

55 #5 Jun '53 A-9-39

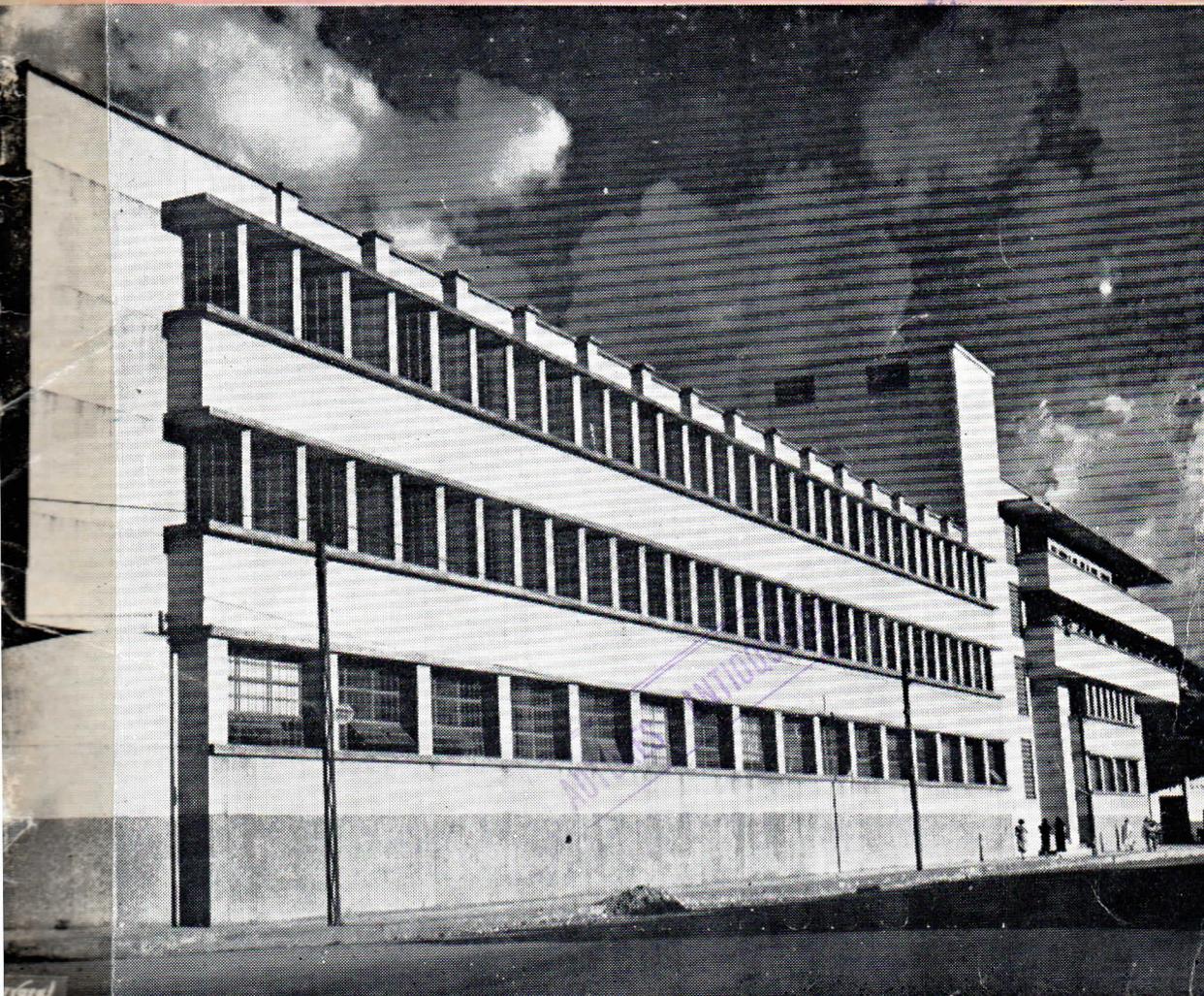
Ingeniería Química

Revista Técnica e Industrial

Volumen 5

Sala de
AUTORES ANTIQUENOS
Biblioteca General
U. de A.

Número 5



Fachada de la FACULTAD DE MEDICINA
— Universidad de Antioquia —

Medellin - Colombia

Junio de 1953

SUMARIO:

Nota editorial	99
Higiene Industrial	102
Química	105
Universitarias	110
Geología	113
Economía	116
Industria Siderúrgica	117
Informativo Usis	123
Metalurgia	124



INDICE DE PUBLICIDAD:

Droguerías Aliadas	Segunda Portada interior
Cemento Argos, S. A.	Tercera Portada interior
Maquinas INCA	Contraportada
Fotolab	98
Esso	101
Fondo acumulativo	109
Fabricato — Dril Naval	112
J. Finnin & Cía. Ltda.	122
Tubos de Cemento Duralita	122
Inquinal Limitada	128

INGENIERIA QUIMICA

Organo del Centro de Estudiantes al servicio de la Escuela
de Ingeniería Química de la Universidad de Antioquia.

Dirección:
WILLIAM R. FADUL

Representantes en Bogotá:
SOCNAREL

Distribución:
GERMAN CARO S.

Apartado:
Universidad de Antioquia.
Tel. 177-10

Av. Jiménez N° 5-30 - Oficina 609
Tel. 28-047

Publicidad:
HUGO GUERRERO L.

AÑO VI — Medellín, Junio de 1953 — VOLUMEN V — NUMERO 5

Tarifa postal reducida. — Licencia N° 1718 del Ministerio de Correos y Telégrafos.

Impreso en la EDITORIAL BEDOUT. — Medellín.

La Dirección no asume responsabilidad por los conceptos emitidos por sus colaboradores.

NOTA EDITORIAL

Sala de
AUTORES ANTIQUEÑOS
Biblioteca General
U. de A.

POR UNA ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIEROS QUIMICOS

Existe en Colombia y con seguridad en la mayor parte de nuestros países hermanos de Latino-América, una apreciación errada con respecto a la mayoría de las profesiones jóvenes que en estos países sólo empezaron a nombrarse desde hace una o dos décadas atrás.

En este grupo y como caso tipo se encuentra la Ingeniería Química. Muchas personas de una cultura avanzada en nuestro ambiente, al oír el nombre Ingeniero Químico, se suponen del profesional en cuestión un Ingeniero civil, de Minas o de Petróleos. Los otros, la gran mayoría por cierto, piensan que lo de Ingeniero sobra pues se trata simplemente de un Químico. Ni lo uno, ni lo otro. La Ingeniería Química es una profesión individual y completamente definida, que si bien guarda relación con las otras mencionadas, no es una mezcla de las dos en forma confusa.

Y al entender en una manera equivocada la profesión, viene la consecuencia lógica: al Ingeniero Químico se lo emplea erróneamente; en unas ocasiones de Químico para controlar un laboratorio y en otras de Ingeniero Civil para proyectar obras fuera de su finalidad. Es en realidad difícil hallar en nuestro medio un Ingeniero Químico ocupando una posición en acuerdo con sus conocimientos técnicos de control de equipo, eficiencia de maquinaria industrial y diseño de estas mismas.

Pero todos estos males que aquejan la joven profesión llamada a ser redentora de nuestra naciente Industria Nacional, deben tratar de ser resueltos por una Junta concedora de ellos y nadie más en tal caso que una Sociedad Colombiana de Ingenieros Químicos.

Y bien podrían ser bases de esta Asociación los siguientes tópicos:

- a) Divulgar mediante publicaciones técnicas y con la colaboración de todos los Ingenieros Químicos Colombianos, cuál es el fin primordial de este profesional en la Industria Colombiana.
- b) Tratar de fomentar en el gobierno nacional el criterio exacto de qué es esta profesión y el empleo de sus miembros en las Empresas Oficiales.
- c) Evitar la importación de Técnicos extranjeros de preparación exclusivamente empírica, quienes a pesar de recibir sueldos fabulosos, no hacen más que poner en marcha cualquier Industria, ya que sus conocimientos de índole exclusivamente práctica, no les permiten mejorar la eficiencia del proceso que están manejando.
- d) Tratar de unificar los Pénsumes de las distintas Facultades del país —6 según nuestra cuenta— y las cuales tienen todas orientación diferente, llegando a tal punto el desacuerdo existente, que hace dos años había Facultades que concedían el mismo título con menor número de asignaturas y menos años de estudio.
- e) Fomentar las reuniones del personal directivo de las Industrias con el de las Facultades y el de los decanos de éstas entre sí, con el fin de darse a conocer mutuamente los problemas existentes y trabajar por su solución.

La sede de una agrupación tal bien podría ser Medellín —la capital Industrial de Colombia— y los trabajos o reuniones que se verificaran para incrementar el conocimiento mutuo de los miembros afiliados y para la presentación de trabajos y temas sobre la profesión y las necesidades de la Industria, tendrían una fecha determinada cada año, haciendo rotativa su sede a los distintos centros manufactureros del país, tales como Medellín, Bogotá, Barranquilla y Cali.

NUESTRA PORTADA

La Universidad de Antioquia ha cumplido su siglo y medio de ser vigía fiel de la cultura Colombiana.

Y de la Facultad de Medicina del Alma Mater, que en sus primeros años funcionó en forma discontinua, bien puede decirse que cumple una gloriosa etapa de cien años como protector de la ciencia de Esculapio en Antioquia y en Colombia.

La Revista INGENIERIA QUIMICA, órgano de expresión de los estudiantes y de los profesionales egresados de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Antioquia, ha querido rendir un homenaje merecido dignamente por esta dependencia Universitaria y dedica por ello su portada y parte de sus páginas a la divulgación de motivos de esta Facultad.

HIGIENE INDUSTRIAL Y VENENOS INDUSTRIALES

Por Jaime Gallón Ruiz

Ingeniero Químico de la Universidad de Antioquia.

Original para INGENIERIA QUIMICA

Como colombianos tenemos que reconocer que el país es industrialmente joven y debemos tener conocimiento absoluto de que está destinado a alcanzar un puesto sobresaliente entre las naciones del mundo, ya que cuenta para éllo con abundantes riquezas animales, vegetales y minerales, material humano y una progresiva colaboración de los países técnicamente más adelantados, especialmente los Estados Unidos. Para alcanzar su merecido destino como nación industrial es necesario que Colombia mantenga su potencial humano como un recurso fuerte e importante.

El Ministerio de Salud Pública ha reconocido su responsabilidad con los trabajadores de Colombia autorizando el establecimiento de un departamento de Higiene Industrial organizado por el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública, dedicado completamente a la protección y mejoramiento de su salud. Este departamento fué inaugurado en Octubre de 1951 y a partir de esta fecha, se ha venido reclutando personal de medicina, ingeniería y química, se ha comprado equipo y se ha organizado un laboratorio químico. La industria colombiana puede disfrutar hoy de estos servicios.

Como rama de la Salud Pública, la Higiene Industrial orienta sus pasos hacia la conservación de ella por los métodos más eficientes y técnicamente indicados; como tal abarca el conocimiento de muchos de los factores que puedan menoscabar la salud de los trabajadores industriales en el desarrollo de los procesos, comprendiendo en éstos desde las materias primas hasta los productos acabados. En forma somera, los principales hechos que considera la Higiene Industrial son:

- a) Materiales que tienen que manipular los trabajadores ya sea como materias primas, productos intermedios o finales.
- b) Medios ambientes de trabajo, entre los cuales se consideran las condiciones de

iluminación, ventilación, temperaturas extremas, humedad, aire cargado de polvos, gases, humos, vapores, etc.

- c) Peligros o riesgos potenciales, bien sea por carencia de protección de maquinaria, descuidos en instalaciones eléctricas, manejo de sustancias inflamables o nocivas, etc.
- d) Métodos más indicados para tratar de evitar dichos peligros tales como educación y tecnificación de personal, uso de equipos y ropa de protección apropiados.

Un antiquísimo y popular adagio: "Es mejor prevenir que curar", sustentado con pruebas palpales e inequívocas de que en la gran mayoría de los casos cuesta menos evitar un peligro que compensarlo, ha llevado a los hombres de ciencia a estudiar los medios ambientes de trabajo de todos los tipos de industrias y a estudiar las sustancias usadas en las industrias para determinar constantemente en los laboratorios las concentraciones máximas admisibles de las sustancias industriales peligrosas en dichos medios ambientes.

