

Señor

SUPERINTENDENTE DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES

E. \_\_\_\_\_ S. \_\_\_\_\_ D. \_\_\_\_\_

Trámite: 11

Evento: 378

Actuación: 444

Re: PI.- **CARDENAS ARBIETO, FRANCISCO JAVIER.**-Solicitud de Patente de Invención en Fase Nacional PCT para “**PROCESO PARA EXTRAER METALES A PARTIR DE LOS CONCENTRADOS DE MINERALES SULFURADOS QUE LOS CONTIENEN APLICANDO REDUCCIÓN DIRECTA CON REGENERACIÓN Y RECICLAJE DEL AGENTE REDUCTOR HIERRO Y DEL FUNDENTE CARBONATO DE SODIO**”.-Clase **C22 B 5/02**.-Expediente número **NC2017/0004902**.-

1. Me refiero al auto dictado por ese Despacho mediante notificación en línea de Mayo 26 de 2017.

2. Con el fin de dar respuesta al Oficio N° **7768** emitido por la División de Nuevas Creaciones, a continuación me permito presentar los siguientes comentarios en relación con los requerimientos y objeciones formulados por ese Despacho:

3. **REINVINDICACIONES.**

3.1. **Modificaciones al Capítulo Reivindicatorio.**

Ahora bien, me permito manifestar que es deseo del solicitante presentar un **capítulo reivindicatorio modificado**, que reemplaza al actualmente presentado, con el propósito de superar las objeciones presentadas por ese Despacho.

En conexión con el mencionado **capítulo reivindicatorio modificado**, me permito resaltar que éste no constituye de ninguna manera una ampliación al alcance de la solicitud tal como fue originalmente presentada, toda vez que define claramente el objeto de la presente invención de acuerdo con las enseñanzas del capítulo descriptivo. Dichas modificaciones se exponen a continuación:

- ✓ **Nueva reivindicaciones 1 a 6:** corresponden respectivamente a las reivindicaciones 1 a 6 originalmente presentadas, en las cuales se ha evitado utilizar los términos y expresiones objetadas por el examinador, así mismo, se

utilizan ahora verbos en infinitivo para definir las etapas del procedimiento reivindicado.

- ✓ **Nueva reivindicación 7:** tiene como base las reivindicaciones 7 a 12 originalmente presentadas, en donde, con la finalidad de brindar claridad al alcance de la materia reivindicada, se incluyen las equivalencias estequiométricas, como expresamente han sido referidas en las mismas reivindicaciones y en la memoria descriptiva, las cuales corresponden a una representación simbólica de la invención y permiten brindar claridad al alcance de la materia reclamada.

De acuerdo a lo anterior, me permito señalar que las **reivindicaciones 8 a 12** del Capítulo Reivindicatorio actualmente presentado fueron **eliminadas** del documento modificado.

De esta forma, **el capítulo reivindicatorio modificado queda constituido por 7 reivindicaciones**, las cuales se refieren de manera más clara y concisa a las características técnicas esenciales del objeto de la presente solicitud, y que cuenta con pleno sustento en las enseñanzas de la descripción.

#### 4. **PAGO DE TASAS.**

El señor Examinador señala la necesidad de que se pague la tasa establecida por cada reivindicación adicional presentada. En respuesta a lo anterior, me permito resaltar que el nuevo capítulo reivindicatorio cuenta con 7 reivindicaciones; en consecuencia, no es necesario pagar ninguna tasa adicional por número de reivindicaciones.

#### 5. **MATERIA NO PATENTABLE**

El examinador señala que las reivindicaciones 7 a 10 no se consideran una invención de acuerdo con el Artículo 15 D486, toda vez que el examinador considera que hacen referencia a modelos matemáticos.

