

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

LA INDUSTRIA DEL HULE

TESIS

QUE PRESENTA LA ALUMNA

NELLY KRAP

PARA SU EXAMEN FINAL
DE LA CARRERA
DE QUIMICO-TECNICO



Biblioteca

MEXICO
1925.

1303



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



INDUSTRIA DEL HULE

A mis maestros.

El tema que me fué señalado como punto de tesis, para presentar mi examen profesional de la Carrera de Químico Técnico, es el siguiente: "Instalación de una fábrica de hule que trabaje caucho crudo de Castilloa. La planta consumirá 100 kilos de caucho diarios. Planos y Presupuestos."

Debo especial agradecimiento a mi distinguido maestro el señor Profesor Don J. M. Noriega, por las valiosas indicaciones que me hizo, y la ayuda que siempre tan amablemente me prestó, así como al Sr. Ing. D. A. Ferriz Saviñón, Director del Laboratorio Industrial Experimental, por haberme facilitado bondadosamente la Bibliografía, además del tiempo y aparatos necesarios para hacer los análisis que fueron del caso.

Doy las gracias al Sr. Profesor Don Ricardo Caturegli, Director de la Facultad de Química y Farmacia, por todos los beneficios recibidos en la Facultad a su digno cargo, durante el tiempo que hice mi práctica de fabricación en la industria de que trato en esta tesis.

I.—HISTORIA DEL HULE.

II.—EXISTENCIA DEL CAUCHO EN LA NATURALEZA.

III.—RECOLECCION.

IV.—HULIFICACION.

V.—QUIMICA DEL CAUCHO.

VI.—TEORIA DE LA VULCANIZACION.

VII.—TEORIA DE LOS ACELERADORES DE LA VULCANIZACION.

VIII.—ANALISIS DEL CAUCHO.

IX.—FABRICACION.

a) Materias primas.

b) Maquinaria y manipulación.

X.—PLANO Y PRESUPUESTOS.

XI.—BIBLIOGRAFIA.



I.—HISTORIA

Pocos productos vegetales tienen tantas y tan variadas aplicaciones actualmente como el caucho.

Es todavía muy reciente su uso, pues apesar de citarse ya en el informe de Herrera sobre el segundo viaje de Colón al Nuevo Mundo, en el año de 1493, el empleo que le daban los indios aprovechando su gran elasticidad en el juego de pelota, fué hasta 1751, cuando apareció una importante descripción de este producto, presentado por La Condamine a la Academia de Ciencias de París.

Su utilidad industrial es de más moderna fecha, siendo debida en parte a Herrissant, que en 1763 descubrió la solubilidad de esta substancia en algunos líquidos, al americano Charles Goodyear que descubrió en los años de 1840 a 1842 los procedimientos de vulcanización cuando accidentalmente se cayó sobre la lumbre un recipiente que contenía caucho y azufre vaciándose sobre la lumbre. La mezcla había aumentado de dureza y conservaba su elasticidad a todas las temperaturas, lo que dió nacimiento a la industria de la vulcanización. Más tarde llegó Hancock al mismo resultado, después de hacer muchos ensayos infructuosos. En época no muy lejana se ha hecho en esta industria otro descubrimiento no menos importante, el de regenerar el caucho vulcanizado ya, para emplearlo en la manufactura de diversos objetos nuevos.

En el año de 1770 fué llevada a Inglaterra una substancia esponjosa original de la India y en el químico Pristley surgió la idea de emplearla para borrar trazos hechos con lápiz, de donde vino el nombre de "India-rubber" que se le da en las naciones que hablan el idioma inglés, y que significa borrador de la India. Posteriormente Mackintosh, cuando ya Herrissant había descubierto sus disolventes, lo aplicó a las telas con objeto de producir su impermeabilidad, dándose desde entonces a los sacos y abrigos impermeables el nombre de "Mackintoshes."

II.—PROCEDENCIA DEL CAUCHO

El caucho proviene de un gran número de vegetales que lo contienen en forma de solución coloidal en un jugo lechoso llamado látex y que mana de ellos cuando se hace una incisión en la corteza.

El látex es producido no solamente por varios árboles (Castilloa elástica, Palo amarillo, Ficus elástica, etc.), sino también por arbustos (Guayule) plantas trepadoras (Urceola elástica) y tallos subterráneos (Clitandra Henriquesiana.)

Los órganos que lo contienen son muy variados; a veces se encuentra en un canalículo central en plantas de tallos delgados, en el líber de determinados órganos y aun en todos los tejidos (Guayule), en éste el caucho no forma una solución coloidal sino que ya tiene su forma sólida.

Familias productoras de caucho.—Las principales plantas que producen el caucho pertenecen a tres familias vegetales: Euforbiáceas, Urticáceas y Apocináceas. Debe mencionarse el Guayule que es el *Pharthenium argentatum*, de las Compuestas.

Abunda en las regiones tropicales limitadas, tanto en el hemisferio boreal como en el austral, por la línea exotérmica de 21°, o muy próximas de los dos trópicos. Se encuentra generalmente en pequeñas altitudes.

En la lista siguiente van mencionadas las principales especies y la distribución geográfica correspondiente:

Euforbiáceas

Hevea brasiliensis (América, en la Bahía del Amazonas.)

Hevea pauciflora (Brasil, prov. del Río Negro y en la Guayana Inglesa.)

Manihot Glaziovii (Brasil, prov. de Ceará.)

Euforbia elástica (Palo amarillo) (México, Madagascar.)

Urticáceas

Ficus nymphaefolia (Tescalama) México.

Ficus elástica (India.)

Ficus Vogeliis (Africa Occidental.)

Castilloa elástica (América Central.)

Apocináceas

- Hancornia speciosa (Brasil.)
- Urceola elástica (Asia.)
- Willughbeia edulis (Asia y Africa.)
- Landolphia comorensis (Africa.)
- Landolphia madagascariensis (Africa.)
- Landolphia tomentosa (Africa.)
- Clitandra Henriquesiana (Africa.)
- Carpodinus lanceolatus (Africa.)

Haré únicamente la descripción de las especies mexicanas que vegetan silvestres en cantidad y son también cultivadas para su explotación.

Compuestas. Guayule. Este caucho comercial obtenido hasta el presente, no puede, en realidad, competir con el hule de la Castilla, pero sin embargo, no hay que despreciar su importancia para la industria del ramo, pues se presta bien para suplir a las calidades finas, tanto más que ya se logró mejorar bastante ese caucho, y por ser muy resinoso es mezclado a las clases menos ricas en resina. Por otra parte, se ha mostrado también por medio de numerosos experimentos de laboratorio, que moliendo la planta entera y extrayendo el caucho, el producto ya vulcanizado puede competir con las clases medianas del caucho del comercio, no sólo por su color y elasticidad, sino también por su valor.

El caucho de Guayule es conocido en la República hace ya mucho tiempo. En algunas regiones, principalmente en el Estado de Durango, se acostumbra fabricar pelotas con el producto que se obtiene masticando la corteza del Guayule. Se dice que las primeras noticias acerca de esta planta proceden de un Jesuíta de apellido Negrete que vivió a mediados del Siglo XVIII.

El Guayule, *Parthenium argentatum*, A. Gray, es un arbolito de la familia de las Compuestas. Tiene de altura entre 20 cms. y 1.40 mts.; el tallo ramificado está cubierto por una corteza gris. En los orígenes de los tallos, frecuentemente nudosos, se desarrollan los retoños que llevan hojas pecioladas, algo lanceoladas, enteras, sinuosas, de color gris argentado, de 2 a 4 cms. de largo y de 1 a 3 de ancho a lo más; inflorescencias tupidas, algunas umbeliformes. Los capítulos son poco aparentes de color amarillento, llevados por pedúnculos relativamente largos (hasta de 20 cms.) El

tiempo de la florescencia es desde Mayo hasta Octubre, según la altitud de la región y la entrada de las lluvias. Se encuentran casi todo el año flores permanentes.

La propagación de Guayule se hace probablemente por medio de las semillas que se desarrollan generalmente en más o menos ~~abundancia~~.

Se cree generalmente, que el período de vida del Guayule es de 15 años y tal vez mayor, y que los troncos que quedan después de cortado el arbolito, retoñan y llegan a producir renuevos explotables; pero no hay experiencias que comprueben este aserto. Lo que sí es de observación, es la facilidad con que se quiebran las raíces cuando se cortan los tallos, por lo cual se prefiere arrancar las plantas con sus raíces más desarrolladas.

La palabra "Guayule" la hace derivar el Profesor Seier, de Quauh (madera, árbol o bosque), y olli (Hule). Quauh-olli. Por corrupción se habría formado el término Guau hule, que significa caucho silvestre.

Se hace derivar también de la palabra española Hay y de la palabra azteca olli.

El *Partenium* productor de hule, tiene la particularidad de que su corteza no exuda látex como pasa con otras plantas caucheras pertenecientes a diversas familias. Según parece, el caucho se encuentra suelto en el protoplasma no sólo en la corteza, sino también en el tejido leñoso. Sólomente las hojas y las inflorescencias están libres, al parecer, de esta substancia. El leñoso produce ciertamente mucho menos cantidad de caucho que la corteza, pero en cambio, el producto es más puro y en consecuencia más claro (de color ambarino). La relación entre la cantidad de caucho contenida en la corteza aisladamente, con respecto a la que encierran los tallos íntegros es como de 7 a 2.

Como la planta fresca es muy difícil de despedazar, se debe remitir seca a la fábrica. Esto se consigue casi siempre de una manera suficiente en los climas secos de los distritos guayuleros, exponiendo las plantas cosechadas al aire libre durante algunos días, con lo cual se consigue prepararla de una manera apropiada para la fabricación.

Regiones en que se produce.—En la República vegeta en los Estados de Chihuahua, Zacatecas, San Luis Potosí, Durango, Coahuila, México y Baja California.

Se le dan también los nombres siguientes: Mariola, Hierba del Negro, Hierba del hule, Yule, Xihuite, Copallín, y Afinadora, pero

estos nombres también se los dan a otros muchas plantas que no tienen nada de común con el *Parthenium argentatum*.

Método de extracción.—El método de extracción del látex del Guayule es bien diferente del que se emplea para las varias plantas de caucho que dejan manar de las incisiones o cortes el jugo lechoso, del cual se obtiene por medio de coagulación, el caucho bruto.

Para la extracción del Guayule se han propuesto muchos sistemas, entre ellos el de Bergener que parece responder al objeto, mejor que los otros.

Según este procedimiento, se efectúa una concentración del principio útil por medios mecánicos, los cuales eliminan, en cuanto es posible, todos los tejidos vegetales que no contienen celdillas ricas en caucho.

Se emplea para este fin un desintegrador de balas (sistema Krupp), el cual se compone de un tambor giratorio de acero, que puesto en acción, hace girar con fuerza las balas de acero que encierra, y éstas machacan y trituran la materia que se pone en el tambor. Antes de introducir las ramas de Guayule, deben ser secadas hasta perder toda su flexibilidad. La acción del desintegrador tiende a separar las partes leñosas, frágiles, privadas de valor, de las blandas y útiles, las cuales conservan también en las plantas secas, la consistencia blanda y pegajosa. De esta manera, mientras la parte frágil y seca se convierte en polvo, la parte gomosa se reúne en masas esféricas las cuales contienen cierta cantidad de madera triturada. Se sacan del desintegrador, donde por la acción mecánica se han calentado, y se dejan enfriar, y después se agitan sobre un tamiz, pasando la masa leñosa en polvo a través de las mallas, quedando el principio útil todavía mezclado con serrín.

Este residuo se calienta a vapor en calderas de hierro, en las cuales se ablanda; la masa leñosa se precipita al fondo y la capa superior se separa, obteniéndose después la goma elástica por un especial procedimiento de refinación.

El Guayule en bruto representa un extracto de la planta, que se ha sometido antes de entregarlo al comercio, a un procedimiento de depuración, a fin de eliminar en gran parte las substancias solubles en el agua y la materia resinosa; a tal efecto se hace primero hervir este guayule en el agua, después se separa la solución acuosa y se agita en caliente la masa no disuelta con solución de sosa cáustica, obteniéndose un líquido blanco, lechoso, en el cual la goma elástica se halla en suspensión en la parte acuosa, que tiene en solución el jabón resinoso. Añadiendo sal o cloruro de calcio a tal emulsión, la goma elástica se coagula y se reúne en la superfi-

cie, es separada del líquido acuoso y se lava primero con agua y después con soluciones ligeramente ácidas. En seguida se seca y prensa en formas o moldes.

El guayule así depurado debe someterse todavía a los procedimientos de purificación que se emplean para el caucho.

El guayule depurado es soluble en todos los disolventes que se usan para la goma elástica, como son el éter de petróleo, benzol y bisulfuro de carbono, etc. Tiene olor ligeramente aromático y es de color claro ligeramente rosado o violado. El guayule no se emplea directamente como está, sino que sirve más frecuentemente para añadirlo a las mejores clases de caucho no resinosas, en la preparación de objetos. Aunque el guayule representa una variedad de caucho relativamente poco elástico (por su gran cantidad de resina) este producto merece, sin embargo, la más seria consideración, pues se vulcaniza perfectamente, conservándose muy bien, durante largo tiempo, inalterado.