En un período que abarca hoy más de 50 años, se ha venido desarrollando una lista sensorial de las concentraciones máximas admisibles de sustancias industriales peligrosas. En la 14 Reunión Anual de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales, reunida en Cincinnati, Ohio, en Abril de 1952, fue aprobada la lista que se da a continuación:

Gases y Vapores

Sustancias	P. P. M. (*)
Acetaldehído	200
Acido acético	10
Anhídrido acético	5
Acetona	500

(*) Partes por millón

Acroleína	0.5	Etilen clorhidrina	5
Acrilonitrilo	20	" óxido	100
Amoníaco	100	Fluorotriclorometano	1000
Acetato de amilo	200	Formaldehido	5
Alcohol isoamílico	100	Gasolina	500
Amilina	5	Heptano	500
Arsina	0.05	Hexano	500
Benceno (benzol)	35	Hidrógeno, cloruro de	5
Bromo	1	" cianuro de	10
1,3 Butadieno	1000	" fluoruro de	3
N. butanol	100	" seleniuro de	0.05
2 butanona	250	" sulfuro de	20
N. butil acetato	200	Yodo	1
Butil celosolve (2 butoxietanol)	200	Isoformo	25
Carbono dióxido de	5000	Isopropil alcohol	400
" disulfuro de	20	" éter	500
" monóxido de	100	Mesitil óxido	50
" tetracloruro de	50	Metanol	200
Celosolve (2 etoxi-etanol)	200	Metil acetato	200
Acetato de celosolve	100	Metilal	1000
Cloro	1	Metil bromuro	20
Clorobenceno	75	" butanona	100
2. Clorobutadieno	25	" celosolve (2-metoxietanol)	25
Cloroformo	100	" celosolve acetato	25
1-Cloro 1-Nitropropano	20	" cloruro	100
Cresol	5	" ciclohexano	500
Ciclohexano	400	" ciclohexanol	100
Ciclohexanol	100	" ciclohexanona	100
Ciclohexanona	100	" formiato	100
Ciclohexeno	400	" iso-butil cetona	100
Ciclopropano (propano)	400	Nafta (Alquitrán de carbón)	200
o-dicloro-benceno	50	" (Petróleo)	500
Diclorodifluorometano	1000	Níquel carbonilo	1
1-1 dicloroetano	100	Nitrobenceno	1
1-2 dicloroetano (Dicloruro de etileno)	75	Nitroetano	100
1-2 dicloroetileno	200	Nitrógeno, óxido de (distintos al N ₂ O)	25
Dicloroetil éter	15	Nitroglicerina	0.5
Diclorometano	500	Nitrometano	100
Dicloromonofluorometano	1000	2-Nitropropano	50
1-1 dicloro -1- nitroetano	10	Nitrotolueno	5
1-2 dicloropropano (dicloruro de propileno)	75	Octano	500
Diclorotetrafluoroetano	1000	Ozono	1
Dietil amina	25	Pentano	1000
Dimetil anilina	5	Pentanona (Metil propanona)	200
" sulfato	1	Fenol	5
Dioxano	100	Fosgeno	1
Etil acetato	400	Fosfina	0.05
" alcohol	1000	Fósforo, tricloruro de	0.5
" amina	25	Propil acetato	200
Etil benceno	200	Estibina	0.1
" bromuro	200	Stoddard solvente	500
" cloruro	1000	Estireno monómero	200
" éter	400	Azufre, cloruro de	1
" formiato	100	" dióxido de	10
" silicato	100	1-1-2-2 tetracloroetano	5
		Tetracloroetileno	100

Tolueno	200
Toluidina	5
Tricloroetileno	100
Trementina	100
Vinil cloruro	500
Xileno	200



POLVOS TOXICOS, HUMOS Y NEBLINAS

Sustancias	MG/M ³ (*)
Antimonio	0.5
Arsénico	0.5
Bario	0.5
Cadmio	0.1
Clorodifenil	1
Acido crómico y cromatos como CrO ₃	0.1
Cianuro como CN	5
Dinitrotolueno	1.5
O-Dinitrocresol	0.2
Fluoruro	2.5
Humos de óxido de hierro	15
Plomo	0.15
Humos de óxido de magnesio	15
Manganeso	6
Mercurio	0.1
Pentacloronaftaleno	0.5
Pentaclorofenol	0.5
Fósforo (Amarillo)	0.1
" pentacloruro de	1
" pentasulfuro de	1
Selenio como Se	0.1
Acido sulfúrico	1
Telurio	0.1
Tetral	1.5
Tricloronaftaleno	5
Trinitrotolueno	1.5
Humos de óxido de zinc	15

(*) Miligramos por metro cúbico.

POLVOS MINERALES

Sustancia	M. P. P. C. F. (*)
Alundum (Coridón artificial)	50
Asbesto	5
Carborundum	50
Polvo (Molestia Sin sílice libre)	50
Mica (menos de 5% de sílice libre)	20
Cemento Portland	50
Talco	20
Sílice:	
Alto (Más de 50% de sílice libre)	5
Medio (5 a 50% de sílice libre)	20
Bajo (Menos de 5% de sílice libre)	50
Pizarra (Menos de 5% de sílice libre)	50
Esteatita (Menos de 5% de sílice libre)	20
Polvo Total (" " " " " ")	50

RADIACIONES

Gamma (Roentgen por semana)	0.3
Roentgen (" " " ")	0.3

Arthur J. Vorvald
Kingsley Kay
L. F. Weller
D. H. Byers
L. T. Fairhall
Allan L. Coleman, Chairman

(*) Millones de partículas por pies cúbicos de aire.

NOTA: Esta tabla debe usarse como guía para el conocimiento de los peligros en los medios ambientes de trabajo; estos datos seguirán siendo estudiados y serán siempre susceptibles de modificaciones.

INGENIERIA QUIMICA

Revista Técnica e Industrial.

En su tercera etapa al servicio de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Antioquia nuevamente.

LA MOLECULA Y LA MICELA CELULOSICAS

Por Ramón Alvarez H.

La celulosa, como se sabe, es uno de los más importantes componentes de los tejidos de las plantas en estado de madurez (40-60%). No en todas ellas se la halla libre de "asociaciones" con otras moléculas, en general menos definidas que la celulosa misma, del tipo polisacárido, lo que ha mantenido por mucho tiempo la creencia en verdaderas combinaciones químicas. Este concepto debe quedar eliminado según las más recientes opiniones, para clasificar la existencia de los complejos que aparecen en los vegetales (especialmente en el caso de las maderas leñosas), tales como los llamados "cutocelulosas", "pectocelulosas", "lignocelulosas", etc., que son términos de una nomenclatura original, debida a Cross y Bevan, y que hoy se ha probado, pueden ser considerados resultados de mezclas muy íntimas ("asociaciones"), en que desempeñan papel importante las valencias residuales establecidas entre entidades de muy alto peso molecular. Las fibras del algodón constituyen, sin embargo, un caso excepcional: se hallan prácticamente libres de "asociación" o, como también se dice, de "incrustación". Por este motivo se ha considerado la celulosa de algodón como patrón de identificación de las celulosas obtenidas de otras fuentes (celulosa de maderas, celulosa de paja de cereales, etc.).

La investigación sobre celulosa implica uno de los más trabajosos y perseverantes capítulos de la química y de las ciencias asociadas.

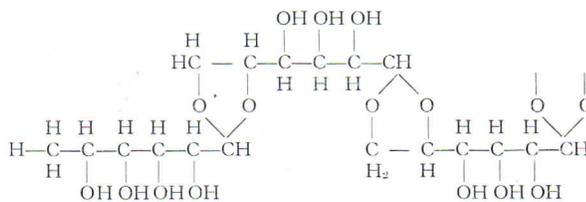
- 1) por hidrólisis se obtendrían celodextrinas, celobiosa y glucosa;
- 2) la acetólisis conducía a un triderivado;
- 3) la nitración daba un triderivado;
- 4) no presentaba poder reductor, o sea, no poseía grupos aldehídicos libres;
- 5) la composición elemental resultaba ser: $C_6H_{10}O_5$.

Estos hechos experimentales eran suficientes para admitir la existencia de 3 OH reactivos por cada 6 C, en un cuerpo polímero cuya unidad probable podía ser la glucosa, y bastaron para dar un apoyo científico a las industrias ya iniciadas con éxito: Hyatt ha-

Comenzó al promediar la segunda mitad del siglo pasado, y no ha llegado aún a su término. La importancia industrial de esa materia prima es tan enorme, que el acicate de su aplicación ha sido, y es, capaz de mover todo el mecanismo de la ciencia pura y aplicada. Al contemplar el desarrollo histórico de la investigación sobre celulosa, es necesario comprender estas circunstancias para explicarse cómo ha resultado posible que las más sutiles y fructíferas aplicaciones (textiles y plásticos, por ej.) se hayan producido y perfeccionado bastante antes que el conocimiento certero de la estructura de la especie.

En los años de las investigaciones de Cross y Bevan, las perspectivas de utilización industrial pesaban más que los problemas de la estructura. Se suponía una molécula complicada, en un sentido clásico, y, probablemente se imaginó una materia cuyo comportamiento funcional habría de bastar para establecer su fórmula correcta. Los años posteriores mostraron, empero la necesidad de revisar los conceptos de polimerización, y crearon nuevos puntos de vista y teorías, como lo son aquellos que suponen la existencia de campos de fuerzas secundarias y terciarias, a la par de valencias de tipo clásico, para explicar la aparición de moléculas gigantes.

La determinación de la fórmula de la celulosa se creyó empresa fácil, apoyándose en argumentos químicos, como los siguientes:

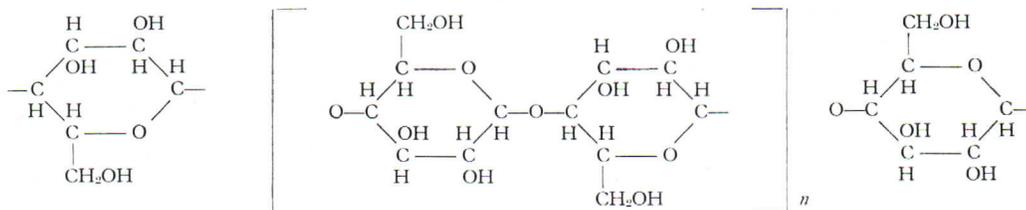


Fórmula de Tollens (1895).

bía inventado el celuloide, en 1896, de una manera poco menos que empírica; de ese período datan los inventos de Chardonnet (1884, seda a la nitrocelulosa) y Cross y Bevan (1892, seda a la viscosa).

Poco después se presentó la fórmula de Tollens (1895), que implica la respuesta al alto peso molecular evidenciado por las soluciones de los derivados celulósicos, suponiendo que es la glucosa, nuevamente, la unidad fundamental.

En cualquier fórmula intentada se dejaba sin respuesta convincente una cuestión capital: ¿es la anhidroglucosa, realmente, el eslabón o grupo representativo de la celulosa?... Ciertamente, como veremos, no eran los métodos químicos y físico-químicos los llamados a aportar la respuesta definitiva, ya que recién en 1920, con la ayuda de la investigación roentgenográfica, se llegó a tener una determinación al respecto.



Pero antes de seguir adelante se hace necesario citar una idea original de Hess, que se aplicó a la fórmula llamada del pentagluco-sido-glucosa. Cada pentagluco-sido-glucosa constituye, según la idea de ese investigador, una molécula cuyas valencias están saturadas, pero, no obstante, presenta una cierta capacidad de afinidad residual, de modo que la resultante de gran número de esas componentes debía originar la aparición del polímero.

La fórmula de Hess ha sido abandonada, pero ha quedado, dando magníficos resultados, la hipótesis de las fuerzas residuales. En el momento presente se admite que el desarrollo espacial de la celulosa es de consecuencia de la simultaneidad de fuerzas de valencia y residuales, que actúan, no ya en la entidad concebida por Hess, sino dentro y entre cadenas glucosídicas. La capacidad de "asociación" de la celulosa, sus propiedades mecánicas, e, incidentalmente, el comportamiento similar de otras moléculas químicas, según demostró Carothers, dan fuerza a esa concepción.

Rayos X y estructura de la celulosa

La realidad de la estructura en cadena necesitaba ser demostrada, con vistas al hecho de que la glucosa debía constituir la unidad

En los primeros años del presente siglo se demostró la identidad de características funcionales de muchos polisacáridos e hidratos de carbono, entre ellos la celulosa y la celobiosa. A este período corresponde la demostración de la existencia del puente 1 — 4 en la última, por Haworth, siendo la celobiosa, como ya se sabía, un producto de la hidrólisis de la celulosa, bajo ciertas condiciones. Otro hecho de relativa exactitud, como se verá, ayudó a acercarse a la meta: todos los intentos de elevar el número de sustituciones a más de 3, fracasaban. Esto condujo al fijar en 3 el número máximo de OH que podían ser substituídos. Para completar esto, se asignó a la celulosa la conocida fórmula de anillos 1—5, con puentes 1—4.

fundamental, y no un mero producto de hidrólisis.

