

INFLUENCIA DE LA ELECTRICIDAD

EN LAS INDUSTRIAS QUÍMICAS Y METALÚRGICAS

— POR —

D. J. G. DE GUILLÉN GARCÍA

1.—Siendo posible con la electricidad el empleo de las grandes energías naturales á bajo precio, las industrias electro químicas pueden tener gran desarrollo, es posible dar los productos á bajo precio, y, por lo tanto, sustituir á la industria química no eléctrica.

Si estudiamos las fuerzas naturales y nos fijamos en los sitios en que se desorrollan las energías, veremos que en la naturaleza hay grandes energías que no se explotan ó se explotan muy poco; tales son las corrientes de los ríos, los vientos, las mareas, las olas y el calor solar; y como ríos, viento, mar y sol, es de creer que habrá mientras exista el hombre, de aquí se deduce que nunca puede faltarnos energía para nuestras necesidades industriales. La dificultad que en muchísimos casos presentaba, hasta hace poco, su aprovechamiento, era su aplicación práctica y económica; pero hoy, mediante la electricidad, es posible el aprovechamiento de todos los saltos de agua, y vamos en camino de aprovechar con éxito el viento, el calor solar y las olas.

La energía de los ríos se explotaba muy poco, y sólo podía tener lugar en aquellos sitios que se hallaban cercanos á población, en donde podían vivir los obreros, y además junto á buenas vías de comunicación, para que el transporte de las primeras materias y el de los productos elaborados saliese económico. Teniendo esto lugar en sitios de poca pendiente, los saltos salían relativamente caros y de pocos caballos de fuerza. Los grandes saltos y muy económicos hállanse comunmente en los terrenos montañosos, en sitios que es imposible muchas veces establecer una industria; pero hoy, gracias al transporte de energía por medio de la electricidad, podemos explotar estos saltos construyendo la fábrica en el sitio más conveniente.

Estos manantiales de energía son inmensos; basta fijarnos en la cantidad de agua que cae al año de la atmósfera y en la orografía de las naciones, para comprender los millones de caballos que puede proporcionarnos el agua de lluvia, desde que toca á la superficie de la tierra hasta que llega al mar. Sólo los grandes saltos del río Zambeze en Victoria, llegan á dar 35 millones de caballos. Los del Niágara son de unos 7 millones. En la actualidad se aprovecha una pequeñísima parte; saltos establecidos hay pocos; la mayor parte del agua se va, sin utilizarse, al mar durante las grandes avenidas de los ríos, y en muchos sitios sólo se emplea la energía durante algunas horas al día. Por esto se comprende el por qué de los trabajos de repoblación forestal que se efectúan en varias naciones, y la conversión de los pequeños lagos en depósitos de retención de agua, para normalizar las corrientes de los ríos. Para obtener estos depósitos ó reservas, ó se levantan las paredes del lago ó se baja la salida del agua, construyendo túneles de desagüe, como puede verse en los lagos Oredon, Caillaouas, Aumar, Aubert, Cap de Long y d'Oo.

Si bien en la actualidad en España la energía explotada de los ríos es poca en relación á la que se puede obtener, es ya considerable en sí, pues según datos del Conde de San Bernardo, la energía hidráulica que se explota en España es de 100.000 caballos hidráulicos, y fijándome en la última estadística eléctrica oficial, se dedican sólo para producir electricidad 37.400 caballos hidráulicos, sin contar las centrales en que se emplea agua y vapor, que en conjunto suman casi 24.000 caballos, los cuales en su mayoría serán desarrollados por agua (1). Según los estudios de Borchet, hace unos dos ó tres años que la energía aplicada

sólo á la industria electro-química era de 422.000 caballos, y de ellos 388 000 eran aprovechamiento de las fuerzas naturales.

El viento, á pesar de ser un gran manantial de energía, presenta la contra de tener una intensidad variable y, por lo tanto, no puede emplearse en la industria por exigir ésta una fuerza constante. Hoy, con la electricidad, es posible esta constancia, transformando en electricidad la energía desarrollada en un molino de viento ó en otro aparato. Ya no son resultados de laboratorio los que os puedo exponer, son hechos sancionados por la práctica, obtenidos en Cristianía. En Ascoo hay una central, la *Elektroteknisk Tideskoeft*, que si bien es pequeña, pues sólo es para 450 lámparas de incandescencia, es notable por utilizar los motores de viento para la obtención de la electricidad, y por haber ya funcionado durante un año de un modo satisfactorio, á pesar, según se dice, de luchar con los efectos de fuertes temporales.