Según análisis efectuados por Endlich, tiene la siguiente composición:

Porción soluble en agua.....	12.70%
(gomas, tanino, sales solubles, etc.)	
Porción soluble en el alcohol (resina)..	34.50%
Materia proteica.....	0.18%
Porción insoluble en el agua y en el alcohol, soluble en bisulfuro de carbono (caucho).....	42.50%
Substancias minerales.....	5.09%
Substancias no determinadas y residuo insoluble.....	5.03%

Urticáceas.—Castilloa elástica. Es especie de la América Central; ocupa una área considerable y vive en altitudes diversas, desde el nivel del mar, hasta 500 y aun 800 metros. En México es conocida con el nombre de Arbol del hule, Tarantagua, Hule, Cuauchile, algunos mencionan como nombre Nahuatl el de Olcagüite, Ulu-cagüil y Ulcuahuitl.

Es uno de los árboles mexicanos mejor conocidos; la fuente principal de la riqueza de México y de la América Central, en hule. Se produce en los Estados de Chiapas, Tabasco, Yucatán y Veracruz, silvestre, también crece en Campeche, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco, Hidalgo, Sinaloa y Tamaulipas. El culti-

vo del árbol del hule se llevó a cabo en Chiapas, hace unos 65 años, pero únicamente por vía experimental, y no hace muchos años que se cultiva en grande escala.

Según Cervantes, es uno de los árboles más vigorosos de los bosques que cubren la costa noreste de la República Mexicana.

Es un árbol que alcanza una altura hasta de 18 metros, con un diámetro hasta de 70 cms. El tronco es grisáceo de corteza castiza, ramificado sólo en la parte superior, las hojas son ovaloblongas de 25 a 40 cms. de largo, cordadas en la base, acuminadas en el vértice, de peciolo cortos, copiosamente pubescentes, flores monoicas, los dos sexos en receptáculos separados, etaminados, de 2 a 2.5 cms. de ancho, cargando numerosas flores; los receptáculos fructíferos de 4 cms. de diámetro, contorneados. El fruto carnoso y de color rojo ladrillo está compuesto de muchas drupas, cada una de las cuales contiene una semilla del tamaño de un arvejón. La madera es blanca y moderadamente pesada, la corteza puede ser usada en la industria papelera.

III.—RECOLECCION DEL LATEX

El método de recolección varía con la planta.

1.—La planta es un árbol, el látex está contenido en el líber.

La extracción del látex se hace por procedimientos diversos, la mayor parte perjudiciales a las plantas; en el Brasil las heveas son sangradas por heridas longitudinales simples o acompañadas de heridas oblicuas o en espiral dando vuelta al tronco, y el látex que escurre sobre la corteza se recoge en un vaso cualquiera. Para que el látex llegue al vaso, algunos amarran sobre el tronco de los árboles una cuerda o una rama de cualquier árbol, haciendo así que se junte el látex y se dirija al vaso colector; mejores resultados se obtienen adhiriendo una capa de barro a la corteza de los árboles en toda su circunferencia, y haciendo con el dedo una especie de canal para que en ella se reuna el látex, al que se dará salida por un corte que se hará en el barro enfrente del vaso colector, colocado inmediatamente abajo de este corte de descargue. Por cualquiera de estos métodos de cosecha, el látex queda impuro, porque arrastra lo que encuentra sobre la corteza de los árboles, coagulándose una parte de él sobre la misma, el que se recoge después en pedazos que se reunen y producen un hule de valor inferior en el mercado.

Los indígenas en algunas regiones emplean un procedimiento primitivo que consiste en hacer incisiones después de derribado el árbol, y es posible que con este ruinoso sistema recojan menos jugo lechoso que si dejaran el árbol en pie, puesto que no obra en su ayuda la fuerza de gravedad. Hacen al árbol derribado, varias incisiones, poniendo debajo hojas de árboles, para recoger el látex; si dejan el árbol en pie es más difícil recogerlo con el método imperfecto de las hojas, a más de que no pueden hacer, debido a la altura, el mismo número de incisiones.

Ya que como fácilmente se comprende, este sistema de sangrar acabaría con los árboles cauchíferos (como se nota ya en algunas regiones del Brasil donde crecían heveas silvestres), se ha prohibido este método de sangría debiendo hacerse las incisiones sobre el árbol en pie.

~~La primera condición al sangrar los árboles, es procurar siempre que la cortadura llegue a los conductos del látex que se encuentran inmediatamente atrás de la corteza en el liber. Una cortadura más honda siempre es muy perjudicial al árbol, por tanto, es importantísimo, procurar durante el sangrado, que no entre el instrumento más allá del liber, hasta la parte leñosa del árbol.~~

La recolección del jugo productor del caucho sólo puede, y debe hacerse, después de haber alcanzado la planta cierto desarrollo y en épocas propicias, que dependen del estudio de las condiciones locales. Primero, porque un árbol joven, es deteriorado más fácilmente, y segundo, porque el látex es pobre en caucho.

Análisis hechos demuestran que la riqueza de los látex en hule es, para la misma especie en lo general, y para el mismo individuo, siempre directamente proporcional a la edad de la planta, y que para la misma especie o individuo, la riqueza del hule en resina en los látex varían en razón inversa de la edad de las plantas de que proceden. Los árboles no deben ser sangrados con mucha frecuencia; la edad de la planta indispensable para efectuar la primera sangría y la frecuencia de ésta, dependen naturalmente de la especie. Cuidados convenientemente, los árboles podrán ser explotados por largos años.

Hay varias formas de incisión, según el árbol de que se trate: podría pensarse en cubrir la superficie total con pequeñas incisiones, método que fué empleado en algunas regiones del Brasil, con el nombre de "sistema de Tigelinas," pero por experimentos efectuados, se comprobó que de un determinado número de incisiones se obtiene tanto más caucho, cuanto mayor es la distancia que las separa; es esto explicable considerando que los vasos laticífe-

ros, los vasos que contienen el látex, son láminas paralelas que tanto en sentido vertical, como horizontal, forman sistemas de tubos comunicantes; el jugo lechoso contenido en estos vasos está a mayor o menor presión según la altura de la incisión y la turgescencia y esto hace que salga el látex cuando se hace una incisión. Como todos los vasos comunican entre sí, es posible que el jugo llegue a la incisión desde una extensión considerable, y hay en la vecindad del corte menos látex como también menos presión; las incisiones hechas en las cercanías de las primeras, ya no tienen látex en tanta abundancia, debido a esto se ha modificado el sistema, haciéndose actualmente incisiones más o menos variadas, pero nunca tan próximas. Véase Fig. 1.

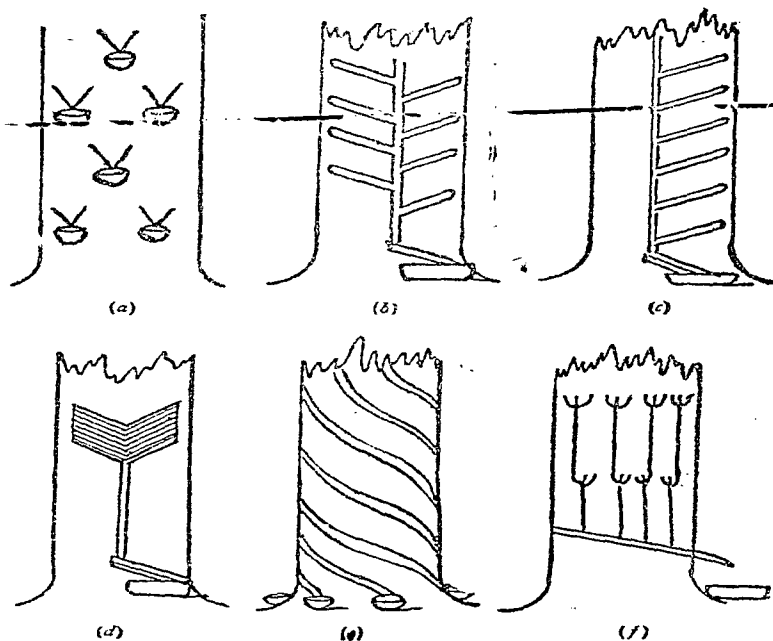


FIGURA 1.

Las experiencias de Parkin demostraron que la forma y dirección en que se abre la herida no es indiferente, y que en todos los

casos debe preferirse la herida oblicua. Comparando la cantidad de látex que en el mismo tiempo sale de las heridas horizontales y de las oblicuas, se ha visto que estas últimas producen por lo menos el doble, de lo que dan las otras. Si la herida se abre en ocasión en que el látex corre con facilidad, las heridas oblicuas simples son bastantes; si, por el contrario, el movimiento del látex es lento, conviene emplear la herida oblicua doble, en forma de V; al hacer en este caso la segunda herida, que completará la V, deberá tenerse gran cuidado, para no desprender la corteza que queda entre las dos heridas; si esta parte de corteza se desprende, queda abierta una herida considerable que con dificultad sanará y que puede ser origen de modificaciones importantes y peligrosas para el árbol. Parckin demostró también, que las heridas abiertas cerca de la base del árbol, son las que producen mayor cantidad de látex.

La Castillia debe sangrarse abriendo una hendidura vertical, a la cual vienen a unirse otras laterales y oblicuas; el corte vertical con hendiduras oblicuas parece el más conveniente, pues el líquido lechoso manará con regularidad a la vasija que se halla en la parte inferior, aprovechándose por completo y en estado de pureza conveniente. Según el tamaño del árbol, será más o menos larga la herida y podrán abrirse mayor o menos número de ellas alrededor del tallo.

Las vasijas receptoras pueden ser de cualquier material; en muchos sitios son hechas con grandes hojas convenientemente dobladas y sujetas a los árboles.

Para recoger el látex que escurre de las heridas, Parckin empleaba cajas semicilíndricas de hoja de lata, provistas de una punta en la parte superior de la cara plana; encajando esta punta en la corteza del árbol, la caja queda asegurada. Con la primera porción de látex recogido, restregado entre las manos formaba un cilindro de hule que adhería a la corteza, formando así una gotera por la que escurre el látex a la caja. Para evitar que el látex se coagule en estos recipientes, conviene poner en ellos una pequeña cantidad de agua, si es posible, adicionada de amoníaco; basta una solución al uno por ciento de amoníaco; esto es muy conveniente cuando las heridas sangran poco.

Si la herida es profunda y ataca la parte leñosa, la cicatrización se hace difícil y la parte que queda descubierta al ser atacada por los agentes exteriores, entra en descomposición; el árbol, más o menos carcomido, sufre, enflaquece y muere.

Si se usa cuchillo, hacha o machete común, hay siempre peli-

gro de que no sólo se corte la corteza hasta la capa situada entre la corteza y la parte leñosa. el cambium, sino que el corte interese también la parte leñosa. Que esto sucede, en efecto, en muchas fincas puede demostrarse haciendo un corte diametral en un tronco sangrado frecuentemente. Se encuentran entonces en la madera, manchas café situadas a distinta profundidad, según el año en que se haya efectuado la sangría; para efectuar las incisiones rápidamente han sido contruidos gran variedad de instrumentos, en parte muy complicados y costosos, con los cuales se pueden hacer varias incisiones simultáneamente, y que llenan más o menos las condiciones que se enumeran más abajo; naturalmente que deberán preferirse siempre los sencillos y que siempre han llenado mejor su cometido. Naturalmente que estos instrumentos que presenta el comercio en gran variedad de forma, ~~no son siempre~~ los adecuados para un árbol determinado; los contruidos para la hevea del Brasil, de corteza delgada, no servirán nunca para el Ficus elástica o la Castilleja elástica de gruesa corteza.

Los instrumentos tienen que llenar ciertas condiciones en lo referente a

1°.—Corte delgado, homogéneo, profundidad y tamaño del corte regulados, buen funcionamiento del mecanismo destinado a prevenir que el corte sea demasiado profundo.

2°.—Fácil manejo, obtención sin esfuerzo, de la presión necesaria, visibilidad del corte, posibilidad de hacer las incisiones en todas direcciones, fácil uso por inexpertos, imposibilidad de hacer un trabajo defectuoso.

3°.—Contrucción sencilla y duradera, precio, duración, duración del filo, afilado rápido, poco complicado.

La primera condición consiste en que la cuchilla permita una incisión delgada, limpia, sin machacar los tejidos.

Con frecuencia se ven aparatos, que tienen como principio el raspar una pequeña capa del tejido cortical; siempre en este procedimiento son aplastados y tapados los vasos laticíferos, a más de que se obtiene un canal poco uniforme que no es seguido por el látex cuando es muy fluido.