Frente a tal afirmación, me permito resaltar que, con la finalidad de brindar claridad al alcance de la materia reivindicada, las nuevas reivindicaciones incluyen **equivalencias estequiométricas**, como expresamente han sido referidas en la memoria descriptiva, las cuales corresponden a una representación simbólica de la invención y permiten brindar claridad al alcance de la materia reclamada. **Para un experto en la materia son absolutamente conocidas y comprendidas**

De esta manera, me permito llamar la atención del examinador al hecho que en el nuevo pliego de reivindicaciones, **las reivindicaciones 7 a 10 originalmente presentadas, así como las reivindicaciones 11 y 12 que no fueron analizadas por**

**el examinador, conforman la nueva reivindicación 7** que incluye las equivalencias estequiométricas.

Adicionalmente, me permito indicar que la materia objeto del capítulo reivindicatorio adjunto de ninguna manera corresponde a un métodos matemáticos, ya que en este caso no se están reclamando ecuaciones matemáticas *per se*, sino como parte de un proceso que incluye etapas específicas, las cuales permiten brindar claridad al alcance de la materia reclamada.

Finalmente, me permito resaltar que el nuevo capítulo reivindicatorio corresponde a materia patentable de acuerdo a lo estipulado por en la Decisión Andina 486 de 2000, y por lo tanto solicito cordialmente que la anterior objeción sea retirada.

## 6. **CLARIDAD Y CONCISIÓN DEL CAPITULO REIVINDICATORIO**

Frente a las objeciones de claridad y concisión planteadas por ese Despacho, el señor Examinador menciona lo siguiente:

- *"La reivindicación 1 y 4 no es clara porque presentan términos generales tales como: "metal o metales a extraerse" (Reiv. 1), "escorias" (Reiv. 1, ), "efluente líquidos y gaseosos", "procesos involucrados", "minerales sulfuro ferrosos y/o no ferrosos", "reactor", "proceso de extracción del metal no ferroso por reducción directa" (Reiv.1), "procesamiento de solución filtrada de sulfuro de sodio" (Reiv. 4) los cuales aunque corresponden a términos conocidos, abarcan una extensa gama de posibilidades, de tal manera que sugieren de forma imprecisa que la protección se extiende a otras posibles variaciones o modificaciones"*

Respecto a la mencionada objeción, me permito llamar la atención al examinador sobre las modificaciones realizadas en el nuevo pliego reivindicatorio, en donde se ha evitado utilizar los términos y expresiones objetadas por el examinador y en su lugar se han definido manera precisa las características esenciales del proceso, teniendo en cuenta la divulgación inicial presentada en el capítulo descriptivo. Por tanto, amablemente solicito dicha objeción sea dada por superada.

- *"En la reivindicación 1 la expresión "donde se funden los concentrados minerales ferrosos y/o no ferrosos (...)", corresponden a características funcionales, las cuales aunque explican la relación que hay entre diversas características estructurales y pueden estar incluidas en las reivindicaciones, no definen la invención; de tal manera no se tiene en cuenta para el estudio de patentabilidad".*

Respecto a dicha objeción, me permito señalar que en el nuevo capítulo se ha evitado utilizar la expresión objetada por el examinador y en su lugar se ha definido

manera precisa, como una etapa plenamente descrita y sustentada. Por tanto, amablemente solicito dicha objeción sea retirada.

- *"Las reivindicaciones hacen referencia a resultados a obtener o efectos como lo son: "resultando como productos el metal o metales extraídos fundidos o (...)", "con el fin de obtener dos productos intermedios, el óxido ferroso sólido y una solución filtrada de sulfuro de sodio", "obteniéndose el carbonato de sodio regenerado y como productos intermedios el gas sulfhídrico y agua", "a fin de que reacciones con el óxido de hierro hidratado para la obtención de sulfuro férrico (...)", "con el fin de obtener pellets de óxido ferroso resistentes (...)", "obteniéndose como producto el hierro metálico para su reciclaje al horno de concentrados (...)" (Reiv. 1), "resultantes para su conversión de cristales de carbonato de sodio", "con el fin de hacerlo reaccionar en un reactor sólido/gas con cristales de óxido hierro hidratado", "la con el fin de regenerar el óxido de hierro hidratado para su reciclaje y, a la vez, producir azufre elemental y agua" (Reiv. 4), "teniendo en cuenta resultado la extracción del hierro metálico a partir de las escorias generadas y conformadas por óxido ferroso y sulfuro de sodio, con regeneración y reciclaje de los referidos insumos metalúrgicos" (Reiv. 6) lo cual no es permitido para caracterizar la invención, ya que incluiría no sólo la solución propuesta por el solicitante sino todas las alternativas presentes o futuras que lleguen a ese resultado."*