Se han vencido las dificultades que presentaban las velocidades del motor. En esta Central se obtienen velocidades que no varían en exceso, sea cualquiera la fuerza del viento, usando un interceptor de máxima y mínima, que automáticamente inserta la dinamo en cuanto la tensión alcanza un valor conveniente, y la elimina del circuito cuando el viento tiene escasa velocidad. Además, el eje del motor de viento no está directamente unido al de la dinamo, sino que su correa obra sobre otro tercer eje auxiliar, que á su vez pone en movimiento el generador de electricidad. Este eje auxiliar no tiene dirección invariable, y puede bascular, arreglándose la tensión que sobre él ejerce la correa que viene del motor de viento, por medio de un contrapeso. Desde que la carga pasa de un máximo dado, la correa del motor resbala sobre la polea del eje auxiliar, y el molino puede marchar á cualquier velocidad, sin que el número de revoluciones de la dinamo, por minuto, exceda de determinado límite. La fábrica cuenta con una batería de acumuladores y de un pequeño motor de petróleo, para cuando hay una calma completa en la atmósfera.

El coste de esta fábrica fué de unas 26.000 pesetas, creyéndose que se obtendrá un beneficio de 3.400 aproximadamente. Buenos deben ser sus resultados, cuando se construyó una análoga en Vallekilde.

En la pequeña ciudad de Wiettkiel también hay un molino de viento eléctrico, aunque no sé si pertenece al sistema descripto. Su potencia es de 20 caballos, y á la velocidad de 11 vueltas por minuto acciona una dinamo, destinándose la corriente producida á la carga de acumuladores, y éstos se utilizan para el alumbrado de la población. Según M. Graffigny, la primera aplicación tuvo lugar cerca del faro de la Hève y la segunda cerca de Chicago.

El empleo de las mareas es antiguo; se regularizaba su efecto por medio de grandes estanques y empleando ruedas ó turbinas que, recibiendo más ó menos agua, desarrollaban igual fuerza, aunque variase la carga. Esto no satisfacía por completo en nuestros tiempos, pues además de la irregularidad de las mareas, exigía emplear la fuerza en determinados sitios, principalmente en donde las mareas son más intensas, y no era posible construir el estanque en buenas condiciones. Hoy, mediante la electricidad, puede explotarse su energía en cualquier sitio: las turbinas mueven las dinamos que producen electricidad, y ésta se conduce á donde se quiere por medio de hilos ó cables. En Inglaterra acaba de formarse una gran sociedad para obtener electricidad empleando las mareas.

Las olas son también un manantial de riqueza; pero hasta ahora, poco han conseguido los que han querido explotar su energía. Varios son los que se dedican á buscar los medios de su aprovechamiento y la electricidad les permite llegar á una resolución práctica de sus trabajos á pesar de la variabilidad de esta fuerza.

Los rayos solares que llegan á la tierra son una fuente de energía, que no dejará de explotarse en los países en que siempre brilla el sol y cuyos rayos, aproximándose más á la verti-

(1) Los motores de gas pobre se emplean con éxito en bastantes centrales eléctricas.

cal, calientan más. Para comprender su importancia, basta fijarnos en que parte del calor del sol que llega á la tierra eleva, evaporándola, el agua del mar y de los continentes, formando las nubes que se hallan á gran altura, agua que luego cae en forma de lluvia alimentando los ríos, y por consiguiente, los saltos allí establecidos.

El coronel Sr. de Cabanyes ha emprendido un camino distinto á los otros para estos aprovechamientos. Pone el aire en movimiento por medio del calor solar, y la corriente de aire que se obtiene hace girar una dinamo. La revista *La Energía Eléctrica* hace elogios de este procedimiento, y es de esperar que el nuevo camino emprendido por el Sr. de Cabanyes servirá para hallar, él ú otros, el medio práctico de utilizar la energía de los rayos solares transformándola en electricidad, y llevándola, por medio de cables, á las poblaciones ó puntos de consumo.