El segundo punto importante es, que el cuchillo posea un dispositivo que impida, que aquél penetre más de lo debido y que, al mismo tiempo, cuide los tejidos circunvecinos al trabajar, lo mismo que el cambium al efectuar los segundos cortes, que tienen el objeto de abrir los primeros; en estas dos operaciones distintas se usan generalmente cuchillas distintas, y éstas pueden cambiarse fácilmente en la mayoría de los aparatos de sangría.

Es una ventaja en los instrumentos, que se pueda obtener piezas de refacción de las partes cortantes.

Es necesario que exista la posibilidad de efectuar los cortes de arriba a abajo, de derecha a izquierda y viceversa, pues con excepción de la incisión en espiral, todos los sistemas la necesitan.

2.—La planta es un arbusto;

a) el caucho está contenido en los tejidos, en las ramas aéreas; es entonces necesario molerla y destruir estos tejidos, de preferencia por medios químicos. Ya se ha descrito este método al tratar el guayule.

b) El látex está contenido en tallos subterráneos (el llamado hule de raíces). Es necesario proceder a la lactohulificación interna, exponiéndolos a la acción del sol. Para obtener el hule de las ramas subterráneas arrancan los indígenas toda la planta, siendo este un método altamente perjudicial. La forma más conveniente para la explotación de estas especies, consiste en cortar las ramas subterráneas, dejando a la planta raíces, para que continúe vegetando y produciendo nuevos rizomas, que se explotarán a su tiempo. El látex de estas plantas se hulfica dentro de los vasos por la acción del sol; de modo que es necesario eliminar el tejido que lo envuelve, por los procedimientos mecánicos o químicos descritos en 3.

3.—La planta es trepadora; la extracción puede hacerse según que se aplique el sistema de lactohulificación externa o interna; es decir, según que se haga la coagulación del látex cuando éste ya se ha extraído del vegetal o se hulfique dentro de los tejidos.

En el primer caso se corta la planta en fragmentos de 30 cms. de longitud aproximadamente y se coloca en recipientes a fin de que oscura el látex, que luego es coagulado por los métodos descritos en el párrafo relativo.

En el último caso deben destruirse los tejidos que contienen el hule, y esto puede hacerse por dos métodos: químicos y mecánicos.

El método primitivo para hacer la extracción del caucho después de arrancados los rizomas, es el siguiente:

Se colocan al sol durante algún tiempo, a fin de que el látex solidifique perfectamente dentro de los tejidos de la corteza, después se dividen en trozos y se reúnen en haces que se ponen a macerar en agua dos días; la corteza de estos trozos se golpea, se separa y se ponen al sol, después se trillan con un mazo sobre una piedra para formar una especie de lámina; estos pedazos se abandonan en una vasija de barro que contiene agua, que se pone en la

lumbre hasta que el agua empiece a hervir para eliminar la parte leñosa y ligar el hule; se repiten varias veces las cocciones y trituraciones obteniéndose el hule muy impuro.

Se han construído máquinas que extraen el hule por un procedimiento basado en el método primitivo, pero de todos modos, los tejidos vegetales y la materia leñosa de las cortezas, nunca son eliminados totalmente y siempre, si es posible, debe hacerse uso del método químico, cuya descripción haremos.

Los procedimientos químicos consisten en tratar las cortezas trituradas por solución de sosa al 5%, en un autoclave a la temperatura de 130 C para destruir los tejidos y el caucho libre se somete a la acción de dos cilindros que giran en sentido contrario, adicionando agua; se obtiene así un hule en hojas.

Tratamiento por el ácido sulfúrico.—Consiste este procedimiento en atacar las cortezas por el ácido a 50° B. que descompone los tejidos de la corteza sin atacar el hule.

IV.—HULIFICACION

Los métodos de hulificación pueden dividirse en dos grupos:

a) Lactohulificación interna.

El látex es solidificado en el interior de los tejidos por medio del calor (acción del sol sobre los tallos); el caucho se extrae como se ha descrito en la "Recolección del látex" 3. (Lactohulificación interna.)

b) Lactohulificación externa.

El caucho es coagulado después de extraer el látex del vegetal.

1.—La coagulación se efectúa sobre el mismo tronco, bien porque sale ya muy espeso y se coagula por sí solo, por la acción del sol y del aire, o bien porque se trata la corteza por un coagulante antes de salir el jugo, y aquél efectúa luego la coagulación. Este último método se usa cuando la cantidad de jugo que sale cada vez es poca y es necesario hacer muchas incisiones.

Para obtener el hule crudo en forma de cintas se hacen incisiones en espiral; tratando los bordes de la incisión por el coagulante se obtiene el hule en cintas conocido así en el comercio.

Cuando la superficie tratada por el coagulante es más o me-

nos grande y el hule es separado raspando, tenemos pequeños fragmentos: las raspaduras (scraps.)

La denominación de scraps también se aplica al hule que se coagula sin coagulante en el fondo de las jícaras en que se recoge el látex, y que por no estar filtrado contiene muchas impurezas, (cortezas, tierra, etc.), como también albuminoides, que provocan después fermentaciones. Es por lo tanto el "scraps," hule de inferior calidad.

Los bizcochos (biscuits) del comercio se obtienen poniendo el látex fluído en recipientes redondos, adicionando luego el coagulante. El hule conserva la forma del recipiente.

Hojas (sheets) son las que se obtienen hulficando el látex sobre superficies más o menos planas, por desecación del suero por la acción del sol.

También para separar el hule del tronco han sido propuestos varios estilos de utensilios; entre otros un pequeño cilindro de hule con mango, con el que se enrolla el hule que se va desprendiendo; pero puede hacerse este trabajo fácilmente con otros utensilios muy sencillos. Una varilla de madera a la que se ha adherido algo de hule, puede ser usada. Los negros en el Africa utilizan una pequeña bola de hule para enrollar las cintas formadas; son estas las pelotas de hule crudo (balls) que se encuentran en el comercio. El hule bruto o crudo en forma de cintas o pequeños pedazos es preferido, pues tienen menos impurezas que las pelotas. Estas no se deben confundir con las "Cabezas de Negro" (Negroheads) que están constituidas por el hule ordinario del Pará.

Tres clases de hule se producen en el Pará: fino, mediano y ordinario o cabeza de negro. El mediano es el que tiene alguna impureza o adulteración, y con mucha frecuencia el que tiene mezclado hule no ahumado con el ahumado. El ordinario consiste principalmente en los desperdicios que se juntan en las tazas, o en los pedazos que se han endurecido al salir el látex de las incisiones; todo esto se mezcla con látex, se pasa a veces imperfectamente por el fuego y se vende juntamente con todas sus impurezas.

La recolección del hule de la corteza del árbol se facilita separando, antes de hacer las incisiones, la corteza externa que cubre, en los árboles ya viejos, la verdadera corteza viviente, de color verde más o menos claro según la edad del árbol, y que protege al árbol contra evaporaciones demasiado rápidas y contra lesiones. Los árboles sometidos a este procedimiento tienen después una superficie mucho más lisa y uniforme, que facilita la recolección del

látex coagulado. Se emplean los coagulantes mencionados más abajo:

El caucho obtenido por este procedimiento lleva siempre cuerpos extraños como son: fragmentos de corteza, tierra, restos de vegetal, etc., que con dificultad se pueden separar después y es considerado como de mala calidad y su precio es siempre bajo.

2.—El látex se coagula después de extraído del vegetal.

El contenido de los vasos laticíferos, el llamado "látex" es un líquido blanquecino, generalmente inodoro, de sabor azucarado, cuando fresco, de peso específico variable. En el aire toma lentamente el olor de metilamina. Su composición cualitativa y cuantitativa difiere mucho, tanto en distintas plantas como en el mismo individuo. Contiene por lo general caucho, albuminoides, sustancias colorantes, nitrogenadas, amargas, gran cantidad de agua, cera, goma, sales minerales y azúcares, resinas, tanino, alcaolide y grasa; tiene reacción alcalina algunas veces, otros la tienen ácida o neutra. Vemos la variedad de sustancias que pueden encontrarse en los látex, no conteniendo, naturalmente, cada uno de ellos, todos los arriba enunciados.

La palabra coagulación realmente es impropia para la separación del caucho, pues se dió por primera vez esta denominación al paso de un albuminoide del estado soluble al insoluble, con formación de un precipitado coposo llamado coágulo. Esto no es el fenómeno en el látex, pues el caucho no se encuentra en él en solución sino en forma de emulsión; esto, si con Dewer consideramos que el caucho se encuentra en gotículas de un terpeno líquido (probablemente diterpeno) rodeadas por un coloide protector que al ser separado da lugar por polimerización del terpeno a la formación de caucho; o bien consideramos con otros autores, que el caucho ya preexiste en el látex muy finamente dividido. Más propia es la denominación coalescencia (del latin coalesce=unirse) entendiéndose por ella la unión de las múltiples partículas pequeñas para dar un complejo grande. No obstante, usaré con frecuencia la palabra coagular por estar ya tan generalizada.

Los albuminoides del látex tienen (según Tromp y Jong) acción retardatriz sobre la coagulación. Las sustancias coalescentes hacen variar la densidad del látex y parece que esto tiene como efecto el movimiento de las partículas en suspensión hacia una misma dirección y al estar en contacto, su unión. Los autores antes citados expresan los resultados de sus experimentos en la siguiente teoría:

Las superficies de las partículas de caucho se vuelven muy

adherentes al disolverse la resina que siempre las acompaña y se efectúa la coalescencia tan pronto como chocan. La variación de densidad del líquido favorece la coalescencia. Al hervir el látex con agua, no son disueltas las resinas, pero el caucho se vuelve más adherente y entonces es facilitada la coalescencia, como también por el movimiento del líquido.

Ni es necesario considerar las resinas como la única causa de adherencia, pues caucho libre de resina es por sí solo bastante adherente, y esta propiedad también ayuda a efectuar la unión de las partículas.

Esos autores explican por lo tanto, el fenómeno de coalescencia, como netamente físico.

Los métodos usados comúnmente para la coagulación son los siguientes:

A. —PROCEDIMIENTOS FUNDADOS EN LA DESECACION.

- 1°. —Absorción del suero del látex por el suelo.
- 2°. —Desecación del látex sobre el cuerpo humano.
- 3°. —Desecación espontánea del látex.
- 4°. —Fumigación del látex.

B. —PROCEDIMIENTOS FUNDADOS EN LA COAGULACION.

a) Coagulación por el calor.

- 1°. —Por cocción.
 - I. —Del látex puro.
 - II. —Del látex diluido en agua.

- 2°. —Por la acción del vapor de agua a presión.

b) Coagulación por los agentes químicos.

- 1°. —Por medio de compuestos químicos definidos.
- 2°. —Por medio de jugos o de cocciones vegetales o animales: de tamarindo, naranja, extractos acuosos de hormigas y termitas.

C. —PROCEDIMIENTOS FUNDADOS EN LA SEPARACION Y COALESCENCIA DE LOS GLOBULOS DE HULE.

a) Por el desnatado.

- 1°. —Por reposo.
 - I. —Del látex puro.
 - II. —Del látex diluido con agua.
 - III. —Del látex diluido con agua y lavado de la nata.
- 2°. —Por las fuerzas centrífuga y centrípeta sucesivamente.

b) Por el batido.

D. —PROCEDIMIENTOS MIXTOS.

- 1°. —Coagulación por los agentes químicos y por el calor.
- 2°. —Desnatación del látex diluido por el reposo y por la cocción de la nata.

A. 1°.—Absorción del suero del látex por el suelo.

De este modo la tierra absorbe el plasma del látex y queda una capa de hule muy impuro.

A. 2°.—Deseccación del látex sobre el cuerpo humano.

La lactohulificación por medio de este procedimiento se opera más o menos rápidamente bajo la acción del calor del cuerpo, el que acelera la evaporación del agua del látex, y quizá también, en virtud de la acción coagulante del cloruro de sodio contenido en el sudor.

Este método no es bueno, los hules obtenidos están sujetos a fermentaciones posteriores en vista de que no se eliminan las materias fermentiscibles ni se han aseptizado.

A. 3°.—Deseccación espontánea del látex.

Aunque la desecación de los látex se haga en recipientes perfectamente limpios y el látex se haya colado previamente, no debe aconsejarse la aplicación de este método porque al enfriarse se obtienen frecuentemente hules cargados de impurezas y sujetos a fermentaciones, puesto que contienen, además de los glóbulos de hule, todos los demás componentes del látex.

Para poder juzgar mejor de la imperfección del procedimiento, bastará decir que el hule de la Castillona elástica preparado por este procedimiento, llega a contener hasta 9% de materias albuminoideas, mientras que el fabricado por desnatado, reposo y lavado de la nata sólo contiene vestigios.

A. 4°.—Fumigación del látex.

Es el procedimiento empleado en Amazonas del Pará, en la preparación del hule del *Hevea braziliensis*.