Respecto a dicha objeción, en primer lugar me permito señalar que en el nuevo capítulo reivindicatorio se ha evitado utilizar los términos y expresiones objetadas por el examinador y en su lugar se han definido manera precisa las mencionadas expresiones, las cuales fueron modificadas incluyendo los verbos en infinitivo, de manera que describen de manera más clara las operaciones unitarias de cada etapa del proceso. En segundo lugar, me permito señalar que dichas expresiones no deben considerarse poco claras toda vez que delimitan el alcance del proceso reclamado, y permiten que la persona normalmente versada en la materia comprenda la solución proporcionada por esta invención. Por tanto, considero que dicha objeción puede darse por superada.

- *"Se sugiere emplear verbos en infinitivo cuando se definen las etapas o pasos del proceso; por ejemplo, reemplazar expresiones como "Extracción", "disolución", "regeneración", "eliminación", "sinterización", "generación", "filtrado", "aglomeración", "reducción", "procesamiento", "aireación" por extraer, disolver, regenerar, eliminar, sinterizar, generar, filtrar, aglomerar, reducir, airear procesar respectivamente"*

Me permito señalar al examinador que el nuevo capítulo reivindicatorio fue modificado para incluir los verbos que definen cada etapa en infinitivo. Por tanto, considero que dicha objeción puede darse por superada.

- *"La reivindicaciones 1 a 6 tienen por objeto un procedimiento, sin embargo se encuentra mal definidas, ya que aunque muestran la secuencia de etapas técnicas no enseñan las etapas técnicas con sus condiciones técnicas (temperaturas, flujos, presiones, etc.). Se recomienda reescribir de forma clara una secuencia de pasos acorde a lo encontrado a la descripción, sin ampliar el alcance de la invención acorde a la publicación internacional, además de recordar que los resultados a obtener no se consideran características técnicas de la invención."*

Me permito llamar la atención del examinador al nuevo capítulo reivindicatorio, en donde se han incluido las condiciones fisicoquímicas necesarias para cada etapa del proceso reclamado, definiendo, por ejemplo, las temperaturas y condiciones atmosféricas necesarias en las etapas que lo requerían. Por tanto, amablemente solicito a su Despacho dar por superada dicha objeción.

- *"El capítulo reivindicatorio no es conciso porque contiene un excesivo número de reivindicaciones independientes, lo cual hace difícil definir cuál es el objeto que se busca proteger."*

Respecto a dicha objeción, me permito manifestar el nuevo pliego cuenta con 7 reivindicaciones, que subsanan la observación del examinador referida a la falta de concisión. Así mismo, me permito señalar que el capítulo reivindicatorio modificado comprende un único concepto inventivo y cada reivindicación corresponde a una modalidad específica con pleno sustento en el capítulo descriptivo.

7. Anexo al presente memorial, me permito presentar los siguientes documentos:
  - Copia de las páginas **32 a 41** que corresponden al nuevo capítulo reivindicatorio, el cual está conformado por **7 reivindicaciones** y que reemplaza al documento presentado originalmente ante ese Despacho.
8. Ruego a usted tomar atenta nota de lo anterior y proceder de conformidad.
9. Mi dirección es Calle 72 No. 5-83, Piso 6º, Bogotá D.C., Colombia.

Señor Superintendente,



ALICIA LLORED A RICAURTE

T.P. 53.215

Direcciones para Notificación: [notificacionesip@lloredacamacho.com](mailto:notificacionesip@lloredacamacho.com)

[notificacionespatentes@lloredacamacho.com](mailto:notificacionespatentes@lloredacamacho.com)