Con la electricidad hemos visto que es posible aprovechar cascadas y saltos de agua de algunos miles de caballos de energía, que se hallan en sitios muy montañosos ó en puntos de gran altitud, en los cuales casi no es posible edificar una fábrica, y por esta razón antes no podían utilizarse. En estos sitios basta un pequeño canal para tener muchos metros de salto, y por lo tanto, el coste del caballo vapor año sale á muy pocas pesetas.

Transformada esta energía en electricidad por medio de una dinamo, y luego transportada por medio de cables á sitio adecuado, es posible establecer fábricas de enorme producción con estos miles de caballos á bajo precio, y dar productos que compitan en baratura con los que obtiene la industria química. Esto hace que la industria electro-química vaya sustituyendo á la antigua industria.

II.—Exponiendo algunos datos estadísticos sobre la producción de las industrias electro-químicas, daremos á conocer el gran desarrollo que ya tiene en la actualidad.

Para formarse idea del gran número é importancia de las industrias á que ha dado origen la electricidad, basta fijarse en una estadística referente al año 1900, en la que se dice que se empleaba, sólo para las industrias electro-químicas, la enorme cifra de 422.000 caballos, de ellos 388.000 obtenidos de las fuerzas naturales.

La industria de la luz eléctrica va sustituyendo á la industria química del gas del alumbrado, y en muchos sitios ya es imposible fabricar gas porque resulta caro. La producción del fluido eléctrico es ya muy importante, y solamente en España, hace poco, existían 1.188 fábricas. Sólo las seis que posee en Berlín la Allgemeine Electricitäts Gesellschaft producen la enorme cifra de 33.120 kilovatios-hora.

En 1890, sólo las industrias *electro-químicas* y *electro-metalúrgicas* dieron productos por valor de 743 millones de francos. Entre éstos, hay el carburo de calcio, del que se obtuvieron 256.244 toneladas, por valor de 96.141.000 francos. En la electrolisis de los cloruros alcalinos se emplearon 92.400 caballos eléctricos. En 1898 la industria del aluminio dió 4.030 toneladas de metal, que valían unos 12 millones de francos. Para el clorato de potasa, sólo en Francia, se aplicaron 14.000 caballos; y la sosa, cloro y derivados 26.000.

Fábricas de industrias electro-químicas hay muchas en Europa. Existen varias de aluminio, alguna muy importante; de refinado de cobre, muchas, contándose entre éstas las de Alemania, Inglaterra, Austria é Italia; de estaño conocemos tres en Alemania y una en Inglaterra; de magnesio, una en Alemania; de zinc, dos en Inglaterra; de carburo de calcio hay muchísimas, hallándose algunas en España; de carborundum, dos; de oro, dos en Alemania; de sodio, varias; de sosa, cloro y derivados, 38 en las naciones de Europa; varias de clorato; dos de fósforo; una de albayalde en Alemania; y de oxígeno una en Italia y otra en Suiza. Supongo que habrá muchas más que no puedo citar.

Ante estos números hay que conceder que la transformación

de las industrias químicas por la electricidad no es una suposición para el porvenir, es ya un hecho real.

III.—Describiendo, aunque sea ligeramente, los nuevos procedimientos electro-químicos, daremos á conocer el estado actual de la industria electro-química.

Comprendo las industrias que obtienen un producto por medio de una reacción química y con la electricidad, en un solo grupo que llamo de industrias *electro-químicas*, tanto si se extrae del mineral como si se obtiene de otro cuerpo que no lo sea, pues en el estado actual de la industria eléctrica, se emplea alguna vez el mismo procedimiento, tanto si se usa el mineral, como si se echa mano de cuerpos artificiales; y dentro de una fábrica en que se produce un cuerpo extraído del mineral, se obtienen productos ó metales sacados de la reacción de cuerpos artificiales.

Las *industrias electro-químicas* se dividen en dos grandes subgrupos: 1.º *industrias electro-químicas por vía húmeda*; y 2.º *industrias electro-químicas por vía seca*. Veamos cómo puede dividirse cada subgrupo, fijándonos en el modo como obra la electricidad y en las reacciones que tienen lugar.

El primer subgrupo, se divide en cinco:

1.º *Descomposición de un líquido por el paso de una corriente*. Ejemplo: Industria del oxígeno y del hidrógeno.