Tal demostración fué aportada por los estudios con rayos X, y por la contribución química de la escuela de Haworth. La colaboración de las técnicas comenzó aproximadamente en el año 1920, y gracias a los trabajos de Scherrer, Doré, Sponsler, Mark, etc., permitió "ver" la glucosa dentro de las muestras de celulosa sometidas a investigación, estableciendo, con posterioridad, la identidad de celulosas de diferentes orígenes y especies vegetales.

Pero el mayor resultado obtenido de la técnica de rayos X ha sido la determinación de la "estructura fina" de la celulosa. Los diagramas de rayos X han permitido deducir que las fibras de celulosa poseen organización cristalina, o, para ser más exactos, cada fibra es una yuxtaposición de elementos cristalinos, las "micelas", intercaladas con zonas amorfas, esto es, de menor organización. El corpúsculo cristalino o micela pertenece al sistema monoclinico, estando establecidas sus dimensiones, inclinación entre los ejes, etc. Se sabe, asimismo, cuantas unidades glucosas lo constituyen, por lo menos aproximadamente, y cuantas intervienen en la determinación de la unidad cristalina fundamental, en-

tendiendo por tal la más pequeña porción de red que permite la descripción completa del cristal. Es de hacer notar que Nageli, en 1879, apoyándose en argumentos puramente biológicos, postuló que debía considerarse a la celulosa como un cuerpo que, en solución, producía corpúsculos de naturaleza coloidal, o sean, micelas. Las búsquedas más modernas han venido a confirmar ese punto de vista.

Establecida la fórmula en cadena, sin embargo, quedaba un hecho por explicar, que párrafos atrás ha sido mencionado: la existencia de los triderivados como cuerpos de máxima substitución. Según la estructura en cadena, los anillos terminales deben producir tetraderivados, y hasta tanto Haworth, en 1932, no demostró la existencia de tetrametilglucosa entre los productos de la hidrólisis de la metilglucosa, aquella estructura pudo ser combatida. La proporción de tetraderivado permitió, además, calcular la longitud media de las cadenas.

Otro hecho similar condujo a poner de acuerdo la teoría con la realidad, o por lo menos, se han podido poner de acuerdo experiencias relacionadas entre sí. Nos referimos al poder reductor. Como se sabe, si la celulosa no está alterada por el tratamiento químico el poder reductor es nulo. Esto se puede atribuir al bloqueo de los grupos terminales de las cadenas, o, lo que sería muy grave, a una falla de la fórmula asignada. Para tranquilidad, Schmidt ha demostrado que el algodón sin alteración por pretratamiento produce CO_2 por destilación en medio ácido, el cual se originaría en grupos aldehídricos terminales transformados en carboxilos por oxidación. El valor obtenido por Schmidt permitió calcular una longitud media de las cadenas que concuerda con la hallada por Haworth por medio de los derivados metilados.

Se ha llegado a un punto en que surgen, necesariamente, las preguntas: ¿qué relación se puede establecer entre las cadenas, las micelas, y las moléculas? . . . ¿qué corpúsculos son los que aparecen en solución?

Tales puntos se resuelven si contestamos a lo siguiente:

¿Cuál y cómo es la molécula de celulosa?
¿Cuál es el peso molecular?

Tal cuestión es equivalente a inquirir sobre la estructura fina, la que abarca hasta la micela, o sea, la estructura intramicelar, y, pos-

teriormente, sobre la forma en que unen las micelas para formar las fibras, o, la que es lo mismo, las estructuras extramicelar y submicroscópica.

Una sucesión de anillos glucosídicos forman una cadena, limitada por dos grupos con ciertas diferencias (poder reductor, 4 OH libres, etc.). En ella intervienen valencias primarias; así tenemos una molécula clásicamente considerada, pues todos los átomos componentes se hallan normalmente saturados.

La reunión de moléculas forman la micela, mediante la intervención de fuerzas residuales secundarias. Hasta aquí la estructura intramicelar. Es evidente que la molécula, así considerada, significa la reunión de las propiedades químicas de la especie. Pero funcionalmente, desde un punto de vista físico-químico, o coloidal, es probable que sea la micela lo más representativo de la celulosa.

La micela existe "in-situ" en los vegetales, lo que la hace aparecer también como elemento biológico, a partir del cual se construyen las estructuras más complejas: los "fibrillos". Estos últimos son entidades biológicas por excelencia, y no aparecen en las soluciones de celulosa o de sus derivados, ni intervienen, por tanto en las propiedades de coloides de aquéllas, y de la misma celulosa como gel. Se reconoce, con suficiente evidencia, que el "fibrillo" no es una unidad química, precisamente por el hecho que en todos los casos de reacciones en que se solubiliza la celulosa, no intervienen esos elementos, en forma libre, como soportes de las substituciones que, necesariamente, se producen. Algunos autores alemanes, en cambio, han creído hallar pruebas de la segmentación de los "fibrillos", por tratamiento con ácidos diluidos, en entidades mal definidas, mayores, sin duda, que las micelas, y que se han llamado "deramatosomas"; no se cree que sean ni unidades biológicas, ni químicas, sino productos de disgregación de formas mayores, simplemente.

Resulta ahora lógico procurar una decisión entre las dos partículas que asumen los papeles más representativos de las características de la especie: la molécula química, cuyas particularidades expresan el conjunto de propiedades químicas, y la micela, que participa en el comportamiento coloidal. ¿Cuál de las dos existe en solución? . . .

La enumeración siguiente, que se refiere a los valores de pesos moleculares obtenidos por varios métodos, no permite una decisión, pero es bastante ilustrativa para dejarnos ver que algunos resultados coinciden con un valor mínimo (16.000 a 24.000, aproximadamente). Este, en todo caso, sería el PM buscado.

- 1) Viscosidad de soluciones en cuproamonio: PM entre 120.000 y 400.000. El resultado depende del pretratamiento de la muestra.
- 2) Difusión y presión osmótica de soluciones de derivados: 25.000 a 100.000.
- 3) Sedimentación en ultracentrífuga: 40.000.
- 4) Equilibrios de sedimentación: 100.000 a 300.000.
- 5) Relación de los derivados metilados: 16.000.
- 6) Relación del CO_2 desprendido de los $-\text{COOH}$ terminales: 16.000.
- 7) Roentgenografía: 24.000.

Cada valor se halla sujeto a revisión, pero es indudable que el obtenido por rayos X, como consecuencia de una técnica que no ataca la muestra, está libre de objeciones de naturaleza química. Pero como tal resultado se alcanza por aplicación de la relación de Bragg hasta el punto donde desaparecen las interferencias, podría suceder que la limitación de la longitud de las cadenas fuese sólo aparente, puesto que nos hallamos en realidad interpretando como límite de las mismas las zonas amorfas intermicelares.

Los PM calculados por la ecuación de Staudinger, (que, según Mark, es solamente una primera aproximación), a partir de medidas de viscosidad:

$$n = K_m \cdot c \cdot \text{PM}$$

difieren grandemente, dependiendo, como está dicho, de la historia de la muestra investigada. No obstante, esa misma circunstancia parece indicar que se ha estado operando con soluciones que no eran, precisamente, monomoleculares. Parece razonable esperar que algunos derivados se hallen al estado monomolecular, y otros no.

Staudinger ha imaginado una demostración de la monomolecularidad de las soluciones poliméricas análogas". Su fundamento es el siguiente: entre varios derivados cuyos grupos específicos sean intercambiables, el peso molecular, osmóticamente determinado en cada una de las soluciones, debe satisfacer al que resulta de la aplicación del cálculo estequio-

métrico sobre una fórmula tipo. Una relación sencilla aparecerá siempre que nos hallemos frente a moléculas.

Staudinger ha demostrado, por este camino, que varios ésteres y éteres celulósicos en solución son monomoleculares. Excepciones son: el xantato y el cuproamonio, en los cuales, por otra parte, es de difícil aplicación la técnica osmótica.

El mismo Staudinger, no obstante, apoyándose en la consideración de las constantes específicas K_m de la ecuación de viscosidad, para una serie polimérica en la que figuran el cuproamonio y el xanto de celulosa, pretende que también estos derivados pueden ser considerados monomoleculares.

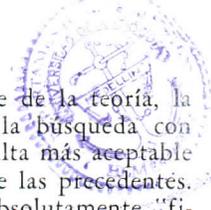
Este resultado resulta altamente difícil de aceptar. El hecho de que la álcali-celulosa y el xantato se forman casi estequiométricamente (un OH substituído por cada 12 C), parecería indicar que se está operando con paquetes de cadenas (...¿micelas?...) y no con moléculas libres; tales paquetes tendrían zonas externas expuestas a la acción química, y otras rodeadas por las anteriores, imposibilitadas de reaccionar.

Esas escuetas menciones sirven para mostrarnos el estado actual del problema que se ha planteado. No se encuentra resuelto, como se ve, ni mucho menos. La opinión más generalizada parece ser, empero, que la mayoría de los derivados celulósicos en disolventes orgánicos son monomoleculares.

Dependencia entre las zonas cristalizadas (micelas), y las zonas amorfas

En un comienzo, es decir, a poco de haberse establecido la naturaleza cristalina de la celulosa, se imaginó que las micelas se ordenaban, como los ladrillos de una pared, para formar los "fibrillos". Fuerzas residuales de tercer orden las mantenían relacionadas. Esta es, en breves palabras, la idea de la "teoría de las micelas individuales".

Las fuerzas terciarias debían tener una resultante de menor valor que las fuerzas secundarias, que servían para mantener la arquitectura de las micelas, y mucho más pequeña, aún, que las fuerzas de valencia. Así era posible explicar la existencia de soluciones moleculares o micelares, según la acción de los reactivos sobre esas uniones.



Posteriormente, Farr y Sisson presentaron la "teoría de la cementación intermicelar". Imaginaron un cemento péctico entre las micelas, a cuya disolución seguiría la aparición de soluciones con micelas libres. Farr, particularmente, trabajando sobre soluciones de cuproamonio, encontró las siguientes pruebas para su teoría: a) diferentes grados de pretratamiento de las fibras de algodón con HCl concentrado no conducen a la disminución del número de partículas en las respectivas soluciones cuproamoniales, bajo el microscopio (esto equivale a decir que el tratamiento previo solamente afecta a la parte cementante); b) las partículas, contadas en el campo microscópico, corresponden a las que, por cálculo, debieran hallarse en la fibra disuelta, esto es, a un número determinado de micelas. A pesar del abundante material experimental a favor, la teoría parece poco verosímil. Heuser y Green, Harris y Hock, etc., la han combatido con evidentes y atendibles razones.

La posición más moderna es la de la "teoría de las cadenas entrelazadas". Según ya se dijo, el límite asignado a las cadenas celulósicas pudiera ser resultado de la técnica de medida. Algunas cadenas se podrían prolongar más allá de la porción cristalizada, alcanzando la zona amorfa, y, ulteriormente, participando, o no, de la estructura de una micela vecina. En las zonas amorfas, de acuerdo a esta teoría, las cadenas se hallan desorganizadas; y son más susceptibles a las acciones químicas que las partes cristalinas. Las regiones amorfas contienen cadenas "entrela-

zadas". De aquí el nombre de la teoría, la que se halla apoyada por la búsqueda con rayos X, sin contar que resulta más aceptable al espíritu que cualquiera de las precedentes. Mantiene una concepción absolutamente "fibrilar" para explicar el comportamiento mecánico de las fibras de celulosa, lo que está de acuerdo con los hechos experimentales.

Independientemente de la teorización, se debe mencionar, finalmente, que los rayos X han probado que todas las micelas se hallan igualmente orientadas, esto es, con sus ejes en posiciones paralelas. Tenemos, pues, dos grados de organización: 1) dentro de la micela, por la posición relativa de las cadenas; y 2) dentro de la fibra, debida a la orientación de las micelas.

BIBLIOGRAFIA

- A. G. Norman.* — "The Biochemistry of Cellulose, Polyluronides, Lignin, & c.", Oxford, 1937.
- H. Mark.* — "Physical Chemistry of High Polymeric Systems", New York, 1940.
- H. Mark y G. S. Whitby.* — "Collected Papers of W. H. Carothers on High Polymeric Substances", New York, 1940.
- W. T. Astbury.* — "Fundamentals of Fibre Structure", Oxford, 1933.
- O. Kratzy.* — "Micellar Structure of Cellulose and its Derivatives", Hooker Scientific Library, Fayette, Missouri, 1940.
- H. Gilman.* — "Organic Chemistry" (pág. 1567, 1586, etc.), New York, 1938.
- R. F. Nickerson.* — "The Behaviour of Cotton Fibers", *Ind. Eng. Chem.*, 32, 1454, 1940. Este artículo es recomendable, especialmente por la compilación bibliográfica que presenta.

FONDO ACUMULATIVO

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Una Institución que vigila por el futuro del Alma Mater de Antioquia.