Para la ejecución de este procedimiento son necesarios un vaso ancho y bajo donde se vierte el látex, el humero, especie de chimenea de barro, y la forma o paleta que es una especie de pala en forma de remo. Además, leña y glándulas de ciertas palmeras; la fumigación se hace, en general, en una pequeña barraca, para que el trabajo se haga al abrigo del viento. El seringueiro enciende el fuego en una pequeña zanja con la leña y las glándulas de los frutos de las palmeras, y cubre la hoguera con el humero; cuando el humo sale en abundancia y claro, el seringueiro toma la forma y mete la parte ancha de ésta a la acción del humo; después la humedece con una solución de greda, la sumerge en el vaso que contiene el látex, exponiéndola en seguida a la acción del humo hasta que se forma en la superficie una capa de hule. Se introduce nuevamente en el látex y después a la acción del humo cuantas

veces sea necesario para que forme un pan de cinco kilos, que se separa cortando la capa de hule con una navaja.

El humo producido por la combustión de los frutos dichos contiene creosota, ácido acético y vestigios de derivados de la piridina, que se incorporan al hule y como antisépticos evitan las fermentaciones ulteriores. Por otra parte, la acción repetida del calor sobre capas muy delgadas de hule, elimina durante la fabricación una gran porción de agua, quedando el hule por esta circunstancia, menos expuesto a alteraciones. El hule de la *Hevea braziliensis* fabricado por este procedimiento, pierde por el lavado de 10 a 20% de su peso. Ahora hay máquinas destinadas a la fabricación del hule por este procedimiento.

B. a.—Coagulación por el calor.

I.—Por cocción del látex puro.

Se deja el látex en un recipiente y se calienta a fuego directo suave, agitando constantemente; se forman en la superficie del líquido películas y copos de hule, que deben retirarse a medida que se van formando.

II.—Por cocción del látex diluido en agua.

Este procedimiento sólo se distingue del anterior en que se diluye el látex antes de coagularlo; esto acelera la coagulación y evita que se queme.

2".—Por la acción del vapor de agua a presión.

Tiene por objeto lograr al mismo tiempo la coagulación del látex y la esterilización del hule.

b.—Coagulación por los agentes químicos.

Los métodos de fabricación del hule basados en la coagulación por los agentes químicos, consisten en efectuar la coagulación, ya por medio de los compuestos químicamente definidos, ya por medio de jugos vegetales o animales que generalmente obran por los ácidos que contienen.

Todos los látex pueden coagularse por los agentes químicos, pero no todos los coagulantes hulfican todos los látex. Se puede establecer como regla que los látex ácidos coagulan por los coagulantes básicos y viceversa.

INFLUENCIA DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL COAGULANTE

La cantidad de coagulante empleado para tratar una determinada cantidad de látex no es indiferente, por lo menos para cier-

tos látex. Se sabe ya que para ciertos coagulantes existe una cantidad óptima, variable para los diferentes látex, fuera de la cual, la coagulación sólo se efectúa incompletamente o aún no se realiza.

Hay que notar que, conocida la variedad de látex de cada especie hulfifera, sólo haciendo ensayos en regla para cada látex, es como se podrá operar racionalmente.

Desde el punto de vista práctico, este es uno de los puntos defectuosos del procedimiento fundado en la coagulación por medio de los agentes químicos. El hecho es que el rendimiento de un mismo látex en hule como la calidad del producto obtenido, varían con el coagulante empleado. Debe tenerse esto en cuenta al hacer la elección del coagulante.

El tiempo necesario para efectuar la coagulación varía con los coagulantes y con los látex. La coagulación puede acelerarse muchas veces por la acción del calor.

Los coagulantes más generalmente usados son: los alcoholes, los ácidos minerales y orgánicos, y las sales como son: el alumbre, el ácido sulfúrico, soluciones de sal común, agua de jabón, alcohol etílico, sublimado corrosivo, cloruro de calcio, ácido clorhídrico, acetona, ácido acético, fórmico, una solución de ácido sulfúrico con el 4% de fenol, etc., se agregan también substancias que esterilizan como son: el formaldehído, solución de guayacol, timol, y después dilución o también adición de ácido oxálico, fórmico, cítrico, etc.

Entre los jugos vegetales y animales empleados en la coagulación citaré el del limón y el del tamarindo. El jugo de las raíces tuberosas de la *Ipomoea bonanox*, extractos acuosos de hormigas y termitas, etc.

C. a.—Procedimiento de la desnatación del látex puro por el reposo.

Consiste en dejar el látex en reposo durante algún tiempo hasta que los glóbulos de hule se separen del plasma y se forme así una superficie de una capa esponjosa o nata del látex.

a. II.—Desnatación del látex diluido con agua.

La adición de agua tiene grandes ventajas y contribuye a que la desnatación se haga más rápidamente en una forma más completa.

Es modificado este procedimiento lavando varias veces la nata.

Separación y coalescencia de los glóbulos de hule por las fuerzas centrífuga y centrípeta sucesivamente. Se efectúa la centrifugación en látex diluidos o no.

Por último se puede hacer uso del procedimiento del batido, o de métodos mixtos como la desnatación y cocción y acción simultánea del calor y los agentes químicos.

Los ensayos que se efectuaron sobre el látex de la Castilleja elástica a fin de hacer una determinación cuantitativa del poder coalescente de las diversas sustancias, pesando el coagulante y el producto obtenido, dieron los siguientes datos:

Con el empleo de alcohol o acetona aumenta la cantidad de coágulo proporcionalmente con el coagulante hasta un máximo, y luego hay descenso; si el látex ha sido lavado con agua, hay proporcionalidad hasta estar coagulado todo el caucho; esto también tiene efecto si se emplea ácido acético industrial.

El látex original necesita mayor cantidad de coagulante que el lavado y diluido. La pasteurización estorba la coalescencia por la acetona y el alcohol, pero no por el ácido acético.

Tanto la concentración como la naturaleza de las sales disueltas en el látex, tienen mucha influencia sobre la coagulación.

La precipitación de los coloides se efectúa, como es bien sabido, principalmente por electrolitos. La presencia de sales, ácidos y bases, tienen influencia sobre la precipitación, y es por tanto, necesario, trabajar con soluciones lo más puras si se efectúan ensayos sobre esta carga eléctrica de las partículas del caucho. Una solución coloidal de cualquier naturaleza está compuesta por partículas de diversas cargas eléctricas que dependen del líquido que las rodea. Si colocamos látex de *Hevea brasiliensis* en un tubo en U, introduciendo en él dos electrodos de platino, veremos que las partículas se aglomeran en torno del electrodo positivo, las partículas tienen carga negativa; es este látex una emulsión con carga negativa. Tiene esto gran importancia, pues de esta circunstancia depende la coagulación. Se sabe que la precipitación de emulsiones negativas es efectuada por ácidos y por sales de metales di y trivalentes, sin depender de la naturaleza de los ácidos de aquellas sales. Por el contrario, son precipitadas las emulsiones positivas por los álcalis y por sales de ácidos di y tribásicos. También aquí es indiferente la naturaleza del metal de esos ácidos. Esto se efectúa en los látex y es un punto de contacto entre éstos y las soluciones coloidales comunes.

Según Spence el caucho puede ser considerado como una sustancia de transición al reducir las materias análogas a los azúcares contenidas en la planta, y cree que por métodos apropiados de reducción, es posible transformar las resinas completamente en

caucho. Por estos métodos podrían mejorarse muchos cauchos comerciales de baja calidad por sus altos porcentos de resinas.

Spence demostró la presencia de dos enzimas en el látex: una peroxidaza (oxida solamente en presencia de un peróxido) y una oxigenaza que forma el complemento de aquélla, pues es ésta la que origina que se oscurezca el caucho en el aire.

Obtuvo un caucho libre de albuminoides de un látex de *Fun-tumia* elástica, completamente blanco que no se ennegrecía con el tiempo; mientras que el que contenía materias albuminoides se había oscurecido ya después de una semana.

Spence deduce de esto que la oxidaza que ocasiona el oscurecimiento del caucho está ligada a la substancia insoluble que éste contiene. La oxigenaza fué aislada por él y comprobada su acción.

La materia albuminoide funciona como coloide protector.

Flamant estudió la acción de las materias albuminoides sobre la coagulación, llegando a la conclusión que el caucho se coagula con más facilidad entre menos albuminoides contenga el látex, pues la presencia de éstos facilita la solución coloidal del caucho en el suero. Esto tiene importancia industrial, pues estudiando las substancias albuminoides en el látex, se encontrará fácilmente el medio para obtener la coagulación rápida y total. Es una excepción a esto el látex de *Kickxia*, que no coagula con los coagulantes ordinarios, pues tiene un lugar de albuminoides, peptonas que previenen la coagulación, y para obtener ésta se agregan sus precipitantes: tanino, ácido pícrico, etc.

Los elementos inorgánicos encontrados en los látex y en el caucho obtenido de éstos son más o menos los siguientes: fierro, aluminio, calcio, magnesio, potasio y sodio; en forma de sulfatos, pequeñas cantidades de cloruros y a veces fosfatos.

Los estudios efectuados por Crossley y sobre el hecho comprobado de la absorción de ácidos (usados en la coagulación) por el caucho, dieron los siguientes datos:

1°.—Los coloides contenidos en el látex pueden absorber los ácidos.

2°.—La reacción se puede considerar más bien como física que como química.

3°.—La concentración del ácido tiene influencia sobre la absorción, pero sólo hasta un límite determinado.

4°.—El ácido absorbido es separado con mucha dificultad e influye sobre las propiedades físicas del producto final.

La calidad del caucho depende mucho de la relación en que se encuentran el caucho y la resina, depende del coagulante y del tra-

tamiento empleado al hulficar, como también de los medios usados para secarlo y de la cantidad de materias nitrogenadas y otras substancias orgánicas. Aparte del coagulante, desempeñan también un papel importante la temperatura, dilución, cantidad de coagulante, duración del proceso de coagulación, uso de substancias protectoras (antisépticos) y otros.

Después de la coagulación se debe tener en cuenta: el tiempo transcurrido hasta efectuar el lavado, el proceso mismo y el grado de trabajo mecánico al que fué sometido durante este proceso, después el grado de sequedad, y la temperatura durante el secado.

La finura de la estructura reticulada del caucho depende de la naturaleza del coagulante, de la rapidez y el grado de coagulación. Es por esto que la elasticidad del caucho puede variar con la substancia empleada en la coagulación.

El diámetro medio de las partículas de caucho es de medio micrón.

Henry llegó a contar 50,000.000 de partículas en un milímetro cúbico valiéndose de la dilución con una solución de cioruro de sodio al 20% que paraliza los movimientos Brownianos que las animan sin coagular el caucho. La dilución mínima fué de una parte de látex en 500 partes de solución salina.

El objeto que tiene el látex en el vegetal ha sido muy discutido. Es considerado por varios sabios como substancia nutritiva; sin embargo, la teoría que lo considera como materia de desecho, tiene también muchos partidarios. Algunos opinan que es un medio de defensa contra insectos y otros pequeños animales, y que en determinadas condiciones se encarga de cubrir las heridas que le han sido inferidas al vegetal de que se trata; otros lo ven como materia de reserva.

V.—QUIMICA DEL CAUCHO

Ante todo es necesario determinar, si el caucho crudo es una substancia de composición química definida. Con este fin efectuó Weber varios experimentos con el caucho del Pará, habiendo obtenido por disolución en cloroformo, después de extraer las impurezas (resinas, grasas y aceites) un cuerpo que corresponde a la fórmula $(C_{10}H_{16})_n$ y un cuerpo oxigenado de fórmula variable. Pero esta separación por cloroformo no se puede efectuar siempre, algunas clases de caucho crudo son completamente solubles

en el cloroformo. Weber trató algunas clases de caucho crudo, entre ellas el guayule, con acetona, y encontró gran cantidad de oxígeno en las substancias insolubles en ésta. Alexander analizó estos productos insolubles en acetona, disolviéndolos en cloroformo y precipitándolos con alcohol habiendo obtenido datos concordantes con la fórmula $(C_{10}H_{16})_n$. La separación del cuerpo oxigenado y el $(C_{10}H_{16})_n$ puede hacerse mejor aún con éter de petróleo según Fendler.

Podemos por tanto dividir las substancias componentes del caucho en una parte soluble en cloroformo y en éter de petróleo, que corresponde a la fórmula $(C_{10}H_{16})_n$ y otra parte oxigenada de fórmula indeterminada, y generalmente variable $(C_{30}H_{51}O_{10})?$ insoluble en cloroformo y éter de petróleo.

Spence encontró alrededor de 12% de la substancia no soluble en cloroformo en el caucho Pará y según él este producto está compuesto en su menor parte de hidrocarburo de caucho oxigenado, consistiendo casi su totalidad de substancia proteica que forma la estructura del caucho y desempeña gran papel en la elasticidad de éste. Esta materia da la reacción xantoproteica. Con el reactivo de Millon no raciona; Spence deduce de esto que la substancia proteica contenida en el caucho Pará no tiene tirosina, o bien que la coloración característica producida por el reactivo de Millon, es opacada por las partículas de caucho restantes, que no pueden ser separadas ni por larga extracción. El contenido en nitrógeno en esta proteína parece variar con la calidad, y es de 1.47% (9.24% de proteína) hasta 5.4% (igual a 33.75% de proteína); este valor se obtuvo por extracción durante tres meses. Estas proteínas tienen una estructura muy complicada y, según Spence, se acercan, por su contenido en nitrógeno, a las glicoproteínas.