2.º *Descomposición del cuerpo binario disuelto en el agua y que forma el electrolito que contiene la cuba*.—El metaloide, que es volátil, se desprende del ánodo, y el metal se deposita en el cátodo, y si éste es mercurio se le amalgama. En este último caso el metal se separa por destilación. Ejemplos: la fabricación del sodio.

3.º *Procedimientos varios de galvanoplastia*.—El electrolito contiene una sal ó cuerpo binario del metal que hay que depositar. En el cátodo hay ó lo forma el objeto que debe recubrirse de metal, y el ánodo lo constituyen láminas de este mismo metal.

4.º *Procedimientos parecidos á la galvanoplastia, para afinar ó depurar un metal, ó bien, extraer uno que se halla en la masa metálica que sale de un horno metalúrgico no eléctrico*. En este procedimiento, el ánodo lo forma este cuerpo metálico ó metal que se desea afinar, y en el cátodo se recoge el que se separa, siendo el electrolito una disolución de una sal del metal que se extrae y que no puede disolver el otro ú otros metales ó cuerpos que le acompañan. Pertenecen á este grupo el refinado del cobre; la extracción de la plata, de los plomos argentíferos; el oro, de las arcillas y rocas; la extracción del estaño, de los trozos de hojadelata, etc.

5.º Los que se fundan en la descomposición simultánea del agua y de la sal ó cuerpo binario que forma el electrolito. Algunos de los cuerpos que resultan de la descomposición, reaccionan entre sí, y forman nuevas combinaciones. Ejemplo: es la extracción del plomo de la galena, la obtención de los carbonatos alcalinos, de los cloratos, etc.

En todas las industrias electro-químicas por vía húmeda, debe emplearse corriente eléctrica llamada continua, siendo bajo su voltaje y grande el amperaje.

Antes de instalar una de estas industrias eléctricas por vía húmeda hay que conocer bien las leyes de Faraday y su complemento las de Becquerel, Thomson y Ostwald. Además es preciso fijarse en la intensidad y potencial de la corriente que se necesita. Con estos últimos datos ó con fórmulas especiales se deducirá la energía que debe emplear y por consiguiente la que debe desarrollarse en la máquina motriz.

En los procedimientos electro-químicos por vía húmeda, hemos visto que en unos sólo se verifica descomposición química, y en otros descomposición y composición. Esto nos dice, que el trabajo total no es el mismo en todos los casos, y por lo tanto, la conveniencia de fijarse en esta importantísima cuestión. Examinemos el primer caso, pero antes hay que fijarnos en el amperaje y voltaje que se necesita.

Para hallar el número de amperios que necesitamos hay que usar la fórmula

$$I = \frac{P \times 1000}{a} \quad \text{ó bien} \quad I = \frac{P \times 1000}{h \times e}$$

teniendo por supuesto el anodo y el catodo la superficie necesaria en cada caso, pues de lo contrario los resultados no serán los que den estas fórmulas. Es decir, hay que recordar las experiencias de M. Sprague expuestas por M. P. Juppon, en las que además se ve la diferente clase de producto obtenido, según sea la relación que existe entre la superficie de los electrodos y la intensidad de la corriente.

En estas últimas fórmulas, I es el número de amperios; P el peso del producto que debe obtenerse por hora, en kilos; a la cantidad en gramos del cuerpo que se desprende del electrolito, una corriente eléctrica de un amperio hora; h , la fracción en gramos de hidrógeno que se desprende en la electrolisis del agua con una corriente de un amperio-hora; y e el equivalente químico del cuerpo simple que se precipita ó se desprende.

La fuerza electro-motriz necesaria para las industrias electro-químicas es muy débil, pues sólo debe ser la necesaria para el trabajo de descomposición, y para el trabajo absorbido por la resistencia. Para hallar los voltios necesarios para el trabajo de la descomposición, hay que emplear la fórmula

$$E = 4.16 z w$$

en donde z es el equivalente electro-químico del cuerpo que se pone en libertad ó se desprende y w el número de calorías desarrolladas por un gramo del cuerpo simple, ó cuerpos que han puesto en libertad, para pasar otra vez al estado de combinación. Este valor w si no se halla ya calculado, se busca experimentalmente.

