nuestro caso, debemos producir un eje de 50% i que tenemos un déficit marcado de azufre cuyo monto debemos averiguar:

La proporcion de azufre a cobre en un eje de 50% es de 0.52 de azufre por uno de cobre; ahora bien si 8 representa el cobre en el mineral ¿qué número representará el azufre?

$$0.52 : 1 :: X : 8 \quad X=4.16.$$

Azufre necesario para el eje de 50%.....	4.16
» utilizable en el mineral.....	3.19
Falta de azufre para cada 100 kilogramos de carga.....	0.97

La manera de proveer de azufre al mineral es agregando minerales piritosos (piritas de hierro) que contengan la mayor cantidad posible de azufre. Tómese en cuenta tambien que el 50% del contenido de azufre de esta pirita se pierde por destilacion.

Consideraremos una pirita cuyo análisis sea el siguiente:

Fierro Fe.....	=	36%
Azufre S.....	=	42
Silíce Si O ₂	=	14
Cal Ca O.....	=	7

La lei utilizable en azufre de esta pirita es 21%; el problema se reduce ahora a averiguar qué cantidad de pirita que ensaya 21% de azufre útil, se necesita agregar para producir 0.97 kilogramos de azufre.

La siguiente proporcion nos da la solucion:

$$100 : 21 :: X : 0.97 \quad X=4.6 \text{ kilogramos.}$$

Debemos por consiguiente para cada 100 kilogramos de carga agregar 5 kilogramos de pirita.

Procederemos entónces a tabular nuestra carga:

CARGA	Peso	Silice		Fierro		Cal		Magnesia		Azufre		Cobre	
	Kls.	%	K	%	K	%	K	%	K	%	K	%	K
Mineral.....	1000	40	400	20	500	15	150	8	80	85	85	7	80
Pirita.....	50	14	7	56	18	...	3,5	...	...	45	21	...	...
TOTAL.....	1050		407		118		153,5		80		106		80

Cálculo del eje de.....	50%
Cobre presente.....	80 kgs.
Peso del eje.....	160 »
Cobre en carga.....	80 kgs.
Azufre para el Cobre.....	20 »
Peso del sulfuro de Cobre.....	100 kgs.
Peso del eje.....	160 »
Peso del sulfuro de Fierro.....	60 kgs.
Azufre para éste.....	21.80 »

$$88 : 32 :: 60 : X \quad X=21.8.$$

Fierro para el sulfuro de fierro..... 38.20 »

Composicion del eje:

Cobre.....	80.0 kgs.
Azufre.....	41.8 »
Fierro.....	38.2 »

160.0 kgs.

Cálculo de la escoria:

Fierro en el mineral.....	218.00 kgs.
» combinado en el eje.....	38.20 »
» oxidado.....	179.80 kgs.
Oxido de fierro equivalente (179.8 × 1.29)	232.00 »

Composicion de la escoria:

Silice.....	407.00 Kgs.
Oxido de fierro.....	232.00
Cal.....	153.50
Magnesia.....	80.00
	<hr/>
	872.50%

Lei de sílice en la escoria:

$$872.5 : 407 :: 100 : X \quad X = \frac{407 \times 100}{872.5} = 46.6\%$$

Es decir que la escoria resultante de la fundicion del mineral, sin ayuda de fundentes que la modifiquen, resulta en un bi-silicato, en la cual la proporcion de fierro a cal no alcanza a ser de 2 : 1 i si le agregamos a la cal la magnesia a fin de compararla nos resultaria que la proporcion de fierro a cal es de 1 : 1.

Si examinamos nuestras tablas veremos que una escoria mui semejante a esta (formacion del bisilicato) tiene una temperatura de 1,170° C.; me refiero a la escoria que analiza:

Silice.....	45.57%
Fierro.....	27.43%
Cal.....	24.00

Segun esto nuestra escoria no seria perjudicial; sin embargo, seria conveniente ántes de decidrnos por ella, primero estudiar el efecto del reemplazamiento de la cal por la magnesia que en nuestra escoria es cerca del 30%.

Examinando la tabla respectiva (Reemplazamiento de cal por magnesia) vemos que si se reemplaza un 25% de cal por magnesia la temperatura de fusion de la escoria baja, pero en seguida sube notablemente alcanzando a 1,240° C. cuando el 37% de la cal ha sido reemplazado.

Esta subida, en el caso de la tabla, significa como 90° C. mas que la temperatura de fusion del silicato de fierro i cal respectivo.

En nuestro caso debemos esperar por lo ménos, los mismos resultados es decir, una escoria cuya temperatura de fusion no baje de 1,260° C.

Si a esto se agrega que se hará necesario mantener una temperatura mucho mas alta para conservar la escoria bien fundida se tendrá por resultado que la escoria en cuestion se hace imposible para nuestro horno i se debe buscar alguna manera de remediarla. El alto porcentaje de cal i de magnesia en una escoria que es un bisilicato produce estas dificultades i en jeneral se puede decir que para esta clase de escorias un 14% de cal es suficiente; aquí tenemos mas de 26% de cal i magnesia.

La solucion del problema estriba en agregar mas fierro con el doble objeto de bajar el grado de silicacion de la escoria i el de aumentar la proporcion que existe entre fierro i cal basándose en que una proporcion de dos de fierro por uno de cal es la que da mejores resultados. Será imposible que tratemos de obtener esa proporcion pues el caso es desfavorable; pero sí usaremos todo el fierro que sea posible para bajar el grado de silicacion a 40% o sea al del sesquisilicato.

Peso de la sílice en carga.....	407.0 kgs.
» del óxido de fierro existente.....	232.0 »
Sílice que necesita para formar un sesquisilicato (232 × 0.625).	145.0 »
Cal existente en el mineral.....	153.5 »
Sílice necesaria para formar sesquisilicato.....	123.3 »
Magnesia existente en el mineral.....	80.0 »
Sílice que necesita para formar sesquisilicato.....	90.0 »

RESÚMEN

Sílice existente en el mineral.....	402.0 kgs.
» para el óxido ferroso.....	145.0
» » la cal.....	123.3
» » la magnesia.....	90.0
	358.3
Sílice en exceso.....	46.7 »
Oxido de fierro necesario para esta sílice (46.7 × 1.60)	74.0 »

Estos 74 kilogramos se pueden agregar en forma de fundente ferrujinoso oxidado que es jeneralmente mui puro i contiene sobre 55% de óxido de fierro; o bien se puede agregar en forma de pirita tal cual la hemos usado para arreglar nuestro eje; pero en este último caso la fundicion cambia de carácter i la pirita que se agrega para fundir esta cantidad de fierro debe ser oxidada por la accion del viento introducido al horno. Nosotros nos decidimos por agregar pirita cuyo análisis ya hemos insertado i que contiene 36% de fierro que corresponden a 46.4% de óxido de fierro.