### **REVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para la extracción de metales a partir de los minerales sulfurados que los contienen, con o sin hierro asociado, CARACTERIZADO POR reducir de forma directa el metal o metales a extraerse, como plomo, cobre, zinc, plata, molibdeno, manganeso, antimonio, arsénico y otros asociados al azufre mineralógicamente, proceso en el que subsecuentemente se regenerará y reciclará el agente reductor hierro y el fundente carbonato de sodio a partir tanto de las escorias conformada por óxido ferroso, sulfuro de sodio, entre otros compuestos químicos que los acompañan en menor cantidad, así como del efluente líquido sulfuro de sodio, y de la emisión gaseosa anhídrido carbónico, derivados todos estos de los procesos de extracción de metal y disolución parcial de la escoria, en donde el referido procedimiento presenta las siguientes etapas a seguir:
  - fundir en el horno de fundición los concentrados de minerales sulfurados ferrosos, como calcopirita, arsenopirita, pirita y pirrotita entre otros similares, y/o no ferrosos como galena, esfalerita, estibina y acantita, entre otros sulfuros no ferrosos similares, que contienen al metal a extraerse, con o sin hierro asociado y, con oro y plata como inclusión en determinados casos, en donde el agente reductor de los metales no ferrosos es el hierro y el fundente es el carbonato de sodio, hasta obtener el metal o los metales fundidos o en estado pulverulento, una escoria controlada, fluida y conformada principalmente por óxido ferroso y sulfuro de sodio, y emisiones gaseosas de dióxido de carbono;
  - disolver por disolución selectiva con agua el componente sulfuro de sodio contenido en la escoria, para luego filtrarlos residuos hasta obtener a presión y temperatura ambiente dos productos intermedios, residuos sólidos conformados por óxido ferroso sólido y una solución filtrada de sulfuro de sodio;

- regenerar el carbonato de sodio; en donde a presión atmosférica y a temperatura ambiente, se procede a mezclar la solución filtrada de sulfuro de sodio con una solución sobresaturada de carbonato de sodio en un reactor, insuflándosele a la referida mezcla el efluente gaseoso dióxido de carbono, captado y reciclado de la extracción del metal o metales como plomo, plata, cobre, zinc, molibdeno, manganeso, molibdenita u otros asociados originalmente al azufre, esto es hasta obtener la sal carbonato de sodio hidratada; luego esperar hasta su cristalización; posteriormente, proceder a calentar el producto y esperar a que se deshidrate, hasta obtener un carbonato de sodio regenerado y como productos intermedios el gas sulfhídrico y agua.
- eliminar el gas sulfhídrico y obtener el azufre elemental, mediante la captación y conducción del efluente gaseoso ácido sulfhídrico a un reactor, en donde a presión y temperatura ambiente, se le hace reaccionar con los cristales de óxido de hierro hidratado dispuestos en lecho fijo, hasta obtener sulfuro férrico más agua; luego, cuando se encuentre el primer producto en punto de saturación se procede a airear estos hasta que se obtenga azufre elemental, agua y óxido de hierro hidratado regenerado;
- sinterizar el óxido ferroso mediante la aglomeración con un ligante de los residuos sólidos obtenidos por filtración después de haber disuelto parcialmente la escoria; posteriormente calentar el producto resultante, a presión atmosférica y a una temperatura entre 1100 y 1300°C , hasta obtener pellets de óxido ferroso resistentes a la compresión;
- generar los gases reductores monóxido de carbono e hidrógeno en un horno de combustión, a presión atmosférica y a una temperatura entre 900 y 1000°C, en donde el combustible es carbón o coque metalúrgico o gas natural, y al que se le insufla aire y vapor de agua, conjuntamente con los gases reciclados dióxido de carbono residual y monóxido de carbono remanente, los cuales se captan del horno de reducción en el que se regenera el agente reductor hierro;

- regenerar el agente reductor hierro, esto es, obtener hierro metálico, donde se ha procedido a reducir el referido metal contenido en los pellets de óxido ferroso, esto es a una temperatura entre 750 y 950°C, los mismos que previamente fueron dispuestos en un reactor de lecho fijo, en el cual estos reaccionan con los gases reductores, monóxido de carbono e hidrógeno, generados en el horno de combustión.
2. Un método para la extracción de metales comunes y preciosos a partir de los minerales sulfurados ferrosos y/o no ferrosos que los contienen, CARACTERIZADO POR la fundición de estos en su forma de concentrado del metal o metales a extraerse, tales como, sin limitarse a, plomo, plata, zinc, cobre, molibdeno, antimonio, arsénico, incluyendo oro o plata, o ambos a la vez, si estos estuviesen contenidos como inclusiones en minerales tal como pirita, arsenopirita, calcopirita; en donde el hierro actúa como agente reductor y el carbonato de sodio como fundente; hasta obtener como productos el metal o los metales, fundidos o en estado sólido pulverulento, una escoria controlada, fluida y conformada por óxido ferroso y sulfuro de sodio, y emisiones gaseosas de dióxido de carbono.
3. Un procedimiento para la obtención del hierro metálico a partir del procesamiento de las escorias conformadas por óxido ferroso y sulfuro de sodio, caracterizado por:
- disolver con agua el sulfuro de sodio;
  - filtrar y separar el residuo sólido óxido ferroso;
  - aglomerar y luego sinterizar el óxido ferroso hasta formar pellets de este compuesto;
  - generar en un horno de combustión, o adquirirlos para su uso, los gases reductores monóxido de carbono y/o hidrógeno a partir del carbón o coque metalúrgico o gas natural, conjuntamente con oxígeno, vapor de agua y/o dióxido de carbono;