LAS ÚLTIMAS REALIZACIONES DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

La Facultad de Medicina es una de las dependencias que más honor hacen a la Universidad de Antioquia, por su excelente equipo de Profesores especializados en cada una de las ramas médicas, por la admirable dotación de sus laboratorios, anfiteatro, clínicas, aulas de clase, etc., y por la mística reinante en cada uno de los alumnos que persiguen en este Instituto compenetrarse bien de la ciencia de Hipócrates y de Esculapio.

Disfruta la Facultad de Medicina de tal prestigio, que todos los días va en aumento creciente, de tal manera que según concepto del Dr. Horacio Bejarano Díaz, Inspector Nacional de Universidades, quien visitó esta Escuela hace pocos días, manifestó que era de las mejores de Suramérica y no tuvo inconveniente en declarar en conferencia dictada por la Emisora Nacional que: "la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia es lo mejor que tenemos en Colombia".

EL INSTITUTO DE ANATOMIA PATOLOGICA

Como dependencia de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia y en un moderno edificio ubicado dentro de los terrenos del Hospital de San Vicente de Paúl, se halla esta magnífica realización que significa para la medicina de Antioquia y de Colombia, un centro de investigación de gran valía para ayudar a los clínicos en sus diagnósticos.

A la vez que el Hospital y sus clínicas se sirven del Instituto, también tiene éste como finalidad la de servir para dictar la cátedra correspondiente a los estudiantes de las Facultades de Medicina y Odontología del Alma Mater.

Personal.

El personal del Instituto está integrado por tres profesores de tiempo completo y distribuido en la siguiente forma: Director, doctor Alfredo Correa Henao, Profesor Titular de la Cátedra de Anatomía Patológica. Profesor Asociado, doctor Emilio Bojanini, recientemente llegado de los Estados Unidos, en donde cursó estudios especializados sobre este ramo en la Universidad de Michigan. Profesor Asociado, doctor Oscar Duque Hernández, recientemente regresado de Duke University, en los Estados Unidos.

Cuenta además la Institución con dos jefes de trabajos y cuatro preparadores.

Labores.

En los 10 años que lleva de labores el Instituto ha verificado trabajos que pueden condensarse así:

a). Más de 16.000 exámenes histológicos realizados y archivados con sus correspondientes historias para servir de material de estudio.

b). Cerca de 600 autopsias completas; a esta práctica los estudiantes del curso asisten por lo menos una vez a la semana.

Periódicamente el Instituto verifica reuniones entre los profesores y con la asistencia de los estudiantes, teniendo éstas por finalidad relacionar los datos Anatómo-Patológicos con las observaciones clínicas.

Dotación.

La dotación es sumamente completa. Se cuenta con Laboratorios de Investigaciones para el personal directivo y para los estudiantes. Biblioteca técnicamente organizada y especializada sobre Anatomía Patológica. Salones de clase y un moderno anfiteatro para la verificación de las autopsias, en donde existen comodidades para el personal asistente a ellas como observador.

En la moderna organización se destacan sus archivos, los cuales permiten en fracción de minutos hallar determinado caso y comparar las placas que de él se tengan, con la historia clínica del paciente en estudio.

BIBLIOTECA

Hasta hace un año la Facultad de Medicina estaba prácticamente sin una biblioteca que permitiera la consulta rápida de sus volúmenes, diseminados en un salón sin orden de ninguna especie.

En el pasado año regresó de los Estados Unidos la señorita Dora Echeverri, quien hizo estudios de organización de Bibliotecas bajo los auspicios de la Fundación Kellogg, dedicándose en forma más concreta al estudio de la Biblioteca Médica de la Armada de los Estados Unidos, dependencia de la Biblioteca del Congreso en Washington y cuyo sistema ya se ha iniciado en la moderna instalación con que ahora se cuenta y que debe su diseño y actual organización a la señorita Echeverri.

Cuenta con 10.000 volúmenes y mensualmente recibe alrededor de 300 revistas, en su totalidad científicas y la gran mayoría de asuntos relacionados íntimamente con temas de medicina.

La Biblioteca abarca también las dependencias de tal índole de la Facultad de Odontología y de la Escuela de Farmacia de la Universidad, aun cuando es de deplorar que estos establecimientos cuenten con tan escaso material de consulta, si se tiene en cuenta que ellos representan para el Alma Mater dependencias de grande importancia.

La señorita Echeverri, quien en la actualidad ocupa el cargo de subdirectora de la Biblioteca, espera de la Universidad la suficiente autonomía y el apoyo económico para la culminación de tan meritoria labor.



Fachada del Edificio del Instituto de Anatomía Patológica, en donde funciona desde hace un año y medio y rodeado de las modernas comodidades que le permiten desarrollar tan loable tarea en pro de la ciencia Médica en Colombia

EL ORIGEN DE LA HIDROESFERA

Introducción

El origen de la hidrosfera es una importante materia que debe interpretarse basándose en el origen del planeta así como en los hechos subsecuentes de la historia geológica. El Sr. W. W. Rubey, en su reciente discurso como presidente de la Sociedad de Geología de los Estados Unidos, demostró por medio del análisis de los ciclos geoquímicos de las aguas del mar, que la hidrosfera parece haber procedido continuamente del interior de la tierra a través de la época geológica. Pudo demostrar también que suponiendo que la cantidad de agua que mana actualmente de los volcanes, fumarolas, etc. representa la proporción de escape de las aguas interiores, la calculada cantidad evaporada durante la historia de la tierra es la adecuada para preparar la hidrosfera observada.

Esto es compatible con el razonamiento de H. Brown (1949b) de que la atmósfera ha debido ser en gran parte un fenómeno secundario del planeta. Ambas ideas están de acuerdo con la historia geoquímica de una tierra acrecentada como suponen diferentes autores. Este concepto es tan revolucionario y es en geología objeto de tan gran número de implicaciones interesantes que resultaría importante cualquier prueba adicional. Otro razonamiento acerca del origen de la hidrosfera en el interior de la tierra, es el siguiente:

Si la fracción de Argón⁴⁰ que se desprendió del interior de la tierra en la época geológica puede ser calculada y servir a su vez como un índice del escape de vapor de agua, también podrá ser calculada la cantidad de agua desprendida en la época geológica. Se demuestra que esta cantidad es del mismo orden de magnitud que la cantidad de agua de la hidrosfera, atmósfera y corteza terrestre. La idea de este cálculo tiene su origen en un reciente e interesante artículo de Tatel (1950) quien intentaba calcular la edad de la tierra basándose en el contenido de A⁴⁰ de la atmósfera. Esto significaba el uso de una cantidad desconocida —por ejemplo, la fracción de A⁴⁰ que se desprendió— para determinar una cantidad razonablemente conocida como es la edad de la tierra. Si se invierte el procedimiento y se amplía su aplicación

puede obtenerse alguna idea acerca del origen de la hidrosfera.

Si el promedio de la composición inicial de la tierra fue de aerolitos pedregosos más alguna fase de hierro, y si las temperaturas de la superficie llegaron a ser del orden de 1200°K en las primeras etapas de la historia de la tierra, la mayor parte de las aguas libres tendrían que haberse consumido en la reacción con el hierro metálico conforme al equilibrio constante para esta reacción, y el hidrógeno desprendido habría escapado de la zona de gravitación de la tierra. Por lo tanto, existen razones para sospechar que la hidrosfera inicial fue una fracción insignificante de la actual, esto es, que en los comienzos no hubo océanos.

Cantidad producida de Argón⁴⁰

H. Brown (1949b) demostró que, comparado con el A³⁶, el A⁴⁰ es varios cientos de veces más abundante en la atmósfera basado en su caudal cósmico el cual es compatible con sus propiedades nucleares. Se sabe que el A⁴⁰ es radiogénico siendo un derivado del K⁴⁰ por conversión interna. De aquí que el A⁴⁰ de la atmósfera tiene que haber sido un derivado del K⁴⁰ a través de la época geológica. Existe demasiado A⁴⁰ en la atmósfera para que éste haya sido derivado únicamente de la corteza terrestre. Actualmente, un veinticinco por ciento del total de potasio de la tierra se encuentra en la corteza. (Si la corteza granítica se ha "desarrollado" durante la época geológica, esta fracción debe haber sido mucho menor en el pasado). Si todo el A⁴⁰ que se pudo derivar de la corteza escapó a la atmósfera, esto explicaría solamente una pequeña fracción del A⁴⁰ observado. Por lo tanto, la mayor parte del A⁴⁰ en la atmósfera actual debe proceder de las regiones subcorticales de la tierra, lo cual indica la transferencia de materias desde el interior de la tierra, a la atmósfera, evidencia completamente independiente de otros aspectos del razonamiento.

Para hacer cualquier cálculo en cuanto a la composición de la tierra es imprescindible conocer el período inicial de la época geológica. Para este fin se debe utilizar la compo-

sición de los aerolitos en relación con el volumen general indicado por el presente radio del núcleo metálico. H. Brown (1949a) ha demostrado que esta suposición es completamente razonable y es por otra parte compatible con las modernas teorías sobre el origen de la tierra.

La tierra, aparte del núcleo, puede ser considerada como homogénea para los fines de este estudio. Es esto posible porque: a) el potasio de la corteza es una fracción secundaria del contenido total de potasio de la tierra, y b) el material de la corteza ha sido derivado de una especie de manto por diferenciación o metamorfismo o por ambos. Si se toma la masa de la tierra, excluyendo el núcleo, como $4,0 \times 10^{27}$ gm, el contenido de potasio del mundo, deducido del valor de los aerolitos pedregosos dado por Brown y Patterson (1948) como $0.18 \pm 0,02\%$, y el caudal isotópico de K^{40} como $0,012\%$, el actual contenido de K^{40} de la tierra será $8,6 \times 10^{20}$ gm. Entonces, debe ser calculada la cantidad de A^{40} producida en la época geológica usando la conocida ecuación proporcional

$$N^0 = N e^{\lambda t}$$

en la que N^0 es el número de átomos de potasio presentes en el momento $t = 0$, N es el número de átomos de potasio existentes actualmente en la tierra. La cantidad λ es la constante de descomposición, y t es el tiempo transcurrido desde el comienzo de la historia geológica que será aceptado como $3,3 \times 10^9$ años. Las recientes medidas directas de la vida media del K^{40} y la valoración de la fracción de K^{40} que se descompone en A^{40} , comparada con Ca^{40} (Sawyer y Weidenbeck, 1950) son, probablemente, las mejores obtenidas. Estos datos dan una vida media total de $1,3 \times 10^9$ años con un λ correspondiente de $0,55 \times 10^{-9}$. La razón derivada A^{40}/Ca^{40} se tomará como 0,1. Usando estas cifras, el peso de K^{40} desintegrado en tiempo geológico

$$N_0 - N = 43,9 \times 10^{20} \text{ gm. } K^{40}$$

Ahora bien, si aplicamos la razón derivada resultará $4,3 \times 10^{20}$ gm. A^{40} producida dado que $t = 0$.

La cantidad de A^{40} en la atmósfera es ahora casi exactamente 12 gm./cm^2 . Tomando el área de la superficie de la tierra como $5,1 \times 10^{18} \text{ cm}^2$ (Rankama y Sahama, 1950), y el caudal de A^{40} como $99,6\%$ del Argón, hay $6,1 \times 10^{19}$ gm. de A^{40} en la atmósfera.

Esto significa que durante la época geológica

$$\frac{6,1 \times 10^{19}}{4,3 \times 10^{20}} \times 100 = 14\%$$

del A^{40} que se ha traslucido. Probablemente, no ha sido uniforme la velocidad de escape la cual tal vez fué mayor durante los primeros períodos de la historia de la tierra, cuando era mayor el calor radioactivo. La diferenciación primitiva de la corteza basáltica contribuyó probablemente un pequeño porcentaje del total actual.

Cantidad de agua manada en el interior de la tierra

Parece razonable que la temperatura del manto se considere más alta de los 1000°C , sea cual fuere la hipótesis respecto al origen de la tierra. Un cálculo reciente de Urey (comunicación particular) indica un máximo en el manto de 4.000°C , aproximadamente. A temperaturas por encima de 1000°C , el agua no se mantiene encerrada en ninguna celosía mineral. Los minerales de temperaturas más altas son los olivinos, los piroxenos y los feldespatoides, no los anfíbolos y micas (Shand, 1947). Por tanto, como una aproximación previa se puede suponer que el agua actuará como el Argón a temperaturas altas en cuanto a escapar hacia la superficie, cualquier proceso de difusión del calor, o de afluir o manar, mediante el cual se desprenda el Argón definitivamente hacia la atmósfera y hacia la litosfera, permitirá también la pérdida de una cantidad equivalente de moléculas de agua. Solamente cuando el agua esté próxima a la superficie (20-30 Km) obrará de manera muy diferente a la del Argón. Parte del agua se mezclará con la corteza y el resto entrará con el argón en la atmósfera y en la hidrosfera. Suponiendo entonces que la fracción de A^{40} perdida en la atmósfera es igual a la fracción de agua del manto perdida en la corteza y en la hidrosfera, será posible calcular esta cantidad de agua.