La cantidad de pirita necesaria nos da el siguiente cálculo:

$$100 : 46.4 :: X : 74 \quad X=160 \text{ kilogramos.}$$

Esta cantidad de pirita va agregar a la fundicion una cierta cantidad de fierro i cal que no guardan entre ella la proporcion que exige el sesquiosilicato pero el exceso de sílice libre no será superior a 12 kilogramos por cada 1,200 de carga i por lo consiguiente no merece que se tome en consideracion.

Procederemos pues a ordenar nuestra carga:

Mineral.....	1,000 kgs.
Pirita.....	210 »
	1,210 kgs.

CARGA DE FUNDICION

CARGA	Peso	Sílice		Cal		Fierro		Azufre		Cobre		Magnesia	
	Kls.	%	K	%	K	%	K	%	K	%	K	%	K
Mineral.....	1000	40	400	15	150	20	200	85	85	8	80	8	80
Pirita.....	210	14	29,4	7	14,7	36	75,6	42	87,2	...	...	...	...
TOTAL.....	1210		429,4		164,7		275,6		173,2		80		80

Cálculo del eje de 50%:

Cobre en carga.....	80.0 kgs.
Azufre necesario.....	20.0 »
	100.0 kgs.
Peso del eje.....	160.0 kgs.
» del sulfuro de fierro.....	60.0 »
Azufre para este fierro.....	21.8
Fierro para este azufre.....	38.2 »

Composicion del eje:

Cobre.....	80.0 kgs.
Azufre.....	41.8 »
Fierro.....	38.2 »
	160.0 kgs.

$$\text{Lei de cobre en el eje} \quad \frac{80 \times 100}{160} = 50\%.$$

Azufre presente en el mineral.....		173.20 kgs.
50% perdido por sublimacion.....	86.60	
12½ perdido por reacciones.....	21.65	
Azufre en el eje.....	41.80	
	<hr/>	
Total del azufre gastado.....	150.05	150.05 »
		<hr/>
Azufre que se debe oxidar.....		23.15 kgs.

Cálculo de la escoria:

Fierro presente en el mineral.....	275.60 kgs.
» ocupado en el eje.....	38.20 »
	<hr/>
» para la escoria.....	237.40 »
Oxido de fierro equivalente.....	306.24 »

Composicion de la escoria:

Sílice.....	429.40 kgs.
Cal.....	164.70 »
Oxido de fierro.....	306.24 »
Magnesia.....	80.00 »
	<hr/>
	980.34 kgs.

$$\text{Lei de sílice} \quad \frac{429.4 \times 100}{980.34} = 43.8\%$$

$$\text{Lei de cal} \quad \frac{164.7 \times 100}{980.34} = 16.3\%$$

$$\text{Lei de óxido de fierro} \quad \frac{306.24 \times 100}{980.34} = 31.2\%$$

$$\text{Lei de magnesia} \quad \frac{80 \times 100}{980.34} = 8.7\%$$

Esta escoria de acuerdo con nuestras tablas debía fundirse a una temperatura inferior a 1,150° C., sin embargo, el porcentaje subido de magnesia hace que la temperatura de formacion sea superior a 1,240° C. i exigirá, por

consiguiente, bastante combustible para que la marcha del horno sea fácil.

IV CASO

En los tres casos anteriores hemos estudiado la fundicion considerada bajo tres aspectos diferentes que corresponden a la manera como se presentan los minerales en Metalurgia; en este cuarto caso deseamos estudiar un caso mui comun en nuestro pais i que se representa por el mineral cuyo análisis se detalla al pié:

Sílice.....	=	55%
Cal.....	=	12
Alúmina.....	=	8
Magnesia.....	=	7
Azufre.....	=	4
Fierro.....	=	6
Cobre.....	=	7

La composicion mineralógica del mineral la forman uno de los sulfuros de cobre i fierro conocidos como «bronce morado» o plateado, dentro de una ganga que corresponde a una roca ígnea o a un silicato de cal, alúmina i magnesia.

La produccion de un eje de 50% teniendo este mineral como base, está fuera de toda posibilidad como fácilmente el lector puede convencerse, despues de un lijero exámen practicado en igual forma que en los casos anteriores.

La relacion entre azufre i cobre en un eje de 50%, es segun lo hemos establecido de 0,52 de azufre por uno de cobre.

En nuestro mineral la lei de azufre aprovechable (50% del azufre contenido) es de 2% i por lo consiguiente las proporciones se comparan como sigue:

En el eje de 50% S : Cu :: 0.52 : 1

En el mineral S : Cu :: 2 : 7.

Lo que indica que el déficit de azufre es enorme. Si fuéramos aun mas léjos podemos establecer que la lei de nuestro eje será así sumamente alta.

Cobre en el mineral.....	=	7.00
Azufre necesario para este cobre.....	=	1.75
Peso del sulfuro de cobre.....	=	8.75

Azufre contenido en el mineral.....	=	4.00
» perdido por destilacion.....	=	2.00
» aprovechable.....	=	2.00
Azufre aprovechable.....	=	2.00
» combinado con cobre.....	=	1.75
» para el fierro.....	=	0.25
Azufre para el fierro.....	=	0.25
Fierro que este azufre necesita 32 : 56 :: 0.25 : X X=0.43	=	0.43
Peso del sulfuro de fierro		
» » azufre.....	=	0.25
» » fierro.....	=	0.43
		0.68
Peso del sulfuro de cobre.....	=	8.75
» » eje.....	=	9.43

$$\text{Lei en cobre del eje } \frac{100 \times 7}{9.43} = 74.2\%$$

Se debe contemplar en este caso el problema bajo la produccion de un eje de 74.2% que en práctica resultará mas alto, o bien se debe proceder a agregar azufre en forma de piritas para bajar la lei del eje a la normal de 50%.

Nosotros, para proceder en órden discutiremos primero las ventajas e inconvenientes de ámbos procedimientos i en seguida resolveremos el caso bajo las dos bases en que se ha planteado.

La produccion de un eje de 74% sería la mas económica por muchísimas razones entre las cuales el fundidor debe tomar mui en cuenta la no adición de fundentes estraños, es decir, minerales sulfurados que no contienen lei de cobre. Si en la localidad se tuviese minerales sulfurados con lei de cobre el problema perderia toda su orijinalidad, pues ámbos minerales mezclados resultarian en la formacion de un nuevo mineral con mayor lei de (S.) azufre, lo que haria que el caso en estudio pasara al dominio de los ya estudiados.