- reducir el hierro contenido en los pellets de óxido ferroso, en donde actúan como agentes reductores los gases monóxido de carbono y/o hidrógeno.
4. Un procedimiento para obtener carbonato de sodio a partir del gas dióxido de carbono y de escorias de fundición conformadas por los compuestos óxido ferroso y sulfuro de sodio, CARACTERIZADO POR:
- disolver con agua el sulfuro de sodio;
  - filtrar y luego separar la solución resultante de la disolución del sulfuro de sodio con agua;
  - hacer reaccionar la solución filtrada de sulfuro de sodio con el gas dióxido de carbono y una solución sobresaturada de carbonato de sodio;
  - filtrar y calentar los cristales de bicarbonato de sodio a presión atmosférica y a una temperatura de evaporación del agua hasta convertirlos en cristales de carbonato de sodio, previa deshidratación total;
  - extraer y conducir el gas sulfuro de hidrógeno, generado en la reacción de la solución filtrada de sulfuro de sodio con el gas anhídrido carbónico, hasta un reactor de lecho fijo, en donde se le hace reaccionar con cristales de óxido de hierro hidratado, a presión atmosférica y a temperatura ambiente; hasta obtener cristales de sulfuro férrico y agua;
  - airear los cristales de sulfuro férrico y agua a presión atmosférica y a temperatura ambiente hasta regenerar el óxido de hierro hidratado y, a la vez, producir azufre elemental y agua.
5. Un método según la reivindicación 2, para la extracción del oro, contenido como inclusión en los minerales sulfurados de hierro, y de la plata, contenida en sus minerales sulfurados, CARACTERIZADO POR la fundición de los concentrados de los referidos minerales tales como, sin limitarse a, arsenopirita, pirita, marcasita, pirrotita, calcopirita, argentita o acantita, en donde el carbonato de sodio actúa como fundente, y el hierro lo hace como agente reductor en los casos que corresponda y, como agregado adicional,

conjuntamente con los reactantes, plomo metálico, captador y portador del oro y la plata en el producto final.

6. Un proceso para la extracción de hierro metálico a partir de los concentrados de minerales sulfurados de hierro tales como, sin limitarse a, los monosulfurospirrotita y arsenopirita, los bisulfuros marcasita y pirita, CARACTERIZADO POR fundirlos concentrados, conjuntamente con el carbonato de sodio que actúa como fundente y el hierro que actúa como agente reductor, incluido el hierro adicional que se agrega en los casos que corresponda, realiza presión atmosférica y una temperatura entre 850 y 1050 °C, hasta que se generen reacciones químicas que proceden termodinámicamente debido a la energía libre negativa que se da en esas condiciones, con lo que posteriormente se procede a extraer hierro metálico a partir de las escorias generadas y principalmente conformadas por óxido ferroso y sulfuro de sodio; que tiene las siguientes etapas a seguir:
  - fundir los concentrados de minerales sulfurados de hierro en las condiciones antes indicadas;
  - disolver con agua el sulfuro de sodio componente de la escoria;
  - filtrar los productos de la disolución parcial de la escoria, hasta separar de la solución filtrada los residuos sólidos que incluyen principalmente al óxido ferroso;
  - aglomerar y luego sinterizar el óxido ferroso hasta formar pellets de este compuesto a una temperatura entre 1100 y 1300°C;
  - generar, o adquirir los gases reductores monóxido de carbono e hidrógeno, los cuales se obtienen en un horno de combustión a partir de la reacción del carbón o coque metalúrgico o gas natural con el oxígeno del aire caliente que es insuflado al reactor conjuntamente con vapor de agua y/o dióxido de carbono, estos a presión atmosférica y a una temperatura entre 900 y 1000°C;