De acuerdo con Brown (1948), el contenido de hidrógeno del total de los aerolitos pedregosos es el $0,06\%$ de su peso, lo que proporcionaría un equivalente de agua de $0,54\%$. De modo que, tomando otra vez la masa de la tierra, excepto el núcleo, como $4,0 \times 10^{27}$ gm., la masa de agua disponible para el movimiento es de $2,5 \times 10^{25}$ gm. más o menos. Ahora bien, si el 14% escapó a la corteza y a la superficie, se ha desprendido $3,4 \times 10^{24}$ gm. cuyo valor debe ser

comparado con la cantidad de agua de la atmósfera, hidrosfera, rocas sedimentarias, rocas plutónicas y metamórficas y basalto de la corteza. Los valores totales del agua en la atmósfera y en la hidrosfera son fácilmente asequibles y conocidos con exactitud. Para calcular la cantidad en los sedimentos y en las rocas sedimentarias, se supuso el valor usado por Kuenen (1946) para el total del volumen y el porcentaje del agua por peso fué deducido de las tablas de Daly (1933) y Rankama y Sahama (1950). El exceso de agua en el basalto sobre la cantidad contenida de la misma en la materia terrestre original (aerolitos pedregosos) fué calculado a base de un porcentaje de agua citado por Daly (1933) como un promedio de más de 100 análisis de basaltos de todos los tipos y suponiendo que la corteza de basalto tiene 60 kilómetros excepto debajo de los continentes, en donde se supuso que el espesor de la capa era de 40 km. debajo de 20 km. de rocas graníticas. Esto debería producir un alto valor del total del agua. El promedio del contenido de agua de muchos granitos fué tomado de Daly (1933) y se supuso que era aplicable a la profundidad de 20 kilómetros debajo de las superficies terrestres. En la Tabla 1 se muestran los resultados de estos cálculos.

Tabla 1

Contenido de agua

Atmósfera	0,00 × 10 ²⁴ gm.
Hidrosfera	1,4
Sedimentos	0,09
Granitos y metamórficos ..	0,02
Basaltos	0,73
<hr/>	
Total en la superficie y en la corteza	2,2 × 10 ²⁴ gm.
Evaporada en la época geológica	3,4 × 10 ²⁴ gm.

A pesar de los errores consiguientes, el acuerdo es excelente. Esto parece indicar que es posible que la hidrosfera se obtuvo desde el interior de la tierra durante la época geológica. La mayor duda estribaba en la suposición de que el agua pudiera actuar de modo semejante al Argón a temperaturas altas. Sin embargo, es interesante observar que las cantidades de la Tabla 1 permitirían que el agua tuviera sólo la mitad de la tendencia al escape que el Argón y continuarían permaneciendo en la hidrosfera. Obsérvese también que si la cantidad de agua calculada co-

mo evaporada fuera de diversos órdenes de magnitud bajo el valor observado (Tabla 1 — Total en la superficie y en la corteza) sería una prueba más que concluyente de que los océanos no podrían haber venido del interior.

Conclusiones

Si los océanos se han formado desde el interior durante la época geológica, como estas pruebas indican firmemente, se deduce que las rocas metamórficas y graníticas en que se apoyan los continentes se han formado también de la misma manera gradualmente. El problema de la formación granítica es un aspecto secundario del problema inicial referente a la naturaleza de la corteza original. Dado que Edwing y Press (1950) eliminaron la posibilidad de una corteza granítica inicial por sus observaciones de que el granito no existe debajo del Atlántico ni del Pacífico y, por deducción, tampoco debajo de los otros mares, se hizo necesaria una nueva teoría acerca del origen de la corteza terrestre. Dicho nuevo concepto fué propuesto por Bucher (1950) en su discurso de toma de posesión de la presidencia de la Unión de Geofísica de Estados Unidos. Esta teoría se basa en que una corteza basáltica se ha ido alterando gradualmente en relación a sus regiones débiles y actividad orgánica. Este concepto es compatible con el de un planeta que tiene todavía el 75% de corteza basáltica y el que se desarrolló de acuerdo con la moderna teoría del acrecimiento. Las pruebas de una hidrosfera derivada prestan apoyo adicional al origen sugerido por Bucher ya que en dicho caso ha existido todo el material necesario para la transformación de la corteza. Se puede demostrar por un sencillo cálculo que si el agua procedente del interior de la tierra tenía solamente un 0,1% de potasa, todas las rocas graníticas podrían haber sido formadas de una base de basalto. El misterioso "ícor" de los partidarios de la granitización pudiera no ser por tanto ni misterioso ni improbable. Mientras que los detalles del proceso pueden ser dudosos debido a la falta de datos físicos y químicos a esas temperaturas y presiones, el efecto potencial del actual océano de agua moviéndose a través de una corteza basáltica que lleva en suspensión diferentes iones, tales como potasio y sodio, es el adecuado para formar todo el granito observado en la corteza actual.



LA IMPORTACION EN LA AMERICA LATINA

Por Hugo Martín

Las importaciones a la América Latina procedentes de los Estados Unidos, que hasta ahora han sido, mayormente, de artículos de consumo livianos y de algunos productos básicos, como el acero, comienzan a experimentar un cambio gradual, siendo cada vez mayores las cantidades de materias primas que se importan para el desarrollo y abastecimiento de nuevas industrias.

El año pasado, la América Latina compró a los Estados Unidos materias químicas, carbón, algodón y petróleo por valor de 504 millones de dólares, además de azufre, caucho, asbesto (amianto), níquel y otros productos de uso industrial.

A mi parecer, las importaciones de materias primas han de aumentar constantemente a medida que se establece, en la América Latina, una firme estructura industrial. La demanda de productos manufacturados importados — artículos de consumo, productos de acero y equipo de producción — disminuirá poco a poco, y los fuertes ahorros de divisas extranjeras realizados de este modo servirán para pagar las importaciones de materias primas. La finalidad es una economía en la que predomina, para el consumo nacional, la fabricación de tejidos, automóviles, receptores de radio, máquinas-herramientas y cientos de productos más; para los excedentes exportables se buscarán mercados extranjeros.

Esta evolución industrial — que, por cierto, no ha de ocurrir de la noche a la mañana — es la meta que persiguen definitivamente las repúblicas latinoamericanas, como lo demuestran sus mayores importaciones de materias primas.

El análisis del comercio interamericano indica que las materias primas básicas constituyen una proporción cada vez mayor de lo que esas repúblicas compran en el extranjero. En los países más industrializados se importa, aproximadamente, 25 por ciento de las materias primas.

Entre las nuevas industrias latinoamericanas que necesitan importar materias primas se cuentan la Siderúrgica, la de productos quí-

micos y la textil. En la fabricación del acero, la falta del carbón y de alta calidad no ha impedido el desarrollo de esa industria. El sistema de comercio recíproco con los Estados Unidos facilita la importación de carbón superior para convertir en coque, a cambio de productos que se necesitan en los Estados Unidos. El año pasado, por ejemplo, la planta siderúrgica de Huachipato, en Chile, importó de los Estados Unidos unas 133.800 toneladas de esa clase de carbón. La enorme planta de Volta Redonda en el Brasil importa de ese mismo país más o menos el 65 por ciento del carbón que emplea para convertir en coque.

Estas plantas siderúrgicas — construídas con la ayuda de la cooperación interamericana — ofrecen múltiples beneficios, emplean a miles de trabajadores y a la vez estimulan el desarrollo de industrias afines. También ahorran divisas extranjeras. Al abastecer todo el mercado nacional, la planta chilena ahorró el año pasado 18 millones de dólares en divisas, y las fábricas de México y del Brasil han realizado ahorros similares. Además, las plantas ganaron utilidades de la venta del acero en el mercado nacional y en el extranjero. En Chile, estas utilidades ascendieron el año pasado a 36.900.000 dólares, y se espera que este año la cifra sea aún más elevada.

En 1952 la industria química en la América Latina importó materias químicas de los Estados Unidos por valor de 322 millones de dólares para fabricar medicinas, abonos, papel, fibras sintéticas y muchos otros productos. La industria latinoamericana del rayón, que experimenta un rápido desarrollo, importa el 45 por ciento de sus materias primas de los Estados Unidos, inclusive grandes cantidades de azufre...

El Brasil, México y Venezuela están construyendo plantas de substancias químicas para que no sea necesario importar algunas materias primas. En Sao Paulo, Brasil, una fábrica de DDT y de cloro hecho con soda cáustica. La planta de ácido sulfúrico que se está construyendo en Venezuela rendirá 15 toneladas de ese producto al día.

EL PROCESO AVESTA DE HORNOS ROTATIVOS PARA FABRICACION DE HIERRO ESPONJA, EN DOMNARFVET.

Por Bo. Kalling

Trabajo presentado para su discusión en la Junta de Expertos en Siderurgia de la América Latina, reunida en Bogotá el 13 de octubre de 1952.

A continuación se da una breve reseña de los experimentos que se han realizado en Suecia para producir hierro esponja en un horno rebatenio: 1º en Avesta entre 1928 y 1935 y más tarde en Domnarvet desde 1950.

El Método de Avesta

En Avesta se empleó el siguiente procedimiento de reducción: un horno rotatorio fue alimentado en forma continua con mineral finamente pulverizado y un exceso de carbón molido, por ejemplo, menudos de coque. El calor fue suministrado a la zona final de reducción por medio de energía eléctrica que fue conducida al través de la carga por dos electrodos en forma de anillo hechos de acero resistente al calor. El gas formado por la reacción entre el mineral y el carbón, se quemaba antes de abandonar el horno y en consecuencia su calor pudo ser usado en gran parte, pero no totalmente, para calentar la carga. De acuerdo con la construcción del horno, el mineral se cargaba al horno separadamente al través de un tubo central que el gas de reacción atravesaba en dirección contraria. La parte interior del tubo, de esta manera, constituía una zona prerreductora de la cual se esperaba una mejor utilización del óxido de carbono contenido en el gas. Como sin embargo el terreno no funcionó muy satisfactoriamente, la construcción se simplificó más tarde.

La esponja conjuntamente con el exceso de carbón, era descargada al través de un enfriador, el cual servía al mismo tiempo como cie-

rrer para evitar que el gas se escapara por este camino. El exceso de combustible, separado de la esponja por un separador magnético, se devolvía al extremo de alimentación del horno, con el objeto de emplearlo de nuevo.

El detalle más importante de la construcción del horno lo constituía la forma en la cual se introducía la energía eléctrica. Se consideraba importante que el calor necesario para la reducción se aplicara en el mismo punto en el que se le consume. Esto pudo realizarse utilizando la carga misma como resistencia eléctrica. Con el objeto de evitar que la energía eléctrica a lo largo de las paredes del horno, el diametro del electrodo era inferior que el diámetro interno del horno.

Los resultados experimentales indicaron una capacidad del horno inferior a la calculada, debido a que la energía hubo de limitarse con el objeto de evitar una intensidad de corriente excesiva en la superficie de contacto entre la carga y los electrodos. Si la intensidad pasaba de cierto límite, el mineral se adhería a los electrodos y formaba conglomerados. La capacidad de producción del segundo tipo de horno pudo elevarse solamente con dificultad a más de cinco toneladas diarias de contenido de hierro dentro de la esponja, si a la vez quería obtenerse un grado satisfactorio de reducción.