Ademas de la ventaja ya enunciada hai que considerar que el grado de concentracion producida, tal vez en igualdad de gasto, de un mineral de 7%, a un eje de 50% o de 74% es mucho mayor para el caso de produccion de ejes de 74% de cobre.

La desventaja reside en que el eje producido no puede ser convertido

directamente a cobre en el mismo establecimiento sino que debe ser reducido a cobre metálico por otros medios mas costosos que el tratamiento en convertidores, o bien tienen que ser enviados a instalaciones que tengan ejes de baja lei a fin de que puedan ser convertidos mezclándolos con los ejes de esta última naturaleza.

Otra desventaja consiste en la mayor pérdida de cobre en la escoria, pero esto puede fácilmente subsanarse produciendo escorias mui livianas i usando ante crisoles en forma de hornos de reverberos que mantengan estas escorias térreas mui bien fundidas.

La produccion de ejes de 50% es la solucion ménos económica i talvez la mas difícil metalúrgicamente considerada. Se necesita agregar, como se verá al resolver el caso, una cantidad considerable de piritas que aumentan el costo de fundicion i disminuyen la capacidad efectiva del horno; estas piritas suministran todo el azufre necesario pero introducen al horno un exceso de fierro (pues la mitad del azufre combinado con el fierro se pierde) que se hace necesario oxidar i escorificar.

El lector recordará las consideraciones que nos hicimos al estudiar el carácter escorificante de óxido de fierro que presentan los silicatos ácidos tal cual es el que forma la ganga de nuestro mineral.

Evidentemente nos encontramos ante el caso mas difícil i delicado que se presenta en la práctica de las fundiciones de minerales; caso que forma el verdadero problema, sin solucion en no pocos de nuestros pequeños establecimientos que tienen por base para su fundicion la produccion de una mina con minerales de esta naturaleza.

El autor ha resuelto el caso de ámbas maneras en dos fundiciones diferentes i los resultados obtenidos al tratar de fundir a ejes de 50% agregando pirita, han sido mui mediocres, siéndole imposible escorificar el fierro que la pirita aporta en exceso al horno, lo que se traduce en una marcha enteramente anormal i en un eje de baja lei que contiene fierro al estado metálico i sesquióxido de fierro, cuerpos ámbos que por cualesquier descuido o enfriamiento producen acreciones o callos en los crisoles o antecrisoles de hornos en la forma i condiciones que se estudiará al tratar de la marcha de los hornos. En cambio la fundicion a ejes de alta lei de esta clase de minerales, sin agregar piritas, se ha practicado en excelentes condiciones sin tener que lamentar inconveniente alguno, aunque es de desear que para que ella se lleve a cabo el horno debe estar dotado de un ante-crisol en forma de horno de reverbero.

Puestos de manifiesto las ventajas e inconvenientes de ámbos sistemas seguiremos en el desarrollo del ejemplo a fin de que ámbas soluciones puedan servir al fundidor para comparar los resultados económicos.

Fundiendo el mineral directamente sin provocar oxidacion alguna, sabemos ya que alcanzaremos como resultado un eje de 74% de cobre.

Nuestra carga quedaria en la siguiente forma:

CARGA	Peso	Si O ₂		Ca O		Al ₂ O ₃		Mg O		Fe		S		Cu	
		%	K	%	K	%	K	%	K	%	K	%	K	%	K
Mineral.....	1000	55	550	12	120	8	80	7	70	6	60	4	40	7	70

Cálculo del eje:

Cobre contenido en el mineral.....	70.00 kgs.
Azufre necesario para este cobre.....	15.50 »
<hr/>	
Peso del sulfuro de cobre.....	87.50 kgs.
Azufre contenido en el mineral.....	40.00 kgs.
» volatilizable.....	20.00 »
<hr/>	
» utilizable.....	20.00 kgs.
» usado para el cobre.....	17.50 »
<hr/>	
» para el fierro.....	2.50 kgs.
Fierro que este azufre necesita.....	4.30 »
<hr/>	
Peso del sulfuro del fierro.....	6.80 kgs.
» del sulfuro de cobre.....	87.50 »
<hr/>	
» del eje.....	94.30 kgs.

$$\text{Lei de cobre en el eje} = \frac{70 \times 100}{94.3} = 74.2\%$$

Cálculo de la escoria:

Fierro existente en el mineral.....	60.00 kgs.
» combinado con el eje.....	4.30 »
<hr/>	
» para la escoria.....	55.70 kgs.
Oxido de fierro equivalente (55.7 × 1.29)	71.83 »

Componentes de la escoria:

Sílice.....	550.0 kgs.
Cal.....	120.0 »
Alúmina.....	80.0 »
Oxido de fierro.....	72.0 »
Magnesia.....	70.0 »
	<hr/>
Peso de la escoria.....	89.2 kgs.

$$\text{Lei de sílice de la escoria} = \frac{550 \times 100}{892} = 61.6\%$$

A primera vista estaba que la escoria que resulta de los constituyentes del mineral es sumamente ácida i su fundicion es enteramente imposible dentro de los hornos. Nuestro estudio se reducirá en el caso presente a averiguar cuál será la mejor base que será posible agregar como fundente para producir una escoria de 45% de sílice mas o ménos o sea un sesquisilicato.

Lo primero que debemos averiguar es que la alúmina presente en la escoria haga el papel de base i no el de ácido.

Las condiciones en que aquí se presenta nos mueven a creer que ella actuará como ácido a no ser que dicha actuacion se destruya teniendo para ello mui presente lo espuesto al tratar de la manera de conducirse la alúmina en presencia de cal i magnesia. Decíamos entónces que es absolutamente necesario, para que la alúmina hiciese el papel de base, que la proporción existente entre cal i alúmina debia ser de tres de cal por uno de alúmina.

Ahora bien, la proporción existente en nuestra escoria es de 80 de alúmina por 120 de cal; se hace pues necesario aumentar la proporción de cal en 120 kilogramos mas por cada 1,000 de carga a fin de obtener la proporción deseada que seria de 80 a 240 o sea de 1-3.

En esta forma la alúmina entrará a reemplazar al fierro en la escoria i si observamos la tabla respectiva de reemplazamientos veremos que el 8% de la alúmina que probablemente tendrá nuestra escoria no influye grandemente en la temperatura de fusion de la escoria, temperatura que por este capítulo no será superior a 1,170° C.

Se observa sin embargo, que nuestra escoria carece de óxido de fierro i será por lo consiguiente conveniente neutralizar la sílice que aun permanezca en exceso agregando fierro a la carga. El autor es de opinion que el fierro que se agregue para este fin sea al estado de fundente ferrujinoso oxidado tal cual es la hematita con lo que se consigue un doble efecto, a saber: proporcionar el fierro necesario a la escoria i aumentar la lei del eje

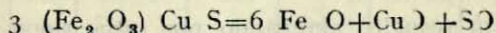
pues el sulfuro de hierro existente reaccionará sobre el óxido, tal como hemos visto en el caso anterior, produciéndose por este motivo la pérdida del 25% del azufre útil del mineral.