- reducir el hierro contenido en los pellets de óxido ferroso, a una temperatura entre 750 y 950°C, actuando como agentes reductores los gases monóxido de carbono y/o hidrógeno.
7. Un procedimiento para la reducción directa de metales a partir de los concentrados de minerales sulfurados ferrosos y no ferrosos que los contienen según la reivindicación 1, CARACTERIZADO POR controlar la composición de la escoria, que hace posible la regeneración y reciclaje del agente reductor y del fundente, mediante la determinación de las cantidades necesarias de hierro, como agente reductor, y de carbonato de sodio, como fundente, requeridas para el proceso a través de la siguiente reacción general:

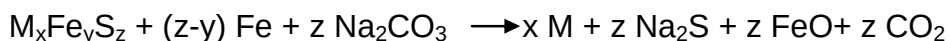
Para minerales sulfurados no ferrosos de un solo metal:



donde:

- M es el metal no ferroso a extraerse tal como, sin limitarse a, plomo, plata, zinc, cobre, molibdeno, antimonio.
- $M_xS_y$  es la fórmula química establecida para el mineral sulfurado al que se le va extraer el metal M.
- x e y indican los números de átomos del metal M a extraerse y del azufre, respectivamente, que existen en  $M_xS_y$ , de cuyos valores dependen los coeficientes estequiométricos de los demás reactantes y de los productos que se obtienen en el proceso;

Para minerales sulfurados ferrosos de un solo metal:

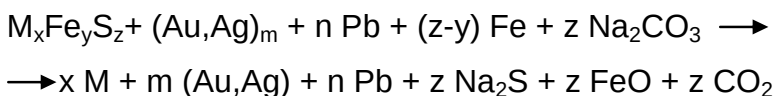


Dónde:

- M es el metal no ferroso a extraerse tal como, sin limitarse a, cobre, arsénico, plomo, zinc.

- $M_xFe_yS_z$  es la fórmula química establecida para el mineral sulfurado ferroso al que se le va extraer el metal M.
- x, y, z indican los números de átomos del metal M a extraerse, del hierro y del azufre respectivamente, existentes en  $M_xFe_yS_z$ , de cuyos valores dependen los coeficientes estequiométricos de los demás reactantes y de los productos que se obtienen en el proceso.

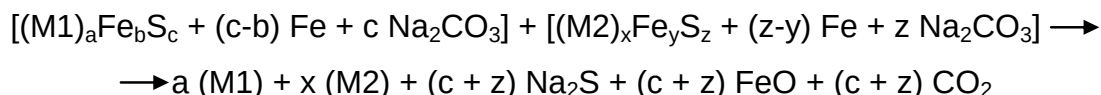
Para minerales sulfurados de un solo metal, ferrosos y/o no ferrosos, con Oro y/o Plata:



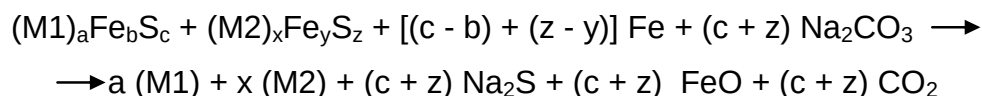
donde:

- M es el metal no ferroso a extraerse tal como, sin limitarse a, cobre, arsénico, plomo, zinc.
- $M_xFe_yS_z$  es la fórmula química establecida para el mineral sulfurado ferroso y no ferroso (para y = 0) al que se le va extraer el metal M y los metales preciosos que se presentan asociados.
- x, y, z indican los números de átomos del metal M a extraerse, del hierro y del azufre respectivamente, existentes en  $M_xFe_yS_z$ , de cuyos valores dependen los coeficientes estequiométricos de los demás reactantes y de los productos que se obtienen en el proceso.
- $(Au,Ag)_m$  representan la inclusiones de Oro (Au), Plata (Ag) y Electrum (Au/Ag) que en un número "m" se presentan dentro de la matriz del mineral  $M_xFe_yS_z$ .
- Pb representa el metal Plomo que en la cantidad "n" se agrega conjuntamente con los reactantes para los efectos de ser el portador final del Oro y la Plata.