Pero tampoco la substancia $(C_{10}H_{16})_n$ es de naturaleza constante, el valor de n varía, es decir, el grado de polimerización del hidrocarburo es distinto, y esto determina un distinto grado de solubilidad. El cuerpo $C_{10}H_{16}$ es el que representa el hidrocarburo típico del caucho, donde falta no se trata de caucho. Su peso molecular no es conocido hasta ahora, aunque Gladstone y Hibbert le designan el valor 6504. Weber cree que el hidrocarburo existente en el látex, es de bajo peso molecular (272), y que más tarde, por polimerización, se llega al caucho técnico de alto peso molecular. Hinrichsen y Kindscher intentaron determinar su peso molecular por el descenso de su punto de congelación en el aparato de Beckman,

habiendo obtenido el valor 3173. A pesar de los grandes adelantos de la Química de los coloides, intentó P. Bary, todavía en el año de 1912, determinar su peso molecular. El caucho representa un sistema policoagulado. El peso molecular de un coloide, varía con la temperatura y depende del grado de dispersión, éste cambia constantemente en el caucho. Fuera de esto, los métodos físicos de determinación del peso molecular están basados en la suposición, que la substancia en solución está realmente disgregada en sus moléculas. Aún en los cristaloides no siempre se efectúa esta disgregación, en soluciones coloidales no se efectúa nunca, pues siempre se trata con grupos de moléculas. Se llega a la conclusión que todos los ensayos efectuados a fin de determinar el peso molecular de una substancia coloidal, no son más que trabajos infructuosos.

Si se quiere hacer ensayos con el hidrocarburo del caucho, es necesario obtenerlo puro. Los métodos empleados son en resumen: disolución del producto crudo en benzol, y precipitación por el alcohol repitiendo esto varias veces.

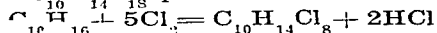
IDENTIFICACION DEL CAUCHO POR REACCIONES COLORIDAS

Si a una solución de caucho bruto purificado, en cloroformo, se agrega una gota de ácido sulfúrico, se obtiene, al agitar, una coloración rojo sangre instantánea, que seguramente proviene de una oxidación. Si se tratan grandes cantidades, puede identificarse el anhídrido sulfuroso en el desprendimiento gaseoso. La coloración con el tricloruro de antimonio (reacción de Riban) que dan algunos terpenos, también la produce el caucho, aunque no instantáneamente. Si en el alambre de platino se hace una perla de tricloruro de antimonio y se humedece en una solución de caucho de Pará, en cloroformo, se enturbia, y si se acerca cuidadosamente a la flama del Bunsen se colora en rojo.

Con el hidrocarburo fundamental $(C_{10}H_{16})_n$ se efectuaron muchos ensayos para disgregar la molécula y se formaron los más distintos derivados, a fin de llegar a dilucidar la estructura de la molécula del caucho.

ACCION DE LOS HALOGENOS

Derivado clorado $C_{10}H_{14}Cl_{18}$ polvo blanco.



Compuesto bromado $C_{10}H_{16}Br_6$ es un producto de adición muy

resistente a la acción de sosa alcohólica hirviente, de los ácidos minerales y ácidos del cromo.

Si se hace actuar fenol sobre el tetrabromuro del caucho bajo determinadas condiciones se obtiene un cuerpo de la composición del caucho oxigenado.

Estos cuerpos se hidrolizan por disoluciones sucesivas, dando una serie de productos más o menos libres de fenol; finalmente llegan todos a constituir un cuerpo de fórmula $C_{20}H_{60}O_{30}$. No se obtienen estos cuerpos únicamente por la acción del fenol; el cresol, el butilfenol, el timol, el naftol y la resorcina, reaccionan análogamente.

Como el paratetrabromuro se comportan, según parece, también los tetrabromuros de los terpenos.

Derivado yodado: $C_{20}H_{32}I_6$.

COMPORTAMIENTO DEL CAUCHO CON LOS AGENTES OXIDANTES

1°.—Oxígeno del aire. Este modifica las propiedades del caucho. Spiller analizó un caucho que había estado expuesto durante algún tiempo a la acción del aire; le encontró los siguientes porcentajes: Carbono = 62%, Hidrógeno 8.46%, Oxígeno 27.54%; era soluble en alcohol. Se trata seguramente de un proceso de adición.

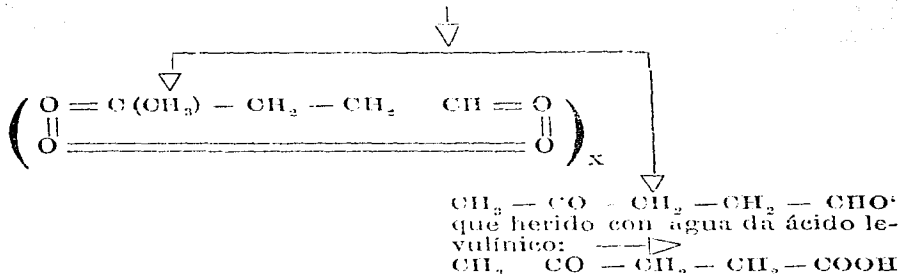
2°.—Acido crómico. Persulfatos y Peróxidos. Transforman el hidrocarburo en un producto soluble en alcohol.

3°.—Permanganato de potasio. Efectúa un cambio en el peso molecular (depolymerización.)

4°.—Acido sulfúrico. Oxida el caucho y finalmente lo carboniza. Tratando con cuidado una solución de caucho por ácido sulfúrico concentrado, se llega a obtener un cuerpo que contiene azufre.

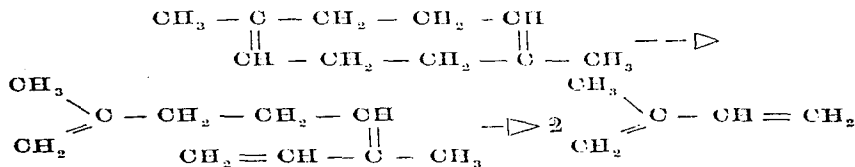
5°.—Ozono. Partiendo de la observación que se ha hecho, que los compuestos no saturados adicionan, por la acción del ozono, en cada doble ligadura una molécula de éste, dando ozonuros explosivos, que por calentamiento con agua se descomponen en aldehidos o cetonas peróxido de hidrógeno, llegó Harris a preparar, tratando una solución de caucho en cloroformo por el ozono, el ozonuro perteneciente a la fórmula $(C_{10}H_{16}O_6)_2$ o $(C_{10}H_{16}O_6)_3$. Descomponiendo el ozonuro $C_{10}H_{16}O_6$, cuyo análisis elemental da valores que se acomodan bien a esta fórmula y cuyo peso molecular, según el método de Beckman, da 227, 224.5 y 246.8 (calculado 232), se obtiene aldehido levulínico, respectivamente el ácido levulínico. El

y el ozonuro por desdoblamiento

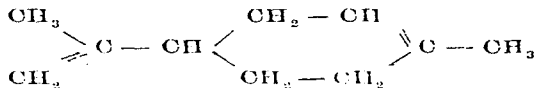


La importancia de este desdoblamiento reside en la demostración de que el hidrocarburo del caucho está constituido por una cadena cerrada, es un múltiplo del dimetil 1, 5, octadieno (1, 5.)

Con relación a los productos obtenidos por la destilación seca se explica su formación como sigue: la molécula se rompe cambiando su lugar un hidrógeno, formándose en la parte de ruptura una nueva doble ligadura. Primeramente se formaría de este modo el disipreno, que o bien se desdobla otra vez o que forma, por condensación, dipenteno o sus productos derivados:



o bien



Según esto no es el caucho un múltiplo del isopreno sino del pentadienilo: $\text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} =$ y la denominación polipreno es impropia. Harris supone en la fracción entre 360 y 170° C. de la destilación seca del caucho, la existencia del dimetil-octadieno.

El caucho Pará es ópticamente inactivo. La fórmula empírica $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ presenta dos dobles ligaduras.

ACCION DE LOS ACIDOS SOBRE EL HIDRO-CARBURO DE CAUCHO

1°.—Derivados del ácido clorhídrico: $C_{10}H_{18}Cl_2$.

2°.—Derivados del ácido nítrico: $C_{10}H_{12}N_2O_6$ cuerpo amorfo, amarillo de peso molecular igual a 256.

ACCION DE LOS ALCALIS Y DEL AMONIACO

Por la acción de los álcalis se vuelve el caucho adhesivo y graso. Se trata seguramente de cambios de Isomería.

El amoniaco emulsiona al caucho.

DESCOMPOSICION PIROGENADA DEL CAUCHO

El caucho no tiene ni en estado de pureza, ni como producto crudo, un punto de fusión constante, debido a su naturaleza coloidal. Henriques observó ya a 120° una fusión completa del caucho, que ya no recobra su estado primitivo, es decir, el dimetiloctadieno se ha desdoblado ya. Si se destila esta substancia, se obtiene, aparte de un desprendimiento gaseoso mínimo, un aceite de caucho crudo llamado cauchoquina, compuesto de una serie de hidrocarburos de cadena abierta y terpenos aromáticos. De este aceite se aislaron: el caucheno, punto de ebullición 18.12° C., el trimetileno, punto de ebullición de 33 a 38° C., faradayeno, punto de ebullición de 33 a 44°, isopreno, punto de ebullición de 37 a 38°, el mirseno, punto de ebullición de 147 a 150°, terpeno de Harris, punto de ebullición de 168 a 169 grados, dipenteno, punto de ebullición 171°, heveno, punto de ebullición 252°, politerpenos, punto de ebullición arriba de 300°.

Todos los hidrocarburos aislados en la destilación seca del caucho son múltiplos de la fórmula empírica del pentadienilo, caracterizados por los mismos porcentajes de carbono e hidrógeno que el caucho. Muestran grandes diferencias en la estructura, pues los productos que hierven a baja temperatura son alifáticos y los de alto punto de ebullición son aromáticos.

SINTESIS DEL CAUCHO

Ha sido obtenido el caucho sintético únicamente por dos métodos: la primera vez lo obtuvo Bouchardat del isopreno y la segunda vez Harris, del mirseno

Harris polimerizó el mirseno (un hidrocarburo de cadena abierta $C_{10}H_{16}$) y obtuvo un producto análogo al caucho.

Bouchardat llegó a obtener, por calentamiento del isopreno con ácidos diluidos, un polímero elástico, que por ebullición con agua adquiere las propiedades del caucho. Tiene la composición centesimal del isopreno, es insoluble en alcohol, se hincha en el éter y se disuelve, como el caucho, en bisulfuro de carbono. Por su destilación seca se obtienen los mismos hidrocarburos que en el caucho. Bouchardat aisló uno de ellos, el dipenteno, e identificó éste por el diclorhidrato que concuerda con el obtenido del caucho.

ABSORCION DEL CAUCHO

Tiene el caucho la propiedad de difundir los gases y esto es atribuido a su porosidad. Graham encontró que la difusibilidad de los gases aumenta con la temperatura. Tratando el caucho por una solución de asfalto se vuelve impermeable. Se ensayó también la difusibilidad del anhídrido carbónico, encontrando que la rapidez de difusibilidad aumenta con la diferencia de las presiones parciales, pero no proporcionalmente a ellas como antes se creía y disminuye con el espesor del caucho, pero tampoco hay proporcionalidad.

V.—TEORIA DE LA VULCANIZACION

ACCION DEL AZUFRE Y SUS DERIVADOS SOBRE EL CAUCHO

Es este el punto de mayor importancia en la industria de la química del caucho.

Este fenómeno es llamado “quemar el caucho” por Goodyear, metalización según Brockedon y en general vulcanizar o azufrar el caucho.

Lüdersdorf observó en 1832 por vez primera que el azufre quita al caucho su propiedad de adhesión, cuando se agrega a su solución en esencia de trementina. Observaciones análogas hizo Benzinger; después de ello se hicieron ensayos por Haywart; pero fué Goodyear el que en 1829 llegó a obtener la vulcanización del caucho y él es el inventor del procedimiento que tantos servicios ha prestado a la industria. Goodyear compró la patente tomada mientras tanto por Haywart y patentó su propio procedimiento en Inglaterra y

Estados Unidos, después de tener conocimientos de la patente tomada por Hancock en 1843. Hancock obtuvo en 1842 algunas pruebas de caucho vulcanizado, encontró en ellas azufre y después de experimentar largo tiempo sin resultado, llegó a vulcanizar el caucho en 1843 por inmersión en azufre fundido y calentamiento posterior a 150° C.; inventó así otro procedimiento de vulcanización. De este modo sucedió que Goodyear y Hancock tomaran sus patentes casi simultáneamente. Después se vulgarizó el método de vulcanización y ahora son ya innumerables las patentes que se han obtenido con este fin, pues cada fábrica tiene su método de vulcanización que depende de los artículos por fabricar, reservándolo en secreto.