Rescapitulando tendríamos entónces lo siguiente:

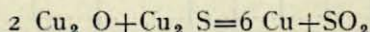
Cálculo del eje:

Cobre contenido en el mineral.....	70.00 kgs.
Azufre necesario para este cobre.....	17.50 »
Azufre contenido en el mineral.....	40.00 »
50% de azufre perdido por sublimacion....	20.00 »
<hr/>	
Azufre utilizable.....	20.00 kgs.
25% perdido por oxidacion.....	5.00 »
<hr/>	
Azufre aprovechable.....	15.00 kgs.

Segun esto el azufre aprovechable es de 15 kilogramos por cada 1.000 de carga i por otra parte el cobre sólo necesita 17.50 kilogramos; se puede creer entónces que el cobre tambien se oxida i en realidad ello es verdadero pues los sesquióxidos de hierro actúan sobre él, formando óxido de cobre i ácido sulfuroso:



Al mismo tiempo, sin embargo, el óxido de cobre, así formado, actúa sobre el sulfuro de cobre existente i se trasforman ámbos en cobre metálico.



Lo que fácilmente explica la presencia de Cobre metálico en los ejes i lo que nos asegura que el cobre no se oxidará miéntras exista azufre en el mineral.

Nuestro eje se compondrá solamente pesentón de:

Cobre.....	70 kgs.
Azufre.....	15 »
<hr/>	
Peso del eje.....	85 kgs.

$$\text{Lei de cobre del eje} = \frac{70 \times 100}{85} = 82.3\%$$

Nuestra escoria se compondrá de los siguientes cuerpos:

Sílice.....	550.0 kgs.
Cal (120 de mineral 120 que hai que agregar).....	240.0 »
Oxido de fierro (60×1.29).....	77.4 »
Alúmina.....	80.0 »
Magnesia.....	70.0 »

Veamos si todos estos constituyentes se neutralizan entre sí formando un sesquisilicato; si ello no es efectivo, como a la vista está, neutralizaremos el exceso de sílice con óxido de fierro.

Sílice necesaria para la cal 240×0.803	192.70 kgs.
» necesaria para el óxido de fierro 77.4×0.625	48.40 »
» necesaria para la alúmina 80×1.31	104.80 »
» necesaria para la magnesia 70×1.125	78.80 »
» neutralizada.....	424.70 kgs.
» existente en el mineral.....	550.00 kgs.
» neutralizada.....	424.70 »
» por neutralizar.....	125.30 kgs.
Oxido de fierro necesario para esta sílice 125.3×1.60	200.48 »

El problema está resuelto agregando por cada 1,000 kilogramos de carga 120 kilogramos de cal i 200.48 kilogramos de óxido ferroso.

Los fundentes que tenemos a mano para efectuar estas adiciones son generalmente puros; así, por ejemplo, nuestro carbonato de cal analiza

Sílice.....	2%
Cal.....	50
CO ₂	resto.

La cantidad de carbonato de cal necesaria para producir 120 kilogramos de cal nos la da la siguiente proporcion:

$$100 : 50 :: X : 120 \quad X = 240 \text{ kilogramos.}$$

Será necesario agregar 240 kilogramos de carbonato de cal que con todo no alcanzan a contener 5 kilogramos de sílice. Si contuviera mayor cantidad se neutralizaria con la misma cal agregando mayor cantidad.

Nuestro fundente ferrujinoso analiza:

Oxido de fierro.....	65%
Sílice.....	3
Alúmina.....	1

La cantidad de fundente necesaria para producir 240 kilogramos de óxido de fierro nos la da la siguiente proporcion:

$$100 : 65 :: X : 200.48 \quad X = 308.4$$

Por lo consiguiente, será necesario agregar 308.4 kilogramos de fundente ferrujinoso.

Nuestro problema queda resuelto con la siguiente carga:

Mineral.....	1,000.00
Carbonato de cal.....	240.00
Sesquióxido de fierro.....	308.40
TOTAL.....	1,548.40

Cálculo del eje:

Debido a lo explicado en éste i en el ejemplo anterior la pérdida de azufre es equivalente al 62.5% del azufre contenido.

CARGA	PESO	Si O ^o		Al ^o O ^o		Mg O		Ca O		S		Fe		Cu	
		%	K	%	K	%	K	%	K	%	K	%	K	%	K
		Mineral.....	1 000	55	550	8 80	7	70	12	120	4	40	6	60	4	70
Carbonato de cal....	240	2	4,8				50	120							
Sesquióxido de fierro	308.4	3	10	83.7		70		240		40		214.2		70	
Sesquióxido de fierro	308.4	3	10	3.7							50	154.2			
TOTAL.....	1548.4		564.8	83.7		70		240		40		214.2		70	

Azufre contenido en el mineral..... 40.00 kgs.

62.5% perdido..... 25.00 »

Azufre aprovechable..... 15.00 kgs.

» para el cobre..... 15.00 »

» para el fierro..... 00.00 kgs.

Composicion del eje cobre..... 70.00 kgs.

» » azufre..... 15.00 »

85.00 kgs.

Lei de cobre del eje $\frac{70 \times 100}{85} = 82.3\%$.

Cálculo de la escoria:

Fierro en la carga.....	214.20 kgs.
Oxido de fierro que representa.....	277.40 »

Composicion de la escoria:

Sílice.....	=	564.80 kgs.
Oxido de fierro.....	=	277.40 »
Cal.....	=	240.00 »
Alúmina.....	=	83.10 »
Magnesia.....	=	70.00 »
		<hr/>
		= 1,235.30 kgs.

$$\text{Ley de sílice} = \frac{564.8 \times 100}{1,235.3} = 45.70\%$$

$$\text{Lei de óxido de fierro} = \frac{277.4 \times 100}{1,235.3} = 22.40\%$$

$$\text{Lei de cal} = \frac{240.00 \times 100}{1,235.3} = 19.40\%$$

$$\text{Lei de alúmina} = \frac{83 \times 100}{1,235.3} = 6.7\%$$

$$\text{Lei de magnesia} = \frac{70 \times 100}{1,235.3} = 5.6\%$$

99.8%

La escoria producida es un sesquisilicato en que la alúmina juega el papel de base, puesto que mantenemos en la carga tres unidades de cal para una de alúmina.