Para evaluar esta fuerza electro-motriz en función de los equivalentes, se tiene (1)

$$E = 0.0431 w e,$$

siendo e el equivalente del cuerpo desprendido y w el número de calorías (kilogramo grado) desprendido por la combinación de un equivalente químico del cuerpo que se considera.

Simplificando esta fórmula tendremos:

$$E = \frac{e w}{23}$$

Para hallar los voltios necesarios para vencer las resistencias que son: las que presenta el electrolito, conductores y dinamo, hay que proceder como para el cálculo de las resistencias en general.

Para convencernos del poco voltaje que debe tener la corriente para el trabajo de descomposición, nos fijaremos en uno de los diferentes casos, la electrolisis del cloruro de zinc.

Los voltios serán: $E = \frac{e w}{23}$, como $e w$ en este caso es 56.4 tendremos

$$E = \frac{56.4}{23} = 2.45 \text{ voltios.}$$

El trabajo de la descomposición química en kilogrametros segundos, lo da

$$w = \frac{I E t}{g}$$

y el trabajo absorbido en kilogrametros segundos por las resistencias

$$w' = \frac{I^2 R t}{g}$$

y el trabajo total se obtiene con la siguiente fórmula, suma de las dos anteriores,

$$W = \frac{I E t + I^2 R t}{g}$$

en donde

W es el trabajo total en kilogrametros,
 I intensidad de la corriente en amperios;
 E fuerza electro-motriz en voltios;
 R la resistencia total del circuito;
 w trabajo químico en kilogrametros;
 w' trabajo calórico en kilogrametros, y
 t tiempo durante el cual pasa la corriente.

Entre las resistencias del circuito hay una que es la del líquido. Esta resistencia la da la fórmula (1)

$$R = \frac{O \times D}{10.000 \times S}$$

en donde

R resistencia del líquido en ohms;
 O es la resistencia específica del líquido en ohms-centímetros;
 D distancia entre los electrodos en centímetros cuadrados; y
 S superficie inmersa de los electrodos en metros cuadrados.

No nos ocupamos de las resistencias de la dinamo, conductores, etc., porque ya son muy conocidas sus fórmulas.

EN EL ELECTROLITO HAY DESCOMPOSICIÓN Y COMBINACIÓN.—En este caso van comprendidos los procedimientos de los grupos 3.º y 4.º citados. En teoría, la energía necesaria es casi nula, sólo hay el gasto por el transporte de iones, pues el desarrollo de energía por efecto de la disolución del metal es igual a la necesaria para la precipitación del mismo metal. En la práctica hay que añadir la energía necesaria para vencer las resistencias de conductores, polarización, etc., que son relativamente pequeñas. Sobre el transporte de los iones conviene leer las obras de H. Lillard, Etard, Ostwald y Van T'Hoff.

Cuando varios metales existen en el electrolito en forma de sales ó los contiene el catodo, hay que recordar en el primer caso las experiencias de Kilcani sobre el orden de deposición de los metales, y en el segundo la clase de electrolito que ha de emplearse; éste debe disolver los metales que quieran extraerse del catodo, como veremos más adelante al ocuparnos del refinado de los metales.

Con los procedimientos electro-químicos por vía húmeda se obtienen industrialmente el hidrógeno, el oxígeno, el cloro, el bromo, el fluor, el cromo, el cobre como refinado, el plomo, la plata de los plomos argentíferos, el oro y la plata del cobre que los contiene aleados y se extrae el oro de las arcillas y de las rocas, y en general de las disoluciones de cianuros pobres procedentes de los residuos de las minas de oro. También se extrae el estaño de los trozos de hojadelata y se fabrica sosa y potasa cáustica, carbonato de sosa, hipocloritos y cloratos alcalinos, bromuros alcalinos, cromatos y bicromatos alcalinos, permanganato de potasa, albayalde y otros cuerpos. Asimismo se emplean estos procedimientos para la galvanoplastia, grabado, electrotipia, galvanotipia, etc.

PROCEDIMIENTOS INDUSTRIALES ELECTRO-QUÍMICOS POR VÍA SECA. Los divido en cuatro grupos:

1.º Lo forman los procedimientos en que se emplean hornos eléctricos sólo para producir grandes temperaturas. En ellos se verifican reacciones varias. Pertenecen a este grupo la industria del carburo de calcio, la de la extracción del hierro del mineral, la del aluminio, la del carborundum y la del fósforo.