La palabra vulcanización se deriva de Vulcano, el Dios del Fuego de los Romanos, pues creíase, que el efecto ejercido por el azufre se debía al calor, sin el cual éste no tenía acción sobre el caucho; es esto un error, puesto que hoy existen dos métodos de vulcanización: vulcanización en frío y en caliente. La primera se obtiene haciendo uso del monocloruro de azufre que actúa sobre el caucho en frío y tiene acción solamente superficial; es usada únicamente en artículos de poco espesor; el monocloruro de azufre es también aplicado en forma de vapor. Este procedimiento fué inventado por Parques en 1846; también fueron ensayadas otras muchas substancias.

El grado de vulcanización depende de varios factores: los de mayor importancia son: 1°.—La cantidad de azufre presente. 2°.—La temperatura a que es sujetado el caucho; 3°.—El tiempo que se le sujeta a esta temperatura. Haciendo variar estas condiciones obtenemos diversos grados de vulcanización, desde el hule más blando, hasta la más dura ebonita.

TEORIA DE VULCANIZACION DE WEBER

Se creyó en un tiempo que la vulcanización se debía a la sustitución del hidrógeno de la molécula del caucho por azufre. Weber demostró la inexactitud de esto, aduciendo que entonces habría desprendimiento de gran cantidad de sulfuro de hidrógeno, que no se produce en la vulcanización. La teoría de la sustitución se abandonó, recomendando Weber la teoría de la adición. De acuerdo con esta teoría, si aceptamos como fórmula del caucho la dada por Harris, tenemos un compuesto de dobles ligaduras en las que puede adicionarse el azufre.

vulcanización se hacía variar, habiendo siempre presente un exceso de azufre, y tomando en el eje de las ordenadas los porcentos de azufre y en el de las abscisas los tiempos, se obtenía una curva quebrada, que él tomó como una prueba de ser cambio químico el que tenía lugar.

TEORIA DE OSWALD

Oswald era de parecer, que el fenómeno de la vulcanización puede explicarse mejor, basándose en la teoría físico-química de la absorción por los coloides, mejor que en la teoría de Weber únicamente química. Oswald presenta los siguientes puntos de apoyo de su teoría.

1°.—Sea grande o no la cantidad de azufre agregado en la vulcanización, existe siempre una determinada cantidad de azufre no combinado. La teoría química requiere que éste se combine en su totalidad, si el por ciento es bajo.

2°.—Si el caucho vulcanizado es tratado con éter de petróleo, se podrá extraer el azufre en su totalidad, y esto es un hecho, tanto que en el caucho no vulcanizado, como en el vulcanizado, únicamente que en el primero se puede hacer la extracción con mayor rapidez.

3°.—La absorción del azufre en el caucho siempre es aditiva.

4°.—Se obtiene una serie continua de compuestos de adición. El por ciento de azufre en estas series no está de acuerdo con la ley de las proporciones múltiples.

5°.—La cantidad de azufre absorbido, depende del trabajo mecánico, al que ha sido sometido el caucho antes de la vulcanización; entre más tiempo ha sido trabajado el caucho mayor es la cantidad de azufre que puede absorber.

6°.—La absorción aumenta con el aumento de temperatura y está más de acuerdo con la que produciría un cambio físico que un cambio netamente químico.

7°.—La absorción de azufre no es regular, pues la curva de absorción muestra cambio de dirección.

8°.—La absorción de azufre corresponde mejor a la fórmula de absorción que a cualquiera fórmula química, esto es, $\frac{x}{a} = k c^m$ donde X es la cantidad de substancia absorbida, A la cantidad de absorbente, C la concentración del absorbente con referencia a la substancia que es absorbida, k y m son constantes.

Hinricksen y Kindscher estudiaron la reacción que tiene lugar en la vulcanización en frío; prepararon una solución de caucho en bencina de una cantidad conocida de caucho; a ésta agregaron una

cantidad conocida de monocloruro de azufre disuelto en bencina y dejaron reaccionar las dos soluciones durante tres semanas, dosificaron después el monocloruro de azufre restante y la diferencia la consideraron como cloruro de azufre combinado; llegaron a la conclusión que para determinada cantidad de caucho, el por ciento de monocloruro de azufre absorbido es constante e independiente de la cantidad que ha reaccionado; calcularon para este por ciento una fórmula que es, como ya se ha indicado arriba, $(C_{10}H_{16})_2S_2Cl_2$. Este resultado parece favorecer la teoría química de Weber, pero Oswald aduce que esta fórmula simplemente representa la cantidad máxima de azufre absorbido y representa la parte de la curva paralela al eje. Los mismos autores llevaron a cabo las siguientes pruebas en la vulcanización en caliente:

Prepararon soluciones de caucho en ximeno, de 1, 2, etc. grs. hasta 8 grs. por 100cc. de disolvente y lo sometieron a una temperatura de 170° agitando con anhídrido carbónico; en cada caso el producto resultante no contuvo más de 32% de azufre, y por lo tanto concuerda con la fórmula de Weber $C_{10}H_{16}S_2$.

Spence estudió la velocidad de extracción del azufre del caucho vulcanizado con acetona caliente y vió que las últimas porciones se extraen con gran lentitud, hasta que llega un momento en que el azufre ya no es extraído. Contrario a la teoría de Oswald, considera que esta última porción realmente ha entrado en combinación con el caucho. Spence está de acuerdo con Oswald solamente en lo referente al azufre libre, que considera absorbido por el caucho.

El hecho de que la velocidad de vulcanización disminuye conforme la vulcanización progresa, es explicado por Skellon basándose en la solubilidad del azufre en el caucho y en su sulfuro. Al principio el azufre se disuelve en el caucho; pero al irse combinando con éste, ya que el azufre es más soluble en el producto combinado, el azufre se disuelve en su mayor parte en éste, quedando al final de la reacción tan pequeñas cantidades de azufre no disuelto que la reacción casi se estaciona.

Parece ser que el azufre entra en combinación con el caucho cuando éste se ha depolimerizado, repolimerizándolo y encontramos en esto una explicación del fenómeno, que la vulcanización se efectúa con más facilidad cuando el caucho ha sido sometido a un trabajo mecánico, que tiene como efecto la depolimerización del caucho.

Hasta aquí llegan por ahora los conocimientos sobre la vulcanización, contando cada una de estas teorías con un gran número de partidarios.

VII.—ACELERADORES DE LA VULCANIZACION

El uso de catalizadores orgánicos o aceleradores de la vulcanización es uno de los importantes adelantos en la industria moderna del caucho. Los aceleradores de origen mineral, que son óxidos de carácter básico (litargirio, magnesia y cal), han sido usados durante muchos años y, particularmente en el caso del litargirio, no han sido reemplazados totalmente por los aceleradores orgánicos; pero parece que su acción es distinta a la de éstos. Así, por ejemplo, comparando la magnesia con un acelerador orgánico, se ha demostrado que, mientras que la actividad de aquélla depende de la naturaleza o cantidad, o de las dos, de algunos componentes secundarios del caucho crudo, v. g. la resina, la acción de los aceleradores orgánicos es independiente de estas substancias, y parece producir una agregación o polimerización directa de la molécula del caucho; su acción está sujeta siempre a la presencia del azufre, libre o en combinación temporal con el acelerador. La mayoría de los aceleradores orgánicos son bases enérgicas como por ejemplo la dietilamina, la anilina, la piperidina, la guanidina o compuestos resultantes de la reacción de bases con substancias activas, tales como el ácido nítrico, el formaldehído o el sulfuro de carbono, como por ejemplo la nitrosodimetilanilina, la sulfocarbamilida, la furfuramida, la exametilentetramina, etc. Algunas de estas substancias son extremadamente activas, llegando a reducir el tiempo de vulcanización en algunas mezclas, de varias horas a pocos minutos, obteniéndose también su vulcanización completa dejando la mezcla durante algunas semanas en un cuarto calentado moderadamente. Otra clase de catalizadores es obtenida por la acción de álcalis o mentales alcalinos con alcoholes o fenoles, ácido oléico, etc., tal como la solución de sosa cáustica en un alcohol de la serie grasa, o etilato o fenato de sodio, oleato de sodio o de plomo. Parece deberse aquí la acción al radical alcalino, pues ya es sabido que la sosa cáustica, por ejemplo, es un poderoso acelerador. Se ha llegado a convertir un hule del Pará de lenta vulcanización, 3 a 3½ horas, en caucho de vulcanización rápida, $\frac{3}{4}$ a una hora, por inmersión en una solución de sosa cáustica al 1%. No es posible usar en la industria este procedimiento, pues el producto obtenido se rompe fácilmente y pierde su consistencia. Es de interés el hecho de que la adición de solución de sosa en glicerina a una mezcla, no tiene acción nociva. Posiblemente la acción de una solución acuosa de álcali sobre el caucho, se debe a la separación de algunas substancias solubles en los álcalis. Los aceleradores minerales, aparte de sus efectos catalíti-

cos, van a actuar en la mezcla necesariamente como carga, ya que generalmente deben ser empleados en grandísimas proporciones. En algunos casos es observado un incremento marcado en la resistencia a la tensión, acompañado de una disminución en la elasticidad. La mayor ventaja que presenta el acelerador orgánico aparte de los efectos mecánicos, es que puede ser empleado, obteniéndose magníficos resultados, en una cantidad tan pequeña, que no tiene efecto material sobre el carácter general de la mezcla.

Varias teorías han sido propuestas relativas a la naturaleza de la acción catalítica de los aceleradores. Un punto de vista es el de que se produce un compuesto temporal entre el acelerador nitrogenado y el azufre, al que se debe la vulcanización satisfactoria del caucho.

a) Según Kratz, la acción de ciertas substancias, tales como la difeniltiourea, es debida a su tendencia a descomponerse, en las condiciones en que se efectúa la vulcanización, en substancias más simples que contienen un grupo de nitrógeno activo al cual se debe la vulcanización.

b). Los equivalentes moleculares de varias substancias que contienen el mismo grupo nitrogenado activo en su núcleo primario, tienen la misma actividad acelerante.

c). La substitución del hidrógeno en el grupo activo nitrogenado por otros grupos o radicales disminuye la actividad de las substancias.

d). La actividad del nitrógeno en ciertos grupos es interpretada generalmente como debida al incremento de la valencia del nitrógeno de 3 a 5, adicionando temporalmente azufre. El grupo nitrogenado actúa como portador de azufre.

Otros autores no consideran al nitrógeno pentavalente sino al azufre hexavalente como la característica del acelerador. Los aceleradores nitrogenados forman, durante la vulcanización, ácido sulfocianico, que se descompone en ácido cianhídrico y azufre hexavalente. El ácido cianhídrico libre se combina con otra molécula de azufre para formar ácido sulfocianico, y así sucesivamente se va formando el azufre activo que actúa luego sobre el caucho.

VIII.—ANALISIS

ANALISIS DEL CAUCHO CRUDO

Para juzgar de la calidad del caucho, en las fábricas se sujeta muchas veces una parte pesada de la muestra únicamente al

ensave de pérdida por lavado en los cilindros pequeños de ensaye; las láminas de hule que se obtienen son secadas y pesadas como es de uso corriente. El fabricante deduce la calidad del producto, de la pérdida por lavado, el color, olor, elasticidad y aspecto.

El hule lavado y secado se denomina caucho técnicamente puro. En las fábricas modernas es sujeta a la muestra al ensaye químico y físico como se describirá más abajo.

El análisis se hace en el caucho técnicamente puro y, si se tiene poca muestra, se debe mezclar en los pequeños cilindros lisos (4 ó 5 cms. de diámetro y 19 cms. de longitud) sin calentar, que no ocasionan pérdida y en los que el caucho no es depolimerizado, y por esto más rico en resina. En los cilindros de fábrica comunes se ha obtenido una diferencia de 1% en el contenido de resina. Es notable el hecho de que en los ensayos efectuados por Dinglinger (1906) no aumentaba la resina proporcionalmente al tiempo de mezclado.

Se ha dado el caso de que al hule de Pará (ahumado blando) haya sido mezclada harina; se verifica su existencia tratando la superficie de caucho por tintura de yodo. La coloración azul en frío que se decolora en caliente denota la presencia de almidón.

Análisis del caucho bruto según Ditmar

Se encuentran en el caucho, aparte de las substancias contenidas en el látex, otras que han sido adicionadas como coagulantes, también impurezas como son: tierra, fragmentos de corteza, etc., puede constar por tanto un caucho bruto crudo de los siguientes componentes: caucho químicamente puro, resinas, albuminoides, aceites etéreos y grasas, hidratos de carbono, cera, alcaloides, ácidos, materias minerales, impurezas orgánicas, agua, etc.