Si óptamos ahora por producir un eje de 50% tendríamos que recurrir al auxilio de las piritas, pues el análisis de nuestro mineral nos da la siguiente relacion entre el azufre i el cobre que contiene.

$$S : Cu :: 4 : 7$$

i si a esto descontamos el 50% del (S) azufre que se pierde por sublimacion tendremos que la proporcion efectiva es de

$$S : Cu :: 2 : 7$$

que comparada con la que debe existir entre el azufre i cobre en el eje de 50% resulta con un déficit notable de azufre.

$$S : Cu :: 0.52 : 1$$

La cantidad de azufre que nos hace falta se determina por medio de la siguiente proporcion:

1 : 0.52 :: 7 : X — X=3.64 kilógrs. de azufre en cada 100 kilógramos de mineral i como por otra parte en el mineral tenemos 2 kilógramos de azufre útil por cada 100 kilógramos de mineral, resulta que el déficit de azufre es equivalente a 1.64 kilógramos de azufre por cada 100 de mineral.

El análisis de la pirita avaluable en la localidad es el siguiente:

Sílice.....	=	23%
Fierro.....	=	35
Azufre.....	=	30
Cal.....	=	8

Para determinar la cantidad de pirita necesaria para proporcionar 1.64 kilógramos de azufre, debemos considerar que la lei útil de azufre en la pirita es sólo 15% pues el resto se pierde por volatilizacion; la proporcion que sigue nos dará entónces la cantidad de pirita necesaria.

$$100 : 15 :: X : 1.64 \quad X=10.9 \text{ kgs.}$$

o prácticamente 11 kilógramos.

Nuestra carga para los fines de calcular la escoria quedará tabulada bajo la siguiente forma:

CARGA	PESO	Si O ²		Ca O		Al ² O ³		Mg O		S		Fe		Cu	
		%	K	%	K	%	K	%	K	%	K	%	K	%	K
Mineral.....	1 000	55	550	12	120	8	80	7	70	4	40	6	60	7	70
Pirita.....	110	23	25.3	8	8.8					30	33.7	35	38.5		
TOTAL.....	1 110		575.3		128.8		80		70		73.7		98.5		70

IGNACIO DIAZ OSSA

(Continuará).

Un accidente topográfico en el departamento de San Carlos i su explicacion jeológica

El llano longitudinal, al este del pueblo de San Carlos se estiende como un plano casi completamente parejo, que sube con una gradiente mui suave, 0,3%; su superficie está formada de arcilla, a la que se junta, a medida que se avanza hácia el este, algo de trumao. La estacion de San Carlos está a 170 metros sobre el mar i la proyectada estacion de Zemita a 250 metros, es decir, una diferencia de nivel de 80 metros sobre una estension horizontal de 20 a 25 kilómetros.

A la distancia mencionada de 20 a 25 kilómetros de San Carlos se levantan de repente como una inmensa grada en el terreno las llamadas «Lomas» que se estienden desde aquí hasta el pié de la cordillera con un ancho de 25 a 30 kilómetros. De norte a sur se estienden las Lomas desde mas al norte del rio Perquilauquen hasta mas al sur del rio Ñuble i sin mas interrupcion que los lechos de estos rios. Su frente sube con una gradiente variable de 10-20-30 grados hasta la altura de 100 a 150 metros (350 a 400 sobre el mar), altura que el proyectado ferrocarril vence con gradientes hasta de tres por ciento. Desde aquí sigue un terreno suavemente ondulado hasta la altura de 600 metros mas o ménos al pié de la cordillera, es decir 200 a 250 metros de subida en una distancia de 25 kilómetros, o con una gradiente término medio de 0,80 a 1,0%. En esta estension hai llanuras al parecer horizontales, como tambien hai subidas i bajadas. Vistas de alguna distancia desaparecen estas irregularidades i se ve solamente un plano inclinado hácia el poniente.

La composicion de estas lomas se ve solamente en las pocas partes, donde el terreno i las barrancas no están cubiertas de vejetacion. Al norte de las casas de la hacienda Zemita se levanta la «Loma Alta» hasta la mencionada altura de 100 i mas metros sobre el llano. Al lado este está cortado por una profunda quebrada, que corre de sur a norte i que la deja mas o ménos aislada i con todo el aspecto de un inmenso ventisquero terminal. En la falda abrupta al este de esta Loma Alta, han cavado las lluvias varias quebraditas hasta la profundidad de quizas 50 metros mas o ménos i que presentan magníficos perfiles. Todo aquí es un conglomerado sin estratificacion alguna; solamente se nota que la cantidad de las piedras embutidas disminuyen de arriba hasta abajo. Tienen estas un diámetro hasta de un pié i mas; algunas están redondeadas. La mayor parte son de color blanquizco, el color de la cordillera al este i medio caolinizadas, pero tambien se encuentra una que otra piedra negra, al parecer volcánica. La masa en que están embutidas no es ni arena ni arcilla; es blanquizca de color como las piedras embutidas i parece compuesta de la misma masa caolinizada que las piedras.

Este conglomerado es llamado por los habitantes «tosca»; donde sale al sol es casi completamente estéril, pero como jeneralmente está cubierto por trumao, tienen las lomas una lozana vejetacion de robles i otros árboles, donde estos no han sido quemados ni cortados para sembrar trigo.

Unos diez kilómetros mas al este en la superficie plana de las Lomas he visto un riachuelo con piedras bien redondeadas del tamaño de uno a dos pies, de composicion felsítica i sin señal de descomposicion. Unos 20 a 30 kilómetros al este de la Loma Alta está separado de la cordillera el terreno de las Lomas por una quebrada honda i ancha que corre de norte a sur i que segun parece nace en el mismo terreno de las Lomas. En la confluencia de esta quebrada con el rio Ñuble está situada la villa de San Fabian a 481 metros sobre el nivel del mar. Unos cuantos kilómetros ántes de llegar a la villa he visto al lado del camino tres bloques erráticos, el mayor de mas de un metro cúbico de volúmen. Estas piedras, por lo ancho de la quebrada no pueden haber llegado allá directamente de la cordillera; sino deben haber caido del terreno de las Lomas, que por lo demas aquí no presenta ningun perfil por estar todo cubierto de vejetacion. En las barrancas sur del rio Ñuble al frente de San Fabian divisé cortes del mismo color i aspecto de los de la Loma Alta, pero no tuve ocasion de acercarme a ellas. Diez a quince kilómetros mas al oeste he divisado desde léjos en la barranca norte del rio Ñuble otro perfil del mismo color blanquizco. No mui léjos de la orilla norte del rio Ñuble i ya dentro del llano arcilloso, a unos 200 o 250 metros de altura sobre el mar, he visto dentro de un potrero de Zemita un inmenso block errático, que los habitantes han bautizado con el nombre de «Moticura». Tiene de circunferencia mas o ménos 50 metros i una altura de 8 metros. Es de composicion diorítica i felsítica. Sirve de deslinde entre los fundos vecinos.