El consumo de energía y combustible para un mineral con una ley de 60 a 65%, fue normalmente:

por tonelada de hierro en la esponja 90% de reducción

Energía eléctrica
Combustible (generalmente mezclas finas de coque y carbón)

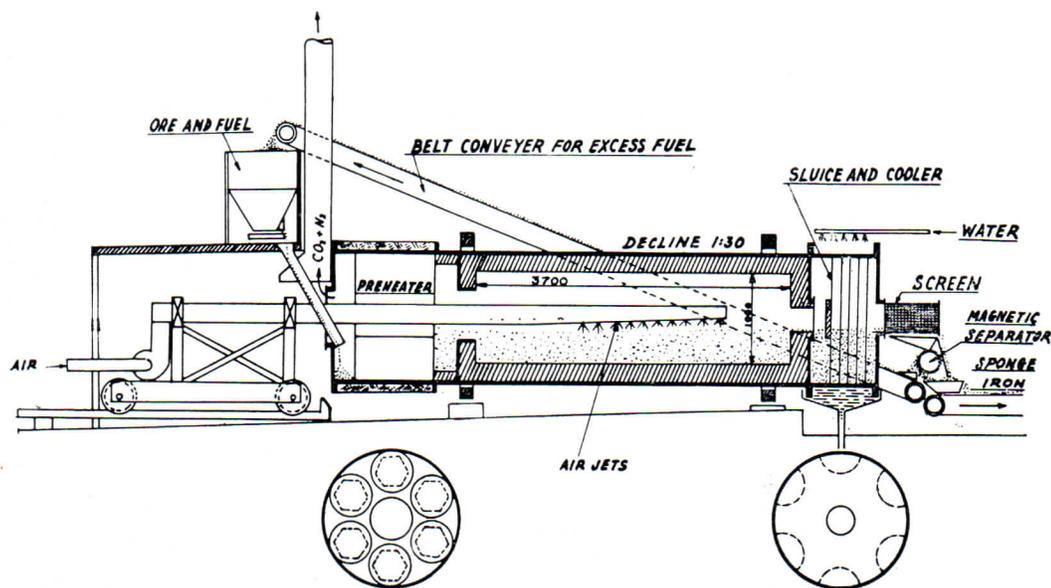
700-800 KWH

500 Kg.

La relación entre consumo de energía y combustible, podía variarse dentro de ciertos límites, controlando el volumen del aire, pero si introducía demasiado dentro de éste, aparecía cierto riesgo de adherencias a las paredes en la zona de reducción.

Durante los primeros ensayos preliminares se empleó carbón de madera como agente reductor. Se demostró sin embargo, que era preferible sustituir una parte del carbón de

nación, posterior a la reducción. Con este objeto la esponja era adicionada con 5% de cal viva y un poco de finos de coque y recalentado en un horno cerrado a 800-900 grados centígrados. El azufre por este procedimiento era absorbido muy rápidamente por la cal, con lo cual la refinación se realizaba sin dificultad. En Avesta se empleó el mismo horno del proceso de reducción pero sin agregado de aire. El consumo de energía resultó cercano a 400 KWH por hora por tone-



Horno para la producción de hierro esponja en la planta piloto de Domnarfvet, Suecia

madera por finos de coque, debido a que las pérdidas arrastradas en el gas de escape, eran relativamente altas si sólo se empleaba carbón de madera. Con este combustible no se presentaron dificultades para mantener el contenido de azufre en el hierro esponja en una cifra satisfactoria, pero cuando se empleó, ya sea coque o carbón de piedra puro, subió el contenido de azufre de la esponja, generalmente hasta 0,2-0,3%. Se trató de agregar cal o dolomita a la carga, pero especialmente al reducir minerales silíceos, este agregado aumentaba la tendencia a las adherencias a la pared, por lo cual fue abandonado. Se encontró, sin embargo, que el contenido de azufre de la esponja era fácil de disminuir en un proceso separado de refi-

lada de hierro, pero experimentos posteriores en Domnarfvert demostraron que no hay razón para que exceda de 100 a 150 KWH hora, si se toman algunas medidas para asegurar una mejor economía de calor en el proceso. La desulfurización debe ser seguida por una segunda separación magnética. Por este procedimiento resultó posible reducir el contenido de azufre bajo 0,010%, empleando el procedimiento de concentración por vía húmeda. Un elevado contenido de hierro y un alto grado de reducción de la esponja, se obtenían simultáneamente.

El análisis de la esponja terminaba, partiendo de hematita sueca con 60 a 65% de hierro, era después de desulfurización y concentración:

Hierro total	94,5	%
Hierro metálico	88	%
Grado de reducción	93	%
Azufre	0,010	%

El consumo de energía y de materias primas era :

	Por tonelada de esponja terminada
Mineral de 63% de hierro	1.650 Kg.
Energía eléctrica para reducción y desulfurización	1.000 KWH
Finos de coque y carbón	530 Kg.
Cal viva	50 Kg.

Debe hacerse presente que si el proceso se realiza en hornos más grandes de construcción ligeramente modificada, el consumo de combustible y energía eléctrica pueden rebajarse en forma considerable. Como el proceso se puede realizar sin ninguna aglomeración preliminar del mineral aún empleando minerales y combustibles molidos, el procedimiento podría todavía resultar interesante hoy día, mediando condiciones favorables.

El horno de Avesta ha sido explotado comercialmente durante períodos extensos, produciendo polvo de hierro, pero no ha sido empleado durante los últimos años. Ninguna planta de tamaño industrial, que emplee el procedimiento Avesta, ha sido construída en parte alguna.

El Método Domnarfvet

A fin de los años 30, los resultados obtenidos con un método muy diferente, suministraron la idea para mejorar el sistema de introducción del aire, dando la posibilidad de incrementar de tal manera la combustión que el empleo de energía eléctrica resultaba innecesaria. El principal problema para obtener un procedimiento que suministrara suficiente calor por la combustión de carbón, exclusivamente, ha sido la circunstancia de que el calor se genera encima de la carga y no en el interior de ella, como ocurre con la resistencia eléctrica. Por lo tanto, para asegurar un suministro suficiente de calor a la carga, se requiere un sobrecalentamiento del horno en la parte superior, y especialmente en la zona de combustión propiamente dicha. Este exceso de temperatura debe ser tanto ma-

yor cuanto más grande es la producción y pronto se alcanza un límite en el cual la producción no puede incrementarse más, sin el riesgo de adherencias, un inconveniente muy conocido en la explotación de hornos rotatorios.

Este procedimiento ha sido resuelto en una forma muy simple en el método Domnarfvet. El aire se introduce aquí a la zona de reducción al través de un tubo central desde el cual se le reparte por una serie de chorros dirigidos contra la superficie de la carga y durante la rotación. Se ha encontrado que el oxígeno del aire puede soplar por este método sin ninguna dificultad contra la carga, en el mismo tiempo debe ser reducida. Por el contrario, usando este procedimiento no existen inconvenientes para reducir el mineral a un 90 o 95%. La explicación es que la carga se encuentra protegida en cierto modo contra el contacto directo con el oxígeno, por el monóxido del carbono que se genera en ella durante la reducción. Además parece que bajo ciertas condiciones, el carbón fino tuviera una tendencia a concentrarse en la superficie de la carga, lo que también contrarresta la reoxidación.

Si el aire es dirigido de esta manera hacia la carga, resulta un sobrecalentamiento local. La acción agitadora durante la rotación del horno, causa una rápida transferencia del calor desde las capas exteriores, hacia el interior de la carga. De esta manera la transmisión del calor se hace muy efectiva, y se ha comprobado la posibilidad de explotar el procedimiento con una producción satisfactoria sin que las temperaturas de los muros excedan a la de la carga. La última varía generalmen-

te entre 1.075 y 1.150 grados centígrados, dependiendo del carácter del mineral. El riesgo de adherencia a las paredes, a su vez, se reduce considerablemente. Otra ventaja que resulta de dirigir el aire contra la carga, es que así se evita el contacto entre oxígeno libre y la pared; ello ha resultado necesario para evitar las adherencias.

Algunos experimentos preliminares fueron realizados en 1939 en un pequeño horno de laboratorio en los altos hornos de Hogfors, que pertenece a la compañía Avesta. Los experimentos dieron resultados promisorios, pero no fueron reanudados hasta 1950, esta vez en Domnarfvet, sitio en el que se ha desarrollado actualmente su uso.

Una mezcla de mineral con un exceso de combustible, generalmente finos de coque, en exceso, se alimenta en forma continua al horno rotatorio desde una tolda, y la esponja junto con el exceso de coque abandona en el horno en forma continua en el extremo opuesto al través de un tubo enfriado por agua, tal como en el proceso Avesta. Los gases de combustión escapan en contracorriente con la mezcla de mineral y coque, por el extremo de alimentación del horno y su calor sencillo es así transferido a la carga de un intercambiador de calor hecho de palastro, porque da un buen contacto entre el gas, y la carga y el palastro, el cual toma parte, igualmente, en la transmisión de calor. Como se ha comprobado la posibilidad de quemar el monóxido de carbono completamente dentro del horno y mantener al mismo tiempo una temperatura baja en los gases de escape, (más o menos 300 grados centígrados), el consumo de combustible resulta bajo. La esponja es separada del exceso de coque por un separador magnético en la forma acostumbrada. En aquellos casos en que se emplea mineral de hierro en trozos o aglomerado es preferible extraer primero la esponja gruesa en una zaranda rotatoria al final del horno y enseguida separar

magnéticamente solo la fracción fina. El coque excedente se devuelve a la tolva de carga.

El horno de Laboratorio tiene un diámetro interior de solo un metro y una longitud de 3,5. En él ha resultado posible producir por lo menos 3 toneladas de fierro metálico en 24 horas, en la forma de esponja con un grado de reducción del 90 al 95%, si el mineral es de 60% de ley. Eso es más o menos 3 toneladas por metro cúbico de volumen de horno es más o menos 1 tonelada de fierro por 24 horas, comparado con 500 kilos en el horno Avesta. Por lo general el combustible ha constituido en polvo de coque relativamente fino y el consumo neto ha sido más o menos de 550 kilos por tonelada de fierro contenido en la esponja. El consumo total ha sido un poco mayor debido a pérdidas de combustible arrastrado por los gases debido a que hasta ahora han faltado los arreglos para recoger dicho polvo. En un horno escala industrial con una buena separación de polvo el consumo total de coque fino no debería exceder 500 kilos por tonelada de fierro en la esponja.

Cuando se emplean coque molido o fino de excesivo de azufre, tal como en el proceso Avesta, debe contarse con un 0.15 a 0.25% carbón, la esponja resulta con un contenido de azufre en la esponja sin refinar. Se han realizado experimentos con adiciones de cal o dolomita granuladas con el objeto de reducir el contenido de azufre, pero no han dado resultados satisfactorios ni siquiera con el proceso Domnarfvet, por lo menos no en las pocas oportunidades en que se han ensayado este método. Se ha encontrado, sin embargo, posible desulfurar la esponja calentándola con polvo de cal y de coque en un horno cerrado. Los experimentos de Laboratorio han demostrado que es ventajoso realizar la desulfuración a 825 grados centígrados.

El consumo de material y de energía se ha calculado en :

	Por tonelada de fierro en la esponja
Energía eléctrica	100 KWH
Cal viva	30 KG.
Polvo de coque	20 KG.

La construcción del horno de desulfuración es muy simple y el proceso rápido. Una separación magnética es indispensable después de la desulfuración. Se ha encontrado

que también puede obtenerse una separación efectiva con el material tratado al seco, si se aprovechan los últimos progresos en la técnica de concentración de minerales. Otro mé-

todo de desulfurización se encuentra en estudio, pero aunque parece promisor, no está aún listo para ser presentado a discusión.

En relación con esto debería recordarse probablemente, que un contenido de azufre comparativamente alto en la esponja no excluya su uso en la producción de acero. Es fácil extraer el azufre en la operación de fundición subsiguiente y podría parecer no recomendable complicar el proceso de reducción con la desulfurización, sino posponer a ésta hasta la afinación del acero. Esto probablemente es digno de considerarse al proyectar plantas nuevas, donde no hay pies forzados impuestos por los métodos en explotación. Es, por ejemplo, posible fundir la esponja en un horno eléctrico especial de fusión con el agregado de cal para formar una espora de sulfurante después de lo cual el acero líquido de bajo contenido de azufre se pasa a la acerería. Es también posible agregar carbón durante la fusión para obtener un arrabio que puede refinarse ya sea por medio de cal durante la fusión o posteriormente empleando alguno de los métodos corrientes de desulfuración.

Polvo de coque es el agente reductor que se ha empleado con más frecuencia para este proceso, pero carbón y antracita mezclada con coque han sido usados igualmente con ventaja. Puede considerarse, por supuesto, también otros agentes reductores de grano fino.

El mineral puede cargarse en forma de polvo pero se obtiene una mayor producción con el empleo de trozos pequeños o aglomerados. Sinter corriente "sinter an pellets" son por lo tanto materias primas excelentes. Algunos experimentos que aún no están definitivamente terminados demuestran que mineral fino aglomerado para formar pellets mediante algún agente adecuado, puede usarse di-

rectamente sin tratamiento de sinter preliminar.

No siempre es necesario concentrar un mineral pobre antes de la reducción. Algunas veces resulta más ventajoso reducir el mineral directamente después de su trituration al tamaño adecuado y moler y concentrar el producto después de haberse hecho la reducción. Este procedimiento ha dado excelentes resultados especialmente en el caso de hematitas difíciles de concentrar.

El tamaño de los trozos de mineral o de los aglomerados puede variar sin inconvenientes dentro de los límites bastantes amplios, pero la mayor parte debería ser de preferencia menor a 25 milímetros en un horno a escala industrial.