Los coagulantes del látex empleados son muy numerosos (véase coagulación), y se entiende cuán difícil puede ser el análisis del caucho bruto. Es sin embargo suficiente en la práctica añadir a los ensayos órgano-lépticos (color, olor, aspecto) y mecánicos (elasticidad, resistencia a la tensión, etc.) un análisis químico sobre los puntos siguientes:

- 1°.—Determinación de la humedad.
- 2°.—Determinación de la resina (soluble en alcohol y acetona.)
- 3°.—Impurezas.
 - a) Inorgánicas. (Arena, sales, etc.)
 - b) Orgánicas. (Albúmina, azúcar, etc.)
- 4°.—Determinación del caucho puro.

Este método sencillo ha dado magníficos resultados pudién-

dose efectuar en menos tiempo que todos los demás métodos conocidos, pues tiene la ventaja de no haber filtraciones, siempre molestas en las soluciones coloidales.

El análisis del caucho crudo es difícil por el carácter coloidal del caucho y hay que evitar siempre la filtración, lo que es fácil en este caso.

Determinación de la humedad.—Se determina la humedad sobre un gramo de muestra tomado del interior del trozo. Se pesa el caucho en un pesa filtros de peso conocido después de cortarlo en fragmentos pequeños, a fin de aumentar la superficie.

Es esta determinación la más dilatada relativamente, pues el caucho, por su naturaleza coloidal, retiene enérgicamente la humedad. Se apresura la evaporación introduciendo el pesa filtros abierto en un tubo de 6 cms. de diámetro, en el que se hace el vacío, y se coloca este último en la estufa calentada a 30 ó 40° C.

El caucho no se depolimeriza con esta baja temperatura y no se oxida por haberse hecho el vacío. Se obtiene el peso constante de la prueba en tres o cuatro horas.

Es de gran importancia el trabajar con una muestra que represente la calidad media.

Para obtener el caucho bastante dividido, se hace pasar primero varias veces por los cilindros cortando después la lámina con un cuchillo seco, filoso o mejor aún con tijeras. Si se tiene aire líquido se prepara la muestra media sumergiendo el caucho en éste y triturándolo luego en un mortero. Si se trabaja por este método sale sobrando la determinación de la humedad en la muestra primitiva.

Las impurezas inorgánicas se cuantean reduciendo una muestra de un gramo más o menos a cenizas en un crisol de platino, pesando después.

Las impurezas totales, orgánicas e inorgánicas, se determinan haciendo una solución en benzol de una cantidad pesada de la muestra, centrifugando y pesando el residuo.

Restando las impurezas inorgánicas de las totales se obtienen las orgánicas.

La solución coloidal en benzol se obtiene, tratando alrededor de un gramo de hule bruto, seco y libre de resinas, por 100 cc. de benzol, calentando en baño de maría durante dos horas con refrigerante de reflujo.

Cuando se obtiene una solución homogénea más o menos fluida, se coloca en las probetas, pesadas y graduadas, de una centrifuga, centrifugando de 10 a 20 minutos según la velocidad de ro-

tación de la centrifuga; se obtienen las impurezas en el fondo de la probeta, pudiendo ya deducir en la práctica su cantidad por su volumen. La solución clara se decanta y se recupera el disolvente por destilación. El residuo se trata por benzol puro, se calienta en baño de maría y se centrifuga repitiendo esto hasta obtener un residuo limpio. Se repite esto primero con alcohol y luego con éter, se seca en la estufa a 90° y se pesa.

Para el cuantco de la resina se trabaja sobre 4 grs. de la muestra que ha sido secada como en 1.

Se usa ventajosamente un extractor de Soxhlet, usando 130 cc. de acetona y extrayendo durante 4 a 8 horas. Las uniones entre el matraz, el extractor propiamente dicho, que contiene la sustancia y el refrigerante deben ser esmeriladas, no debiendo usarse nunca tapones de corcho, pues la acetona separa de éstos una masa resinosa blanca, que va a aumentar naturalmente el peso de resina extraído de la muestra.

De la solución de resina en acetona se separa el disolvente por evaporación y la resina se lleva a peso constante (a 105° en la estufa.)

El caucho, después de la extracción, es secado en el desecador de vacío, o en un tubo de vacío a 30° en presencia del cloruro de calcio. La pérdida en peso del caucho y el peso de resina deben ser más o menos iguales.

El hule bruto para el cuantco de las resinas nunca debe secarse en la estufa, sino en el desecador de vacío, pues aún a 80° C. hay aumento en la cantidad de resinas y se obtiene en la misma muestra variaciones importantes. Se debe esto a que, aún a no muy altas temperaturas (80° C.), la resina contenida en el caucho se licúa y disuelve una parte de caucho trasformándolo en una variedad soluble en acetona.

El caucho puro se puede obtener restando de 100 la suma de los porcientos; o se pesa el residuo de la destilación de la solución clara de benzol que queda después de centrifugar agregando también el benzol del lavado, secándolo en el desecador de vacío; o bien se obtiene el caucho puro precipitándolo con alcohol de su solución en éter de petróleo.

ANALISIS DEL CAUCHO VULCANIZADO

En un análisis de caucho vulcanizado generalmente son necesarias y suficientes las siguientes determinaciones:

1°.—Azufre total.

- 2°.—Azufre libre.
- 3°.—Carga orgánica (parafina, asfalto, etc.)
- 4°.—Faktis.
- 5°.—Carga mineral.
- 6°.—Azufre combinado.

METODO DE AUSTERWEIL

1°.—Cuanteo del azufre total.

El método aquí empleado es análogo al usado por Bertrand. El aparato es parecido al usado en el método de Kjeldahl. (Véase figura 2.)

En un matraz A, de 250 cc. cerrado con tapón esmerilado, es tratada la muestra pesada (alrededor de 1 gramo) con agua regia, que se hace entrar por el embudo de separación B, y se calienta cuidadosamente. Del refrigerante de reflujo C sigue un tubo DD, que tiene en D' un ensanchamiento y entra en un vaso E, que contiene solución de sosa cáustica, que tiene por objeto recoger todos los gases que puedan escapar del refrigerante. Se calienta con cuidado hasta que la muestra se ha disuelto totalmente; cuando la disolución es completa, se lava el embudo con agua, que se hace pasar luego al matraz A; se agrega, después de enfriar, la solución de E, lavando muy bien el vaso.

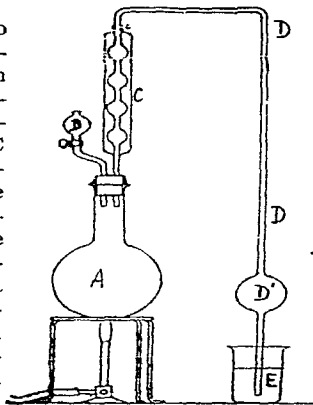


Fig. 2.

Se desmonta el aparato y se agrega carbonato de sodio anhidro, hasta ya no obtener efervescencia. Se pone la solución en un crisol grande de porcelana, se evapora en baño maría hasta sequedad y luego se funde con cuidado, calentando con un mechero, haciéndolo permanecer fundido durante diez minutos. Se deja enfriar y se disuelve en agua caliente; se vierte la solución en un vaso, se acidula con ácido clorhídrico y se precipita el ácido sulfúrico formado, con cloruro de bario. Se tiene el azufre total. Tiene este método la ventaja, de ser imposible la pérdida de azufre en forma de gases sulfurosos, ventaja que no presentan la mayoría de los métodos conocidos.

2°.—Dosificación del azufre libre.

Se toman alrededor de 5 grs. de muestra que debe encontrarse en pedazos lo más pequeños posible y, colocándolos en un cubilete para Soxhlet, tarado, se extraen en el Soxhlet durante 8 a 10 horas con acetona, al baño maría. Se evapora el disolvente y se tiene el azufre libre, los aceites, grasas, aceites minerales, parafina, alquitrán, asfalto y resina. El cubilete se lleva a peso constante en la estufa de vapor y se pesa. La diferencia nos da el azufre libre más la carga orgánica. Para cuantar el azufre libre se trata el residuo, obtenido por evaporación del disolvente, por agua regia, como en 1, exactamente como si se tratara de cuantear el azufre total. La precipitación del sulfato de bario nos da el azufre libre contenido en la muestra.

3°.—Dosificación de la carga orgánica.

Se obtiene la cantidad de carga orgánica restando (en 2) de la pérdida en peso de la muestra después de tratar por acetona, el azufre libre cuantado también en 2.

4°.—Cuanteo del Faktis.

Dos a 3 gramos del caucho tratado con acetona, (en 2) pesados exactamente, son tratados en un matraz con condensador de reflujo con 50 cc. de sosa cáustica alcohólica normal, hirviendo durante una hora. Se deja reposar 10 minutos, se decanta el líquido en un filtro tarado, se agregan otros 50 cc. de sosa y se repite la operación. Ahora se pasa todo el contenido del matraz al filtro, se lava con alcohol de 95% hasta que ya no da reacción alcalina, se seca hasta peso constante y se pesa, la diferencia es Faktis.

5°.—Cuanteo de la carga.

Alrededor de 50 grs. de muestra son pesados exactamente después de molerlos, hervirlos dos veces con sosa cáustica normal alcohólica, lavarlos con alcohol y secarlos. El caucho preparado de esta manera es llevado a un matraz de un litro y se calienta en baño de aceite de 180 a 185° con 300 cc. de limoneno o dipenteno, de modo que hierva el disolvente tumultuosamente, agitando con frecuencia, durante cinco horas. El caucho se disuelve totalmente si la operación está bien hecha. Después de enfriar es centrifugada la solución durante una hora, se decanta el líquido limpio, se agrega nuevo limoneno centrifugando nuevamente. Después

de decantar, se trata el residuo de benceno o bencina, se filtra sobre filtro tarado, se seca y se pesa. (La filtración se efectúa con la mayor facilidad.)

El peso constante nos da la carga contenida en la muestra.

Las ventajas que presenta el dipenteno sobre otros disolventes, como el éter de petróleo, xileno, etc., consisten en que las soluciones obtenidas pueden centrifugarse fácilmente, por ser muy bajo el peso específico del dipenteno y también es poca la viscosidad de las soluciones de caucho en dipenteno.

Puede haber error en la dosificación de la carga orgánica cuando el Faktis no es de la mejor clase (oxidación insuficiente del aceite de linaza, por ejemplo), pues entonces puede llegar algo de Faktis al extracto en acetona. Pero esto sucede con poca frecuencia; puede corregirse acortando el tiempo de extracción con acetona.

ENSAYES FISICO-QUIMICOS Y FISICOS DEL CAUCHO

De tanta importancia como los métodos analíticos son los ensayos físico-químicos y físicos que deben ser efectuados en el caucho. Estos ensayos dependen del uso a que deban destinarse los artículos y están prescritos muchas veces oficialmente.

ENSAYES DE OXIDACION

Decir que el caucho se ha pasado, equivale a decir que se ha oxidado. La facilidad de oxidación es muy variable; depende, en el hule, de la clase de caucho, del contenido en azufre y de los ingredientes agregados al caucho como carga.

Con frecuencia es necesario ensayar la tendencia del caucho a la oxidación exponiéndolo a la luz solar durante algún tiempo y comparándole después con otro que se ha mantenido en la obscuridad. Este método es dilatado y depende del buen tiempo, por eso ha sido ideado por Weber un método que consiste en hacer actuar una solución de 20 grs. de acetona y 60 cc. de agua oxigenada al 20%, sobre el caucho pesado, luego es lavado con acetona, secado a 100° y pesado nuevamente. Por la cantidad de oxígeno absorbido por el caucho, comparada con el aumento que experimenta una buena clase de caucho de Pará, puede juzgarse de su calidad. La rapidez de oxidación del caucho es independiente de su contenido en resinas.

El examen químico tiene como fin dar a conocer la acción de algunas substancias, que pueden actuar sobre el caucho cuando es-

te está en uso y son: el ácido sulfúrico, el ácido acético, la sosa cáustica, el amoníaco, aceites grasos y minerales y el gas de alumbrado.

Para la prueba del ácido sulfúrico se usa un ácido diluido de 1.1562 de densidad, igual a 27.5% de ácido sulfúrico, en frío, dejando en él las muestras durante 10 ó 20 días.

El ácido acético se usa de una densidad de 1.0584 (46.5% de ácido acético) a la temperatura ordinaria. Déjase actuar sobre las muestras tres días, siendo esto bastante, pues la acción del acético se manifiesta muy pronto.

La solución de sosa cáustica usada en los ensayos debe tener una densidad de 1.3084, igual a 21.5% de sosa; se hace actuar tres días.

En las tres pruebas es pesada y medida la muestra después de secada, tomándose también nota de las diferencias en el aspecto.

Para la prueba del amoníaco se emplea una solución de 0.9775 de densidad, igual a 6% de amoníaco, dejándolo reaccionar durante cuatro días. Después es lavada la muestra y sometida durante medio día a una temperatura de 100° C., pesada y medida.

El aceite que se emplea es el de nabo que debe tener una densidad de 0.9102 dejándose en él durante 5 días a la temperatura ordinaria.

El aceite mineral de 0.8991 de densidad se deja actuar durante 5 días.