El jeólogo se pregunta, cómo se han acumulado estas inmensas masas de terreno de acarreo; i cómo las piedras grandes i especialmente la llamada «Moticura» han llegado hasta el lugar donde se encuentran.

Desde luego las aguas corrientes no pueden haberlas traído. Los rios actuales, el Ñuble i el Perquenco, no acumulan; han cavado sus profundos lechos en el terreno de las Lomas. Aun suponiendo que en tiempos pasados con mas caudal de agua i mas abundante provision de material puedan haber obrado acumulando, no se esplicaria la ausencia de estratificacion en la Loma Alta i la presencia de los grandes bloques erráticos, especialmente de la llamada Moticura. Hielos flotantes tampoco pueden haber traído una piedra tan grande. No nos queda mas que admitir, que a lo ménos la Loma Alta i probablemente una gran parte del frente del terreno de las Lomas representa una moraina terminal colosal, que ha sido traída por un ventisquero.

Debemos suponer que todo el frente de la cordillera entre los rios Ñuble i Perquenco i probablemente mas allá de estos rios, ha estado cubierto por una capa de nieve de varios centenares de metros de espesor, cuya parte inferior por el peso de la masa superior ha sido empujada sobre el llano

longitudinal hasta la distancia de 20 a 30 kilómetros de la base de la cordillera. Durante este avance (lento naturalmente) ha llevado por delante de sí todo el material suelto, que encontraba en su camino i además la superficie descompuesta de la roca firme, que durante largas épocas jeológicas habia estado espuesta a la descomposicion. De este material se formó la moraina i se esplica porque las piedras embutidas se encuentran medio caolinizadas. La inmensa cantidad de material, que se encuentra al este de la primera moraina frontal, debe consistir ya en otras morainas frontales, que ha dejado el ventisquero durante su retroceso, ya en la moraina basal, que se formó debajo del ventisquero, ya del material arrastrado por el agua corriente durante el deshielo (material fluvio-glacial).

Estos detalles es posible que se podrian estudiar en los perfiles de las barrancas del rio Ñuble, que no alcancé a visitar.

Corresponden las Lomas al material glacial, que el doctor J. Brüggén encontró en el salto de Itata i el salto de Laja (el banco de Laja) aunque estos son de material volcánico de color negro i de muchos menores espesores. (BOLETIN de la Sociedad Nacional de Minería núms. 201-212, páj. 483).

La arcilla en el llano al oeste de las Lomas debe haberse depositado por las aguas arcillosas, que salieron debajo del ventisquero en aguas tranquilas, de laguna o del mar.

El trumao es de oríjen mucho mas moderno, puesto que forma la superficie de las Lomas tanto en los altos como en los bajos. Se compone de una tierra colorada de grano sumamente fino. Donde no ha sido removido es bastante coherente para que se pueda cavar pozos i canales en él. Pero una vez removido forma un polvo livianísimo, que el viento levanta con la mayor facilidad. Es mui permeable i se seca pronto despues de un aguacero. En la villa San Fabian han cavado pozos en el trumao hasta la profundidad de 14 metros; al llegar a esta profundidad se encontró la tosca (el conglomerado subyacente) i agua. El trumao no sirve para hacer adobes. De todo esto se ve que es mui distinto de la arcilla. Probablemente es lo que los jeólogos llaman «doess», un material fino acarreado por el viento i retenido i acumulado entre el pasto. Se sabe que una gran parte de China está cubierta de este «doess» hasta un espesor de varios centenares de metros i que segun los jeólogos ha sido traído por el viento desde Mongolia, de centenares de kilómetros de distancia.

En el caso presente no seria estraño que tuviera relacion con las cenizas arrojadas por los volcanes del sur, especialmente del volcan Chillan.

LORENZO SUNDT,
Injeniero de minas.

P. S. Si no me he equivocado en mi esplicacion sobre el orijen de Las Lomas, quedaria constatado el hecho, hasta ahora no conocido, que durante la época glacial las nieves eternas se han estendido sobre el llano longitudinal con un espesor enorme entre los grados 36 i 37 i hasta 40 kilómetros o mas al Oeste de la cordillera de Los Andes, i que aquí probablemente se han encontrado con las playas del Océano Pacifico, que en aquel tiempo debe haberllegado hasta este punto.—L. S.

Situación de los mercados de minerales i combustibles

COBRE.—Mercado mui firme, con una demanda extraordinaria.

Se cotiza en Lóndres, el *standard* a £ 106,5.0; el *best selected* de £ 129 a £ 132; i el electrolítico de £ 136 a £ 139.

ESTAÑO.—Este metal no ha sufrido variaciones de importancia durante la semana pesada. Existe la creencia, sin embargo, de que la falta de permisos de importacion hará que suban los precios en plazo breve.

PLOMO.—El mercado de Lóndres señala una pequeña alza. Se cotiza de £ 32 a £ 32.6.3.

ZINC.—Ha experimentado este metal una rápida subida de los precios, cotizándose en Lóndres de £ 103 a £ 95.

En España, la Real Compañía Asturiana cotiza el lingote, clase corriente, a 2.600 pesetas la tonelada. Hai pocas existencias.

ANTIMONIO.—Continúa nominal. De las minas españolas se está estrayendo bastante mineral, i se confía en que mui pronto habrá existencias.

PLATA.—Standard, 26 7/8 d.; plata fina, 29 d.

ANTIMONIO.—£ 95 por tonelada; precio fijado por el Gobierno inglés.

MERCURIO.—£ 16.10.0 por frasco.

NIQUEL.—£ 225 por tonelada.

PLATINO.—Nominal.

BISMUTO.—10 s. por libra.

CADMIO.—7 s. a 8 s. por libra.

SULFATO DE COBRE.—£ 47 por tonelada.

AZUFRE.—En Barcelona, se cotiza: en sacos de 20 kilogramos, a 9,15 pesetas el saco; en sacos de 40 kilogramos, a 18,00; azufre flor, en sacos de 50 kilogramos, a 25,00

LATON:

Alambre, 1 s. 4 1/8 d. por libra.

Tubos, 1 s. 4 3/4 d. ídem.

Planchas, 1 s. 4 5/8 d. ídem.

MINERALES:

Molibdenita (90 por 100 MoS₂ mínimo), 105 s. por unidad.

Wolfram (70 por 100 WO₃ puro), 55 s. por unidad.

Scheelita (70 por 100 WO₂), 55 s. ídem.

Mineral de cromo.—Precio base de 50 por 100 Cr₂O₃, 130 s. por tonelada; escala 2 s. 6 d.