Se mencionarán algunos resultados obtenidos con un hematitas silícica sueca (Striberg) en el horno Domnarfvet. El mineral fué triturado a menos de 12 milímetros y reducido con polvo de coque, que contenía 80% de carbono y estaba molido bajo 2 milímetros. La producción alcanzó acerca de 2,8 toneladas de hierro por día y el consumo neto de coque fué de 540 kilos por tonelada de hierro. La temperatura en el horno hubo de mantenerse relativamente baja, máximo de 1.000 grados centígrados, debido a que la ganga de este mineral fundía con facilidad. Por lo tanto el grado de reducción de la esponja cruda, más o menos 85% no era muy satisfactoria pero después de la subsecuente concentración en seco, subió a 90,5% y el contenido de hierro total a 91,8 como indica el cuadro que sigue: El rendimiento de hierro de mineral a concentrado fué de 91%, lo que representa una cifra muy superior a lo que puede obtenerse concentrado este mineral antes de la reducción.

	Fetot	Femet	Grado de reducción	MnO	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	S	C
Mineral	55,4	—	—	0,1	0,7	2,1	1,0	18,0	0,04	0,01	1,2
Esponja cruda . .	68,0	57,5	84,5	0,1	0,8	2,5	2,1	23,1	0,04	0,21	
Esponja concen- trada	91,8	83,0	90,3	—	—	—	—	—	—	0,23	0,35

A pesar de que ya se han firmado convenios de licencias con algunas firmas escandinavas, el proceso aún no ha sido ensayado en escala industrial. Esperamos que antes de fines de este año se empiece la construcción de una de tales plantas. En cuanto se refiere

al tamaño del horno, es preciso hacer presente que no debe ser demasiado grande. Creemos que resultará ventajoso limitar el diámetro interior a 2 metros y el largo total entre 8 y 10. En un horno de este tamaño debería poderse alcanzar una producción de 15

a 20 toneladas en 24 horas. Por supuesto también es posible que se pueda explotar hornos de mayor tamaño, pero creemos que puede tenerse una mayor confianza respecto a la eficiencia del proceso; puede hacerse bastante automático desde la carga de las materias primas hasta el producto terminado, el número de obreros que se necesitan son pocos: 2 a 3 hombres por turno y la necesidad de ellos aumenta muy poco si se instala mayor número de hornos. Por lo demás los equipos para la separación magnética como igualmente los de transportes pueden ser diseñados para que sirvan a todos los hombres, lo que significa que la inversión de capital será muy poco mayor que la que correspondería a una instalación de hornos de mayor capacidad.

No quiero presentar aquí cálculos de los costos de producción de esponja producida por este método. El proceso Domnafvert aún no ha sido ensayado comercialmente y como por otra parte los costos son influenciados en condiciones locales, una tentativa de un cálculo más general tendría muy poco valor. Para resumir voy a enumerar alguna de las ventajas del método Domnafvert en compara-

ción con otros métodos de producción de esponja :

1. No consume energía eléctrica para la reducción;
2. Consumo bajo de combustibles;
3. El combustible puede y debe ser de grano fino;
4. Pueden emplearse minerales de diferente tipo y pureza; y ellos pueden ser preparados de distintas maneras;
5. El costo de mano de obra es bajo;
6. La inversión de capital es muy baja y una planta que se empieza en escala pequeña puede ser fácilmente expandida instalando mayor número de hornos.

El proceso tiene, en cambio, la desventaja de que puede hacer indispensable un tratamiento posterior de dezulfurización.

Como conclusión general puede decirse que este método suministra posibilidades para producir un hierro muy barato y que habría de considerársele como un medio de producir hierro, especialmente al construir plantas nuevas de acero.

**J. FINNIN
& CIA. LTDA.**

MEDELLIN - BOGOTA

**INGENIEROS
ELECTRICISTAS**

**TUBOS DE CEMENTO
DURALITA**

Superpresionados a máquina
de acabado perfecto.

Prefiéralos y evitará reparaciones costosas.

TELEFONOS:

127-65 y 144-25

200 PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO SE PRODUCEN ACTUALMENTE EN LOS EE. UU.

La producción de sustancias químicas obtenidas del petróleo es probablemente la industria de más rápido crecimiento en los Estados Unidos hoy. Estas sustancias se obtienen principalmente de los subproductos gaseosos de las refinerías de petróleo y del gas natural.

Aproximadamente 200 importantes productos de esta naturaleza están produciéndose y su demanda crece rápidamente. Se emplean en la manufactura de muchos productos acabados tales como el caucho sintético, los artículos plásticos, los textiles y los detergentes sintéticos, el celofán, tintas, perfumes, drogas, gasolina para la aviación, pinturas, abonos e insecticidas.

Los científicos investigadores descubrieron, alrededor de 1920, la manera de producir económicamente sustancias petroquímicas de compuestos carboníferos del gas natural y el petróleo. Se contruyeron entonces unas pocas plantas pequeñas, principalmente para la producción de una especie de alcohol que se emplea en anticongelantes, y de acetato para el rayón. Esta industria creció en los veinte años siguientes, aunque siempre se mantuvo rezagada en comparación con las sustancias químicas derivadas del alquitrán de hulla y de productos agrícolas tales como granos y melaza. La producción en grande escala comenzó por fin alrededor de 1940.

Muchas de las plantas petroquímicas estadounidenses están situadas cerca a refinerías de petróleo, de donde obtienen los subproductos gaseosos — y ciertos productos líquidos — que quedan después de la elaboración de la gasolina, la kerosina y otros productos del petróleo. Otras plantas están situadas en la vecindad de campos petroleros en la región suroeste de los Estados Unidos, donde hay abundantes yacimientos de gas natural.

"Estas plantas separan el gas natural y lo revuelven como quien baraja cartas de naipe", dice G. R. Walton, ingeniero industrial de la United Gas Pipe Line Company. "Lo que no usan lo quemamos para combustible".

El gas tiene dos ventajas importantes sobre el carbón y los productos agrícolas como materia prima química: mayor provisión segura y mayor estabilidad en el precio.

El crecimiento de la industria petroquímica constituye una ilustración dramática de cómo la investigación científica que descubre productos nuevos y útiles puede enriquecer la economía de una nación y crear nuevas oportunidades de empleo para los trabajadores.

En 1940, cuando la industria apenas comenzaba su reciente expansión, la producción estadounidense fue de cerca de 1.800 millones de kilos. En 1952 la producción fue de más de 7.650 millones de kilos. Los economistas de la industria prevén que la producción aumentará al cuádruplo en el curso de los próximos diez años, hasta alcanzar una rata anual de cerca de 28.800 millones de kilos. Las plantas petroquímicas ahora en operación proveen empleo para unos 30 mil trabajadores que ganan 120 millones de dólares al año.

Se calcula que para 1962 los productos petroquímicos representarán un cincuenta por ciento de la producción química de los Estados Unidos, en comparación con el veinte por ciento actual.

"El mayor crecimiento potencial lo vemos en el campo de las fibras sintéticas e inmediatamente después en los productos plásticos", dice el Dr. A. P. Beutel, vicepresidente de Dow Chemical Co.

METALES DE GRAN PUREZA

Fue significativo para la industria de los metales el anuncio reciente de la aceleración de las actividades de la Vacuum Metals Corporation, de Cambridge, Mass., organización que se fundó con el fin de emprender la explotación comercial de ciertos descubrimientos surgidos de las actividades investigadoras de la National Research Corporation en el campo de la metalurgia.

La National Research Corp., se ha ocupado durante los últimos años en el estudio de diversos procedimientos metalúrgicos nuevos relacionados con la técnica para la producción de nuevos metales y aleaciones; para hacerlos más resistentes, más económicos y más fáciles de obtener; para encontrarles nuevas aplicaciones; y para desarrollar nuevos métodos de fundir y vaciar metales y aleaciones de muy elevada pureza al alto vacío.

Hace pocos años que la fundición y colado de metales por vacío se consideraba una curiosidad de los laboratorios, pero ya la compañía ha alcanzado una capacidad de producción comercial en exceso de diez toneladas al día. Productos, tales como el cobre de muy elevada pureza, han sido utilizados para satisfacer las rigurosísimas exigencias de la industria electrónica en la fabricación de magnetrones y otros dispositivos modernos.

Otra empresa, y quizá la mayor fábrica de los nuevos hornos de alto vacío para elaborar y purificar metales, es la F. J. Stokes Company, de Filadelfia 20, Penn. Los hornos de la Stokes se fabrican utilizando diferentes métodos de termorresistencia, termoinducción y acero eléctrico al vacío.

La F. J. Stokes Company también ha efectuado extensas investigaciones sobre el asunto, y se encuentra actualmente terminando un nuevo trabajo de suma importancia sobre la metalurgia al vacío del titanio, zirconio y otros metales raros, mediante un procedimiento Kroll perfeccionado y por otros métodos que puedan ser requeridos en cualquier caso dado. Aunque la mayoría de los nuevos y perfeccionados hornos de Stokes están por ahora siendo adquiridos por la Comisión de Energía Nuclear, algunos pueden obtenerse por la industria para fines comerciales.

Si bien la metalurgia al vacío no tiene nada que pueda considerarse como radicalmente nuevo, puede decirse con seguridad que ese método de elaborar metales comenzó a salir del laboratorio únicamente desde que los hornos apropiados para la producción comercial pudieron obtenerse hace pocos años. Hoy la metalurgia al vacío está asumiendo rápidamente importancia comercial.

Fundición al vacío

Aunque parezca extraño a los legos en la materia, todos los metales contienen grandes cantidades de gases disueltos, tales como oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, uno o más de los cuales pueden afectar seriamente las propiedades físicas del metal. En el caso de los metales que se funden y ligan bajo vacío, esos gases son eliminados, y en muchos casos se logra gran mejoría en las características físicas del producto fundido al vacío. En el caso del cobre, se han notado considerables aumentos en sus cualidades de conductividad tanto térmica como eléctrica. Y, también presenta mejores cualidades de ductilidad y labrabilidad desde el punto de vista de su elaboración.

La técnica de elevada pureza ha constituido el sueño de los metalúrgicos durante mucho tiempo. El metal es fundido en un alto vacío que extrae los gases atrapados y evita la formación de óxidos dañinos incluidos. Acudiendo a la fundición al vacío, es posible manejar muchas de las aleaciones de mayores temperaturas, y también los metales raros más reactivos, incluyendo el zirconio, molibdeno y titanio, sin efectos deletéreos. El hierro colado, fundido al vacío, ha sido empleado para los exigentes requisitos de las normas espectrográficas, donde se ha alcanzado una pureza hasta hoy inobtenible.

Problemas

Los problemas relacionados con la fusión, en algunos casos la ebullición de los metales a temperaturas tan elevadas como la de 5000 grados Fahrenheit (2760° C.), a presiones tan bajas como de una cienmilésima de una atmósfera, tuvieron que vencerse. Pero no fué hasta el reciente perfeccionamiento de la bom-

Aplicaciones

ba de difusión que los altos vacíos se hicieron comercialmente obtenibles o posibles y, por tanto que la fundición al vacío se ha hecho factible.

Cuando se discuten altos vacíos, se trata de vacíos en el orden de 10 micrones (0.01 milímetros) de presión absoluta de mercurio. En términos generales eso sería equivalente a extraer por succión, de un envase del tamaño de la gran estación del ferrocarril de Pensilvania en la ciudad de Nueva York (que ocupa dos manzanas), todo cuanto contenga, con la sola excepción de un objeto del tamaño y de una pelota de tenis.

Fundamentándose en su producción piloto de meramente tres toneladas diarias de metales fundidos al vacío, la National Research Corp. (NRC) ha recopilado una acumulación de pedidos por valor de varios millones de dólares. Eso constituyó la prueba de la demanda antes de que se aventurase a efectuar una producción a plena escala.

Existen muy buenas razones para la gran demanda de esos metales purificados. El microscopio revela algunas de ellas, indicando muchos de los defectos que se encuentran en los metales comunes. Por ejemplo, la microestructura del metal, considerablemente aumentada, revela la presencia de inclusiones de óxido (puntos negros) y huecos (puntos grises) que representan oclusiones gaseosas. El metal también contiene una gran cantidad de gas disuelto que, naturalmente, no se ve en la fotomicrografía.

Bolsas de gas

En la fundición y aleación corriente de los metales se forman generalmente bolsas de gas; que pueden ser tan inconvenientes como son dañinas al labrar y conformar los metales en perfiles manufacturados. Si el metal se va a emplear en un tubo de vacío, por ejemplo, el gas ocluido se filtra a través del metal y con el tiempo destruirá el vacío. Además, los huecos ocasionados por las burbujas del gas encerrado podrán debilitar el metal y reducir su duración, ocasionando deficiente rendimiento y aceptación del producto.