Para combinaciones de varios minerales sulfurados de un solo metal, ferrosos y/o no ferrosos:



que expresado de otra forma es igual a:



donde:

- M1 y M2 son los metales no ferrosos a extraerse tales como, sin limitarse a, cobre, arsénico.
- $(M1)_aFe_bS_c$  y  $(M2)_xFe_yS_z$  son las fórmulas químicas establecidas para los minerales sulfurados, ferrosos y/o no ferrosos (para  $y = 0$ ), a los que se le va extraer los metales no ferrosos M1 y M2.
- los subíndices a, b, c así como x, y, z indican los números de átomos con los que intervienen tanto los metales M1 y M2 como el Hierro y el Azufre existentes en  $(M1)_aFe_bS_c$  y  $(M2)_xFe_yS_z$  respectivamente, de cuyos valores dependen los valores de los coeficientes estequiométricos de los demás reactantes (agente reductor y fundente) y de los productos que se obtienen en el proceso (metales fundidos, escoria y efluente gaseoso);

Para minerales sulfurados bimetálicos ferrosos y/o no ferrosos:

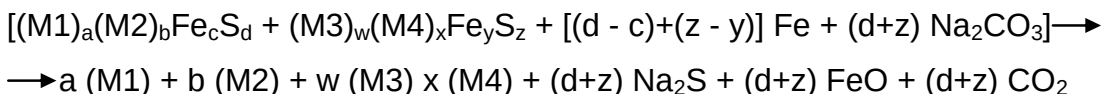


donde:

- M1 y M2 son los metales no ferrosos a extraerse tales como, sin limitarse a, antimonio, zinc, cobre, plata, arsénico, cobalto.
- $(M1)_a(M2)_bFe_yS_z$  es la fórmula química establecida para el mineral sulfurado ferroso y/o no ferroso (para  $y = 0$ ) al que se le va extraer los metales no ferrosos M1 y M2.
- los subíndices a, b así como y, z indican los números de átomos con los que intervienen tanto los metales M1 y M2 como el Hierro y el Azufre,

respectivamente, existentes en  $(M1)_a(M2)_bFe_yS_z$ , de cuyos valores dependen los coeficientes estequiométricos de los demás reactantes (agente reductor y fundente) y de los productos que se obtienen en el proceso (metales fundidos, escoria y efluente gaseoso);

Para combinaciones de minerales sulfurados bimetalicos, ferrosos y no ferrosos:



donde:

- M1, M2, M3 y M4 son los metales no ferrosos a extraerse tales como, sin limitarse a, antimonio, zinc, cobre, plata, arsénico, cobalto.
- $(M1)_a(M2)_bFe_cS_d$  y  $(M3)_w(M4)_xFe_yS_z$  son las fórmulas químicas establecidas para minerales sulfurados ferrosos y no ferrosos a los que se les va extraer los metales no ferrosos M1, M2, M3 y M4.
- Los subíndices a, b, c, d así como w, x, y, z indican los números de átomos con los que intervienen tanto los metales M1, M2, M3 y M4 como el Hierro y el Azufre, respectivamente, existentes en  $(M1)_a(M2)_bFe_cS_d$  y  $(M3)_w(M4)_xFe_yS_z$ , de cuyos valores dependen los coeficientes estequiométricos de los demás reactantes (agente reductor y fundente) y de los productos que se obtienen en el proceso (metales fundidos, escoria y efluente gaseoso);

las formulaciones estequiométricas tienen validez incluso cuando se presentan alguno o todos de los siguientes casos:

- cuando las fórmulas químicas de los minerales sulfurados bimetalicos contienen un metal no ferroso en común; es decir, cuando (M1, M2) es igual en parte a (M3, M4);

- cuando en la combinación de los minerales sulfurados bimetálicos, uno de los minerales sulfurados es de tipo ferroso y el otro mineral sulfurado es de tipo no ferroso;

la presencia simultánea de ambos casos presentaría la siguiente formulación estequiométrica, donde  $M4=M2$ , e  $y=0$ :