La corriente eléctrica que se emplea debe ser alterna si atraviesa la masa, pero si se produce un arco a distancia y sin atravesar esta masa, puede ser continua. En ambos casos es de poco voltaje y mucho amperaje.

2.º Los procedimientos en que se adoptan hornos eléctricos

(1) Estas fórmulas aún están presentadas con las antiguas equivalencias químicas.

(1) Véase H. Fontaine—Electrolyse, pag. 23.

para dar temperatura, y se emplea al mismo tiempo la corriente para descomponer el baño electrolítico fundido. El anodo y catodo no toman parte directa en la reacción. Ejemplo: la obtención del sodio.

La corriente en este caso es la llamada continua, de poco voltaje y mucho amperaje. Los anodos y catodos acostumbran ser de carbón.

3.º Los procedimientos en que hay hornos eléctricos para licuar el electrolito y en los que mediante la electricidad tiene lugar la electrolisis. El anodo es de carbón, pero el catodo es metálico, que poco á poco se va aleando con el metal que se produce por electrolisis. Ejemplo: la industria del cobre-aluminio; la del sodio con aleación de sodio-plomo.

La corriente, como en el caso anterior, es continua, de poco voltaje y mucho amperaje.

4.º No se emplean hornos eléctricos y sí chispas eléctricas en atmósfera seca ó húmeda ó bien efluvios. Ejemplo: la producción industrial del ácido nítrico y del ozono (1). También por el paso de un cuerpo en estado gaseoso sobre un hilo de platino enrojecido por la electricidad, como sucede en la obtención industrial del hidrógeno por el acetileno.

El empleo de los hornos eléctricos proporciona á la metalurgia muchas ventajas. En primer lugar no se necesitan las grandes cantidades de carbón que antes se exigía, y por lo mismo no hace falta que se halle el mineral que se explota á poca distancia de una mina ó junto á un ferrocarril. El fluido que se necesita para alimentar el horno puede producirse con carbón ó con agua y va donde se quiere.

En segundo lugar, siendo muy económicos estos hornos empleando agua, pueden competir con los otros sistemas.

Su volumen es muy reducido, y como las operaciones son rápidas, y no exigen los aparatos gigantescos y costosos de antes, la producción puede ser relativamente grande y barata la instalación.

Con los hornos eléctricos se producen temperaturas elevadísimas y con rapidez, y, por lo tanto, es posible obtener reacciones y licuaciones que antes eran imposibles. Además, estas reacciones y licuaciones pueden verificarse en una atmósfera neutra ó desoxidante.

Con la electricidad pueden obtenerse temperaturas de 4.000 grados, ó sean unos 2.000 grados más que la de los grandes hornos.

Basta fijarse en la fórmula

$$C = \frac{786 c}{1.000} \times N \times M \times D \times T$$

para comprender las temperaturas que pueden obtenerse en los hornos eléctricos, dadas las reducidas dimensiones que poseen, con las grandes energías hidráulicas de que disponen las grandes fabricas de industrias electro-químicas.

En esta fórmula, C es el número de calorías por segundo que se produce con una energía de N caballos; c es el rendimiento calórico de un vatio por segundo; M , el efecto útil de la máquina motriz que mueve la dinamo; D , el efecto útil de la dinamo, y T , el de las transmisiones.

No os puedo leer, porque es muy larga, la descripción de los principales procedimientos industriales para obtener metaloides metales y sales, pero con todo lo expuesto creo haber probado que la influencia de la electricidad es tal sobre las industrias químicas y metalúrgicas, que las reforma por completo; y también he dado á conocer, aunque muy ligeramente, el estado actual de la nueva industria electro-química.

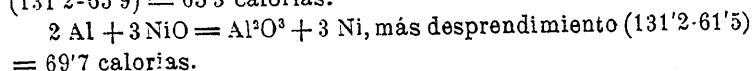
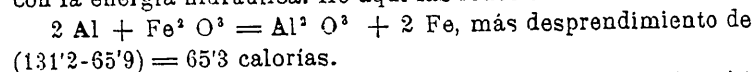
He abusado ya de vuestra paciencia, y por lo tanto debo concluir; pero antes me permitiréis que os diga algo sobre el porvenir de las industrias electro-químicas.