MINERALES DE HIERRO.—En Bilbao, según *Informacion*, se ha notado algun movimiento en el mercado de mineral, pero se cree que está ya vendido todo el mineral del mercado, i solamente a precios elevados se decidirán los mineros a aumentar sus ya efectuadas ventas.

Quedan aun por colocar, como es natural, aquellos minerales que siempre desembarcan en el mercado alemán; pero, aun de éstos, no pequeña parte han encontrado colocacion en el mercado inglés, sacrificando un tanto sus precios.

En lo que va de mes, se conoce la venta de 10,000 toneladas rubio fosforoso, buena composicion mecánica, a 9/, i 18,000 toneladas de lavado i cantera, tambien fosforoso, a 9/6.

Tambien se tiene noticias de haberse vendido unas 45,000 toneladas rubio a 11/ i un pequeño cargamento de rubio avenado a pesetas 14 la tonelada. De carbonato se conoce la venta de un cargamento a 11/6.

Los fletes corrientes con mineral desde Bilbao a los puertos que se espresan, eran el 22 del pasado:

Ardrossan o Ayr, 24/6; Glasgow, 25/-; Maryport, 23/6; Newport, 19/-; Tyne Dock, 24/-; Middlesbró, 24- i Cardiff, 18.

En Inglaterra el mercado de hierro de Cleveland se halla influido por la especulacion en los *warrants*, i la excesiva fluctuacion en los precios suspende las operaciones.

Los comerciantes cotizaban 93/6 para el Cleveland número 3 G. M. B., cerrándose a 94/3; pero los precios eran mas o ménos nominales, pues apenas hubo transacciones, porque ni vendedores ni compradores mostraron deseos de operar con tal oscilacion en los precios.

En las clases en las que realmente se efectúan transacciones, son aquellas sobre las que los *warrants* no ejercen influencia, escepcion hecha del lingote gris número 1, que escasea, i por lo tanto se cotiza con 3/6 i hasta con 4/-por encima del lingote número 3.

El lingote número 4 de fundicion puede obtenerse con 1/- por debajo del número 3, i el de forja con 2/-.

El atruchado i blanco a 92/-.

Nada nuevo en el hematites de la costa Este, cuyo precio nominal continúa siendo 140/-, por mas que algunas ventas para entrega en Julio próximo se han realizado a 137/6.

Prácticamente no es posible encontrar hematites para entrega mas próxima. Dos nuevos hornos se han encendido: uno para hematites i para Cleveland el otro. El total de hornos en el NE, de Inglaterra es 69, de los cuales 27 son de hematites, 27 de Cleveland i 13 de otras clases especiales.

El mercado de mineral no ha variado. El *best Bilbao rubio* se cotiza 40/- c. i. f. Middlesbró, en las condiciones conocidas del Tees; pero no sabemos de transaccion alguna realizada. Los fabricantes dicen que cuentan con grandes *stocks* de mineral.

El cok continúa cotizándose al precio ya convenido de 28/- mas los precios de trasporte a las fábricas, o sea, próximamente, a 31/- la tonelada.

CARBONES.—Carbones asturianos:

	F. o. b.
	Pesetas
Cribado.....	58,00
Galleta.....	56,00
Granza.....	52,00
Menudos.....	44,00

Estos precios son a bordo en puertos de embarque.

Carbones ingleses:

	F. o. b.	
	s. d.	s. d.
Cardiff, almirantazgo superior.....	—	—
Newport, cribados.....	34 /-	35 /6
Idem, menudos.....	24 /-	25 /-
Newcastle, cribados de vapor.....		32 /6
Idem, menudos.....	16 /6	17 /6
Idem, cok de fundicion.....	40 /-	42 /6
Idem, cok de gas.....	27 /-	27 /-

MERCADO DE METALES EN BILBAO.—La casa *Martínez i Otero*, de Bilbao, cotiza los precios siguientes (3 de Febrero):

Precio como base del LINGOTE de:

Cobre, 358; Laton, 316; Estaño, 528; Aluminio, 1.250; Metal delta, 412; Alpacca, 1.200; Plomo, 84; Antimonio, 4,600 pesetas los 100 kilos.

Metales blancos para antifricción garantizados extra:

Babbit, 360; Tandem, 452; Atlas, 410; Atlas MB, 460; Magnolia, 380 pesetas los 100 kilos.

ULTIMOS PRECIOS DE LÓNDRES.

Telegramas de la Casa *Bonifacio López*, Bilbao:

<i>Cobre</i> .—Cobre standard, al contado.....	£	106.	5.0
— Best selectec.....		130.	0.0
<i>Estaño</i> .—G. M.....		186.	0.0
— Inglés, lingotes.....		185.	0.0
— Inglés, barritas.....		186.	0.0
<i>Plomo</i> .—Español sin plata.....		32.	6.3
<i>Plata</i> .—En barras stand, por onza. Peniques.....		26.	7/8

MERCADO SIDERÚRJICO ESPAÑOL.

Pesetas por 100 kilogramos

Precios de la *Central Siderúrgica*:

Redondos i cuadrados, segun dimensiones.....	De 39 a 43
Pletinas i llantas, id., id.....	De 39 a 41
Flejes, id. id.....	De 42 a 51
Angulos y T.....	41
Vigas I de 8 cm. a 24 cm.	De 39 a 40
Idem de 25 cm. a 32 cm.	41
Hierros en U de 3 cm. a 14 cm.....	41
Idem, id., de 16 cm. a 24 cm.	42
Chapas de 5½ i mas milímetros.....	42
Idem de 3 i 5 milímetros.....	44
Planos anchos.....	42
Chapas para calderas.....	45
Hierros comerciales al carbon vegetal, sobreprecio.	2

Comparacion de precios medios en Inglaterra de *minerales de hierro, lingote, i hierros i aceros comerciales*:

PRODUCTOS	Febrero 17. 1916	Febrero 10 1915	Febrero 18 1915
<i>Mineral de hierro:</i>	s. d.	s. d.	s. d.
Rubio, Middlesbrough.....	40 0	40 0	28 6
Hematites (Costa Oeste, en las minas).....	—	—	—
<i>Lingote:</i>			
Fundicion núm. 3, Middlesbrough.....	97 0	94 6	56 6
Warrants Middlesbrough.....	96 0	94 3	56 5 ½
Idem escoceses, Glasgow.....	102 7½	99 9	62 3
Idem de hematites, W. Coast	—	—	—
<i>Hierros:</i>	£. s. d.	£. s. d.	£. s. d.
Barras, S. Staffordshire.....	13 10 0	13 10 0	9 0 0
Idem comunes.....	13 12 6	13 12 6	8 7 6
Carriles de acero.....	11 0 0	11 0 0	6 17 6
Chapas galvanizadas.....	27 10 0	27 10 0	14 0 0
Angulos, Middlesbrough.....	11 2 6	11 2 6	8 5 0
Idem, Glasgow.....	13 15 0	13 15 0	8 0 0
Planchas para la marina, Middles- brough.....	11 10 0	11 10 0	8 10 0
Idem Glasgow.....	12 10 0	12 10 0	8 5 0
Idem para calderas, Glasgow.....	13 10 0	13 10 0	8 5 0
Hojalata Bessemer, South Wales.....	25/6-26-	25/6-26-	14/9-15

PRECIO DE LOS FERROS I DE ALGUNOS MINERALES I METALES EN INGLATERRA.