La National Research ha venido trabajando bajo la sencilla y lógica premisa de que cuando una industria busca pureza en los metales, es mejor evitar que se contaminen que contaminarlos, y las impurezas gaseosas no pueden introducirse en el metal si no se encontraban presentes antes.

Mediante la utilización de cobre de elevada pureza, fundido y colado al alto vacío, la Raytheon Manufacturing Company, de Waltham, Mass., ha podido reducir el tiempo de una etapa de la producción de sus válvulas amplificadoras magnetron para equipos de radar a más o menos la cuarta parte de lo que antes se consumía. Los magnetrones de Raytheon funcionan a una presión de más o menos una milmillonésima de un atmósfera absoluta. Empleando cobre corriente en el ánodo, la Raytheon necesitaba un tiempo considerable para evacuar cada válvula. Mientras más se reducía la presión en la válvula, mayor cantidad de gas disuelto se escapaba del ánodo de cobre, malogrando el vacío. Empleando el cobre exento de gas de la Vacuum Metals Corp., la Raytheon ha reducido el período de evacuación a un simple mínimo.

Otra importante aplicación de ese cobre exento de gas la constituye las juntas de vidrio con metal que son tan comunes en los equipos electrónicos. El vidrio y el cobre tienen diferentes coeficientes de dilatación. Cuando el cobre se une con vidrio, es frecuentemente suspendido por un borde fino de cobre, el cual deberá ser suficientemente delgado para doblarse, pero también deberá ser antiporoso. Aquí otra vez el cobre exento de gas satisface la necesidad. Está también exento de las impurezas metálicas volátiles tales como telurio, bismuto y zinc, que reaccionarían con el vidrio y lo debilitarían. Esas impurezas se pierden por destilación durante el procedimiento de fundición al vacío. La composición del cobre y otros metales se indica en una de las tablas aquí incluídas y deberá interesar a los metalúrgicos y demás personas encargadas de los problemas de producción que pueden beneficiarse con el uso de metales de elevada pureza.

Una aplicación adicional para el cobre exento de gas es como alambre para arrollamientos magnéticos, donde se requiere una extraelevada conductividad. El cobre comercial que se produce en los Estados Unidos y en otros países es un buen conductor de la electricidad. Sin embargo, el cobre exento de gas podrá rendir un 3 por ciento adicional que podrá ser necesario, pues no tiene bolsas de óxidos ni vacíos que constituyan barreras de resistencia al flujo de la corriente eléctrica.

En níquel exento de gas es otro metal importante que recién está comenzando a encontrar utilización en válvulas de emisión catódica en los cuales la uniformidad de composición es esencial para su correcto funcionamiento. Estudios de investigación y metalúrgicos para el establecimiento de series de normas para otros metales se están efectuando ya.

Cojinetes

Aun muchas de las características del acero pueden mejorarse por la fundición al vacío. Varios fabricantes de cojinetes antifricción han ensayado varias toneladas de acero fundido al vacío con el fin de ver si podría utilizarse en sus cojinetes, y encontraron que el acero fundido al vacío, de la calidad SAE 521000, posee hasta 300 por ciento mayor resistencia a la fatiga que el mismo acero fundido por el método corriente.

La Cía. Vacuum Metals ya funde muchas clases de metales para aplicaciones especiales. Algunos de éstos son: hierro de calidad normal, hierro de calidad para investigaciones, cobre, níquel y cobalto para iguales fines. Análisis típicos de esos metales aparecen más adelante en este artículo. Otros metales comprenden molibdeno, cromo, aleaciones magnéticas, aleaciones para elevadas temperaturas, y germanio para transistores.

La fundición al vacío aumenta algo el precio de los metales. Dependiendo de la clase o tipo, especificación, y volumen de la producción, podrá aumentar 20 a 60 centavos por libra al precio del metal comercial corriente. Sin embargo, para artículos de gran valor, tales como los equipos electrónicos, el aumento del costo es compensado con creces por las numerosas ventajas que ofrece el metal perfeccionado de elevada pureza.

Nuevo sistema de funcionamiento.

The National Research Corporation (Corporación Nacional de Investigaciones) es estrictamente una organización dedicada a la investigación y desenvolvimiento de descubrimientos e inventos, establecida por el Instituto Tecnológico de Massachusetts y varios asociados con el fin de convertir nuevos descubrimientos científicos en útiles procedimientos tecnológicos. Efectúa pruebas de muchos nuevos descubrimientos. Las operaciones satisfactorias, seleccionadas, son subsecuentemente establecidas como empresas co-

merciales independientes. Eso es, por ejemplo, lo que la NRC hizo con el concentrado de jugo de naranja congelado, y con el café soluble.

Cuando el procedimiento de fundir metales al vacío fue comprobado como inútil y comercialmente valioso, se formó la Vacuum Metals Corp., y es actualmente la única subsidiaria de propiedad exclusiva de la NRC, pero, por lo general la NRC prefiere vender los procedimientos perfeccionados a compañías independientes que los exploten, conservando para sí un mero interés de minoría, manteniendo de ese modo su calidad y funciones de organización investigadora.

Sin embargo, la división de equipos de la National Research Corp. fabrica diferentes bombas de vacío junto con otros equipos especializados, incluyendo los hornos de alto vacío. La Vacuum Metals Corp. será únicamente una unidad de producción y no fabricará equipos. En un sentido serán la NRC y la Vacuum Corp. competidoras, puesto que la NRC venderá equipos a otras empresas extrañas, a base de igualdad, para que ellas produzcan sus propios metales de elevada pureza, porque el mercado potencial es suficientemente extenso y la competencia propenderá a evitar que la Vacuum Metals Corp. se convierta en un monopolio.

Las operaciones piloto de la fundición al vacío fueron efectuadas en el horno de producción que se encuentra en el edificio que la NRC arrienda del Instituto Tecnológico de Massachusetts.

El porvenir.

Cuando la Vacuum Metals Corp. se desarrolle hasta exceder la capacidad que le permite sus recursos disponibles, como hay razón para creer sucederá en el futuro muy próximo, ya tendrá los planes listos para la expansión de sus recursos de producción. Mientras tanto, las actividades en el uso del alto vacío, y en la refinación de metales de elevada pureza se están desarrollando rápidamente en esos ramos de la industria estadounidense que se interesan en ellas, tales como en los campos de la energía nuclear, electrónica, cojinetes y diversos instrumentos.

Tabla N° 1.

Especificaciones de los metales.

En vista del interés inmediato que pueda existir en las industrias del extranjero por los

metales de elevada pureza, damos aquí algunos análisis típicos para referencia:

HIERRO DE CALIDAD NORMAL

Hierro total—99.91 por ciento por peso.

Análisis típico:	%
Nitrógeno	menos de 0.0005
Oxígeno	menos de 0.02
Hidrógeno	menos de 0.0005
Aluminio	menos de 0.002
Arsénico	menos de 0.0001
Carbono	menos de 0.005
Cromo	menos de 0.002
Cobalto	menos de 0.007
Cobre	menos de 0.01
Plomo	menos de 0.0001
Manganeso	menos de 0.007
Mercurio	menos de 0.0001
Molibdeno	menos de 0.002
Níquel	menos de 0.015
Fósforo	menos de 0.001
Silicio	menos de 0.007
Azufre	menos de 0.003
Estaño	menos de 0.005

Aplicaciones: El hierro de esta calidad es útil para toda aplicación que requiera la ausencia completa de gases disueltos o atrapados, y de los efectos deletéreos de las inclusiones y demás impurezas. Esta materia es el hierro más puro y limpio que se puede obtener en cantidades de toneladas. Puede ya obtenerse en barras de 200 lbs. (91 kilos), en secciones cuadradas hasta de 4 pulgadas (10.16 cms.) de lado y en formas especialmente vaciadas y fabricadas.

Tabla 2.

HIERRO DE CALIDAD PARA INVESTIGACIONES

Hierro total—99.95 por ciento por peso.

Análisis típico:	%
Nitrógeno	menos de 0.0002
Oxígeno	menos de 0.015
Hidrógeno	menos de 0.0005
Aluminio	menos de 0.001
Arsénico	menos de 0.0001
Carbono	menos de 0.005
Cromo	menos de 0.001
Cobalto	menos de 0.001
Cobre	menos de 0.001
Plomo	menos de 0.0001
Manganeso	menos de 0.001
Mercurio	menos de 0.0001

Níquel	menos de 0.001
Fósforo	menos de 0.001
Silicio	menos de 0.01
Estaño	menos de 0.001
Titanio	menos de 0.001
Tungsteno	menos de 0.001

Aplicaciones: Normalmente obtenible en lingotes redondos de 3 pulgadas (7.62 cms.) de diámetro que pesan hasta 20 lbs. (9.07 kilos) o en formas especiales según se requieran, tales como varillas, alambre, tiras y flejes.

Tabla 3

COBRE

Cobre total—99.90% por peso.

Análisis típico	%
Nitrógeno	menos de 0.0005
Oxígeno	menos de 0.002
Hidrógeno	menos de 0.0001
Antimonio	menos de 0.001
Arsénico	menos de 0.001
Bismuto	menos de 0.0001
Hierro	menos de 0.002
Plomo	menos de 0.0001
Níquel	menos de 0.0005
Fósforo	menos de 0.0001
Selenio	menos de 0.00005
Plata	menos de 0.001
Azufre	menos de 0.0001
Telurio	menos de 0.00005
Estaño	menos de 0.001
Zinc	menos de 0.0007

Densidad: 8.9436 gms/cc a 0° C.

Conductividad: 100.3% de norma Internacional para Cobre Recocido fundido.

Aplicaciones: Normalmente suministrado en tamaños corrientes de alambre, barras y lingotes. Pueden obtenerse perfiles y piezas fundidas de fabricación especial.

La eliminación de los gases que normalmente se encuentran en el material comercial, hace que este cobre sea deseable para la fabricación de piezas empleadas en componentes electrónicos evacuados para asegurar períodos de depuración rápida y para reducir la acumulación de presiones. La elevada densidad asegura baja porosidad, haciéndola útil donde los escapes a través de secciones delgadas deban evitarse. La máxima blandura y el bajo régimen de endurecimiento de trabajo de este cobre constituyen ventajas para las tareas de fabricación y labrado.



hasta 20 lbs. (9.072 kilos) y en formas especiales tales como tubería, alambre y tiras.

Níquel total—99.90% por peso.

Tabla 5

Análisis típico

	%
Nitrógeno	menos de 0.005
Oxígeno	menos de 0.005
Hidrógeno	menos de 0.0001
Aluminio	menos de 0.0001
Calcio	menos de 0.001
Carbono	menos de 0.005
Cobalto	menos de 0.02
Cobre	menos de 0.01
Hierro	menos de 0.04
Plomo	menos de 0.001
Magnesio	menos de 0.001
Manganeso	menos de 0.001
Fósforo	menos de 0.001
Silicio	menos de 0.001
Azufre	menos de 0.001

Aplicaciones: Es particularmente útil para los estudios básicos de las propiedades de los metales puros. Este material encuentra aplicación en los componentes electrónicos críticos que se emplean en instrumentos, y es normalmente fabricado en lingotes redondos de 3 pulgadas (7.62 cms) de diámetro, que pesan

COBALTO

Cobalto total—99.50% por peso.

Análisis típico:

	%
Nitrógeno	menos de 0.0001
Oxígeno	menos de 0.01
Hidrógeno	menos de 0.0001
Calcio	menos de 0.001
Carbono	menos de 0.0001
Hierro	menos de 0.1
Manganeso	menos de 0.08
Magnesio	menos de 0.001
Níquel	menos de 0.03
Azufre	menos de 0.005

Aplicaciones: Esta calidad de cobalto es útil para aleaciones e investigaciones metalúrgicas básicas donde sea necesario material de la más elevada pureza, y es normalmente fabricado en lingotes redondos de 3 pulgadas (7.62 cms) de diámetro, que pesan hasta 20 libras (9.072 kilos).

Tomado de
Exportador Americano Industrial

Industrial Química Nacional

INQUINAL LIMITADA, CALI

- * Jabones textiles.
- * Aceites sulfonados.
- * Auxiliares para tintorería y acabado.
- * Pinturas para cuero y sus auxiliares.
- * Aceites compuestos para cuero.
- * Acabados para suela.
- * Líquido para frenos.
- * Inmunizante para madera.

ANILINAS y
PRODUCTOS QUIMICOS
como representantes de

Farbwerke Hoechst
vorm. Meister Lucius & Bruening
y Casella Farbwerke Mainkur
de Frankfurt/Main — Alemania

OFICINAS: CALI
CARRERA 2, CALLE 36 — TELEFONO 38-59 — APARTADO AEREO 225