Hay dos cuerpos, el aluminio y el carburo de calcio, que vienen á dar un nuevo impulso á las industrias de la extracción de metales; me refiero á la *aluminotermia* y á la *carburotermia*.

El principio sobre el cual se basa la primera, método creado por el doctor Goldschmidt, reside esencialmente en la reducción de los óxidos metálicos por el aluminio, reducción que tiene lugar en condiciones particulares y viene á ser como la sustitución del metal del óxido por el aluminio. Sólo se exige que el calor de combustión de aquél sea menor que el de éste.

M. Matignon ha publicado una tabla de las calorías de combustión de 29 cuerpos simples, hallándose el aluminio en el quinto sitio de mayor á menor, y, por lo tanto, puede desalojar casi todos los metales usuales de sus óxidos.

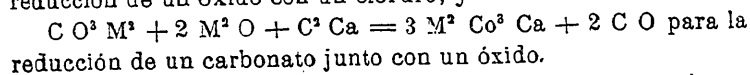
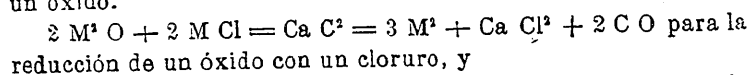
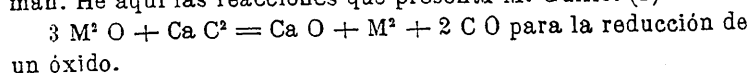
La *aluminotermia* nos hace prever la fácil reducción en los hornos eléctricos de los óxidos de hierro y de níquel obtenidos con la energía hidráulica. He aquí las reacciones:



No puedo ocuparme en las operaciones que son necesarias; sólo os diré que los metales obtenidos por este procedimiento salen muy puros, y que M. Goldschmidt en Essen-sur-Rhur y la *Société d'électrochimie* en Saint Michel-de-Maurienne (Alta Saboya) preparan industrialmente el cromo y el manganeso, cuyo precio de venta permite el empleo del aluminio.

Desprendiéndose calor en la aluminotermia, como os he manifestado, podrá emplearse en la soldadura de los tubos y de los rails.

El carburo de calcio es un gran reductor del porvenir; este procedimiento fué estudiado por MM. Warren, Fröhlich y Neuman. He aquí las reacciones que presenta M. Guillet (1):



Como aplicación industrial del carburo de calcio, mencionaremos la reducción de la malaquita y de una mezcla de sulfato de cobre y óxido de cobre. No citaré los resultados obtenidos por Goelmuyden en el horno eléctrico, con una mezcla de carburo de calcio, pirita de cobre ó de hierro, ó con galena ó con estibina, porque son operaciones de laboratorio y por lo tanto, que yo sepa, aún no es procedimiento industrial, hecho en gran escala y que haya obtenido la sanción del tiempo.

Creemos que el porvenir de la industria electro-química en el Norte de España, es grande. Tenemos en la vertiente española de los Pirineos, ricos depósitos de mineral entre grandes energías hidráulicas. Sólo faltan caminos para sacar de allí los metales obtenidos, pues la energía eléctrica puede conducirse á las minas y á donde deben instalarse los hornos; al mismo tiempo falta regularizar el estiaje de aquellos ríos. Este último se obtendrá, repoblando de árboles los Pirineos, convirtiendo los muchos lagos que hay en aquella larga cordillera, transformándolos, en depósitos ó reservas de agua, levantando sus paredes cuando no cuestas mucho, ó rebajando la salida del agua por medio de túneles, para poderlos vaciar en parte en la época de pequeño estiaje, ó empleando los dos procedimientos á la vez.

Dios ha dado á España grandes riquezas que no sabemos aprovechar. Ya que la electricidad nos facilita tanto su explotación, salgamos de nuestro letargo, y en vez de tener depositados millones en metálico, sin producir nada, en las arcas de los Bancos, empleémoslos en parte, en la instalación de estas industrias electro-químicas; así enriqueceremos á nuestra patria y contribuiremos á que sea grande como lo fué en otros siglos.

(1) Se obtiene principalmente con los efluvios eléctricos.

(1) Las reacciones están escritas según la antigua escritura y clasificación.