Segun *The Iron and Coal Trades Review*, los precios actuales de los ferros i metales empleados en la fabricacion del acero son los siguientes:

Ferrocromo: 4-6 por 100 C, £ 36 por tonelada, base 60 por 100, escala 12 s. 6. d. por unidad.

Ferrocromo: 6-8 por 100 C, £ 33.15 por tonelada, base 60 por 100, escala 10 chelines por unidad.

Ferrocromo: 8-10 por 100 C, £ 28 por tonelada, base 60 por 100, escala 10 s. por unidad.

Ferrocromo: Especialmente refinado, garantizado máximo 2 por 100 C, en pequeños pedazos para ser empleado en las mejores calidades de acero al crisol, £ 86 por tonelada base 60 por 100, escala 24 chelines 3 peniques por unidad.

Ferrovanadio: 33-40 por 100 Va, 14 s. 6 d. por libra de vanadio contenida en la aleacion.

Niquel: en cubos, 98-99 por 100, escaso, £ 210 a 230 por tonelada.

Ferrosilicio: 75 por 100, £ 48 por tonelada, base 75 por 100 de sílice con escala de 8 s. por unidad.

Ferrosilicio: 45-50 por 100, £ 28.10.0 por tonelada, base 45 por 100, escala 7 s. 6 d. por unidad.

Ferrotitano: 15-18 por 100 Ti i 5-8 por 100 C, 6 $\frac{1}{2}$ peniques por libra.

Tungsteno metal: 96-98 por 100, 5 s. 10 d. por libra.

Ferrotungsteno: 80-90 por 100, 5 s. 8 d. por libra de tungsteno contenido,

Ferromolibdeno: 65-85 por 100 Mo., 18 s. por libra de molibdeno contenido.

Cobalto, metal: 96-98 por 100, 8 s. por libra.

Aluminio: 98-99 por 100, £ 155 por tonelada.

Ferrofósforo: 20-25 por 100, £ 16.10.0 por tonelada, base 20 por 100, escala 10 s. por unidad.

Manganeso metálico: 90-95 por 100, sin carbono, 2 s. 8 d. por libra.

Estos precios son netos i entregados en las fábricas de acero de Sheffield

REVISTA MINERA, METALÚRGICA I DE INGENIERÍA.

ERRATA

En el número del BOLETIN correspondiente a Setiembre i Octubre de 1915, página 386, en el trabajo del señor Javier Gandarillas, titulado, «Bosquejo del estado actual de la industria minera del cobre en el extranjero i en Chile» se cometió un error tipográfico que se subsana substituyendo el cuadro final de dicha página por el que sigue, para continuar despues en la página 387:

GASTOS DE UN HORNO DE SOPLETE ELÍPTICO CON CAPACIDAD DE 56 TONELADAS POR 24 HORAS.

	Estados del Este frs.	Arizona frs.
Ocho toneladas de coke.....	200.00	1,000.00
Carbon para soplete i aparatos.....	27.00	80.00
Arcilla.....	27.00	75.00
Consumo de agua.....	24.00	55.00
Reparaciones del horno i máquinas.....	10.00	25.00
Reparaciones del crisol.....	12.00	23.00
Gastos jenerales.....	50.00	80.00
	<hr/>	<hr/>
	350.00	1,338.00
Mano de obra.....	150.00	325.00
	<hr/>	<hr/>
	500.00	1,663.00
Por tonelada.....	9.00	29,60

En otro caso citado para Colorado se calculaba en un horno de reverbero de grandes dimensiones para aquellos tiempos, en 30 toneladas la carga de 24 horas i en 300 kilogramos el consumo de hulla por tonelada de mineral, saliendo a 16 francos el costo total de la fundicion. Basta comparar estos precios con los citados anteriores en el capítulo sobre las minas para medir el camino recorrido.

Todas estas desventajas condiciones del Oeste han sido vencidas poco a poco i han constituido el inmenso progreso que contemplamos hoi, realizado por una pléyade de injenieros metalurjistas.

El consumo de combustible en los hornos de viento se rebajó de 15% a 6 o 10%; los productos calcinados o tostados se funden en grandes hornos cuando aún conservan gran parte del calor desarrollado durante la calci-

nacion, se aprovechan los gases calientes que se escapan del horno para calentar las calderas tubulares que jeneran el vapor necesario para los motores; se emplea por último el petróleo en muchos casos para aumentar la capacidad del horno de reverbero, elevándola de 250 toneladas a 440 toneladas (Ely), o bien se emplea el combustible gaseoso (Great Falls). Hasta hace poco el coke se llevaba al oeste de Pensilvania recorriendo hasta Anaconda 2,500 millas. En estas condiciones no podia salir costando ménos de 16 dollars la tonelada. Los hornos de reverbero producen un eje de 30 a 40% en jeneral; los de soplete desde 30% a 50%. Estos ejes pobres, de 30%, se vuelven a fundir con minerales calcinados (Utah) en otros hornos de viento, de capacidad de 370 a 500 toneladas, hasta producir un eje de 45% o se echan directamente a los convertidores (Ely).

He aquí un cuadro tomado de la obra de Peters [que indica claramente los progresos de la fundicion en hornos de reverbero:

HORNO.—HOGAR.

	largo piés	ancho piés	área piés	carbon en 24 hs. lbs.	Carbon por minuto por pié de ho- gar. Lbs.	Area por chimenea área hogar	Mineral fundido en 24 hs. lbs.	Lbs. de mineral fundido por 1 lb. carbon.
Argo, Colorado								
1887.....	5.5	4.50	24.75	18.000	0.505	1:2.75	48.000	2.67:1
Id. id. 1891	6	4.75	28.50	20.000	0.487	1:3.17	56.000	2.80:1
Id. id. 1894	6.5	5.00	32.50	27.000	0.577	1:2.03	100.000	3.70:1
Montana 1903	10	5.50	55.	72.000	0.909	1:1.83	224.000	3.10:1
Nueva Anacon- da.....	16	7	112.	114.000	0.707		556.000	4.82