Para hacer la prueba del gas de alumbrado se coloca la muestra en el interior de un tubo de bastante diámetro, conectando éste a un mechero que se deja ardiendo para que esté pasando continuamente la corriente de gas; se deja 20 días.

Después de cada prueba es pesada y medida la muestra; se aprecia hasta un décimo de milímetro.

EXAMEN FISICO

Se determina en el hule el límite elástico, o sea la carga máxima por unidad de superficie, que produce alargamientos proporcionales a la carga. Es también determinada la carga de ruptura y el alargamiento que produce la carga en el límite elástico. Se usa para esto un aparato en el que se coloca convenientemente el hule, que luego es sujetado a cargas crecientes de 100 en 100 gramos; se mide simultáneamente la deformación producida. Ya conociendo el límite elástico se siguen aplicando cargas, hasta llegar a la ruptura. Como el escantillón se va alargando despacio, puede medirse también el alargamiento que produce la carga de ruptura.

Las deformaciones producidas por grandes presiones también son determinadas sujetando una muestra de hule de 1 centímetro cuadrado de superficie y de espesor conocido durante un minuto a una presión máxima de 49 kilos. El escantillón presenta generalmente, después de la prueba, las orillas engrosadas y menos espesor en el centro. Son medidos el espesor central, el de las orillas y la distancia que hay en el centro entre las partes gruesas. Esta prueba es llevada a cabo generalmente en los amortiguadores.

El ensaye de las deformaciones producidas al martillar es efectuado en artículos que deben soportar fuertes choques. A una muestra de hule de 1 cm². de superficie y de espesor central conocido, se dan 50 golpes en la máquina de Usteri. La altura a que se levanta el martillo es de 25 cms. y el peso de éste es de 2 kilos. Las deformaciones son parecidas a las producidas por la prensa pero el engrosamiento es paralelo a las aristas en aquel caso, y en el caso del martillo forma ondas simétricamente a las aristas.

El ensaye de la acción del calor se efectúa en artículos que deben ser sujetados a altas temperaturas. A 150° C. todas las mezclas experimentan cambios, pero es con frecuencia útil conocer la acción de las temperaturas entre 100 y 150° C. Para esto es sujetado el hule a estas temperaturas, empezando por 100° y aumentando de 10 en 10 grados en una estufa que tiene una ventana de vidrio que permite observar los cambios producidos. Naturalmente que estos ensayos son comparativos.

Es necesario conocer el poder dieléctrico de una mezcla cuando va a ser usada en la manufactura de guantes aislantes y para forrar alambre. Para esto es necesario determinar el voltaje que logra pasar por un espesor fijo y este dato se especifica al vender el artículo.

Por estos métodos fueron ensayadas varias muestras de hule blanco y de ebonita, llegándose a la siguiente conclusión:

1°.—La carga, sea orgánica o mineral, hace disminuir la elasticidad en el hule blanco. Una muestra con un por ciento de azufre de 10 muestra la mejor elasticidad. En la ebonita, por adición de algunas substancias orgánicas como: la colofonia, la esencia de trementina, e inorgánicas como: el cinabrio, el hidróxido de calcio, la elasticidad no solamente no es disminuida, sino que es aumentada.

2°.—El límite de elasticidad en el hule blanco es más o menos aumentado por la carga cuando ésta se compone de creta, sulfato de bario, óxido de zinc y principalmente óxido de magnesio. En la ebonita aumentan el límite de la elasticidad el cinabrio y la

magnesia, como también un alto por ciento de azufre por larga duración de vulcanización. Todas las demás substancias inorgánicas como el óxido de plomo, el hidróxido de calcio, y las orgánicas bajan el límite de elasticidad en toda clase de hule blando o de ebonita.

3°.—La carga mineral y las substancias orgánicas como la glicerina, aumentan en el hule blando la compactibilidad. Esta también es aumentada en la ebonita por adición de altos porcentajes de esencia de trementina, de colofonia o de hidróxido de calcio, magnesia y cinabrio, si se agregan en cantidades moderadas. Por el contrario, las mezclas que llevan faktis, esencia de trementina y parafina presentan en el hule blando una baja carga de ruptura.

4°.—El caucho adicionado de azufre únicamente, no puede ser considerado como el mejor aislante, pues existen mezclas que llenan mucho mejor estas condiciones; por ejemplo, el caucho con óxidos metálicos como óxido de zinc y magnesia en pequeñas cantidades; también con hidróxido de calcio, carbonato de calcio, sulfuro de antimonio y todos los ingredientes orgánicos, faktis en pequeña cantidad, esencia de trementina y colofonia. El poder dieléctrico de una mezcla de caucho y parafina es muy bueno. El óxido de plomo, el cinabrio y la magnesia (en grandes cantidades), disminuyen el poder aislante del caucho.

5°.—En todas las mezclas que contienen carga orgánica se observa desprendimiento de vapores entre 130 y 150° C., y si éste es grande, la mezcla se puede calificar de mala.

6°.—Las mezclas que contienen carbonato de calcio, óxidos de plomo y de zinc son atacadas por los ácidos como el sulfúrico y el acético. La resistencia a la acción de los aceites es aumentada por estas substancias, principalmente por los óxidos de zinc y de plomo.

La acción de los álcalis y del gas de alumbrado es casi nula. La carga orgánica aumenta la resistencia a la acción de los ácidos.

7°.—Los artículos de hule que contienen carga mineral se vuelven quebradizos con el tiempo; esta carga parece no influir en el poder aislante.

IX.—FABRICACION

1.—MATERIAS PRIMAS.

- a) Caucho Crudo.
- b) Otros Ingredientes.

- c) Almacenaje de la materia prima y de los artículos fabricados.

2.—MAQUINARIA Y MANIPULACION.

- a) Preparación de la materia prima.
- b) Mezclas.
- c) Vulcanización.
- d) Acabado.

1.—MATERIAS PRIMAS

CAUCHO CRUDO.—PROPIEDADES DEL CAUCHO CRUDO

El caucho bruto tiene, después de lavado y secado un peso específico de 0.925 a 0.967 aproximadamente cuando está completamente libre de aire. El caucho es mal conductor del calor y de la electricidad usándose por esta propiedad con mucha frecuencia como aislador. Por fricción o presión se electriza.

El caucho de muy buena calidad es transparente cuando se encuentra en capas delgadas. En capas de mayor espesor tiene color café hasta gris. A temperatura ordinaria (alrededor de 17 grados centígrados) tiene una elasticidad considerable. Cuando es sujetado a bajas temperaturas cesa esta propiedad temporalmente, pero es restaurada luego que se encuentra a la temperatura normal. Cuando un pedazo de caucho es sujetado a tensión y humedecido en este estado, causando la evaporación rápida del agua, el caucho se mantiene extendido. Cuando es calentado suavemente, se reblandece y pueden ser soldados los fragmentos de caucho; pueden obtenerse también masas compactas por compresión, particularmente si las superficies son recién cortadas. Esta propiedad también se encuentra, aunque en menor grado, en el caucho débilmente vulcanizado. Cuando el caucho bruto es calentado y se sujeta a un trabajo mecánico (masticado), gradualmente adquiere consistencia pastosa. Esta plasticidad es debida aparentemente a un proceso de depolimerización. Se emplea esta propiedad en todo el proceso de fabricación. El caucho que por calentamiento y masticación se ha tornado moderadamente plástico adquiere por enfriamiento y con el tiempo otra vez su elasticidad. Cuando el caucho es fundido permanece blando y pegajoso después de enfriarse. A más altas temperaturas arde con flama.

El caucho no es atacado por los álcalis ni por los ácidos diluidos, prácticamente. Los ácidos concentrados que actúan como deshidratantes, por ejemplo el sulfúrico, lo carbonizan. El ácido nítrico concentrado le comunica un color amarillo intenso y, por calentamiento, lo disuelve con descomposición. Dejándolo por lar calentamiento, lo disuelve con descomposición. Dejándolo por lardo un color blanco.

CAUCHO CRUDO COMO SE ENCUENTRA EN EL COMERCIO

El caucho de Castillioa se encuentra en el comercio en diversas formas. Con frecuencia en bloques de color variable, del gris obscuro hasta negro. Pierde por el lavado alrededor del 20% de su peso. El análisis que hice de un caucho lavado de Castillioa dió los siguientes resultados:

Caucho.	68.74%
Resina.	9.42%
Mat. Orgánica.	16.23%
Impurezas	
Mat. Mineral.	2.81%
Humedad y no determinados.	2.80%
Total. 100.00	

Aparte del caucho de Castillioa son necesarias para diversos artículos finos, otras clases de caucho, a las que se mezcla el Castillioa. Las clases de caucho que pueden obtenerse en el comercio con regularidad son: Pará Fino, Caucho de Plantación (*Hevea Brasiliensis*), Cameta y otros.

El caucho que deberá elegirse para la manufactura depende de las propiedades que deban tener los artículos.

Pará fino.—Se obtiene del *Hevea Brasiliensis* que vegeta sin cultivo en los bosques del Brasil. Ocupó el primer lugar entre los cauchos del comercio, durante mucho tiempo, hasta hace poco tiempo, cuando se comenzó a vender el caucho de plantación. Puede reconocerse por su olor a humo, por las estrías que presenta y por su gran elasticidad. Es usado en la manufactura de artículos que necesitan tener gran resistencia, como tubos, cinta elástica y otros.

Caucho de Plantación.—Es el obtenido del *Hevea Brasiliensis* cultivado. Es excepcionalmente limpio, de buen “nervio” y resistencia y en muchos casos llega al mercado listo para su uso. El

mejor es el obtenido por fumigación. El coagulado por el ácido acético y otros ácidos pierde con mayor rapidez sus magníficas propiedades.

El Pará de segunda clase llega al mercado con distintos nombres: "Negroheads," "Cameta," "Sernamby" y Pará Ligero.

Después de lavado el Cameta constituye un caucho bastante resistente y es usado para la manufactura de llantas y otros artículos que necesitan caucho que no se deteriora rápidamente por el uso. Por lo general este caucho es muy impuro y en muchos casos contiene carga que aumenta su peso. Tiene el gran inconveniente que su pérdida por el lavado es muy variable, de 35 a 50%. Contiene un bajo porcentaje de resinas y puede ser usado a veces en lugar de cauchos finos. Es un error creer, que para todos los artículos es lo mejor el Pará; para artículos que tienen que soportar fricción son mejores otros cauchos más blandos que el Pará.

Peruvian Ball. También es Caucho de la América del Sur y en calidad le sigue al Pará. Es empleado en artículos de buena calidad, contiene poca resina y después de la vulcanización no puede distinguirse de éste.

Otras clases de caucho crudo muy usadas y de mediana calidad son: Massai, Borneo, Río Núñez, Upper Congo Ball, Madagascar, Kassai, Ivory Coast, Niggers y varios otros.

El caucho de Madagascar es muy usado en mezclas para ebonita y el Río Núñez es notable por su resistencia a la tensión.

Cauchos muy resinosos: Se encuentran entre éstos el Dead Borneo, Almadina, Pontianac y otros. Dado que se puede obtener aquí tan fácilmente el Guayule, puesto que es caucho mexicano, se dará naturalmente siempre la preferencia a éste. Tiene éste alrededor de 40% de resina y pierde por el lavado un 25% de su peso.

Los datos que obtuve al analizar una muestra de Guayule no lavado fueron los siguientes:

Caucho.	37.53%
Resinas.	40.87%
Mat. Mineral.	2.74%
Impurezas	
Mat. Orgánica.	15.16%
Humedad y no determinados.	3.70%
Total.	100.00

INGREDIENTES

Podemos dividir los ingredientes en las mezclas en inorgánicos, Orgánicos y Disolventes del Caucho.

Los inorgánicos los podemos clasificar siguiendo el orden de la marcha del análisis cualitativo común.

Primer grupo.—No se emplean ni los metales, ni sus sales.

Segundo grupo.—Antimonio. El antimonio como tal no es utilizado en la industria del caucho, de sus compuestos se usa el pentasulfuro de antimonio, $Sb S_5$ (antimonio de oro) como materia colorante para artículos de caucho lardo, como también de ebonita. También se usa en las soluciones para impermeabilizar telas. El hecho de que no es atacado en la vulcanización en frío o en caliente, hace que sea de gran consumo en las industria. El pentasulfuro de antimonio se encuentra impurificado con frecuencia por azufre libre o por el sesquisulfuro de antimonio. El primero, o sea impurificado con azufre, tiene color más claro, y el segundo más oscuro que el pentasulfuro de antimonio.

El pentasulfuro de antimonio es un polvo cuyo color varía del amarillo limón hasta el anaranjado, es insoluble en el agua y en el alcohol, soluble en los ácidos.

Plomo. El plomo metálico es usado únicamente como capa protectora en los cables; entre sus compuestos se usan el litagirio o masicot, el minio, el subóxido y el sulfuro de plomo; el litagirio se usa como acelerador de la vulcanización que se basa en que es buen conductor del calor aunque también se le atribuye una acción catalítica. El exceso de azufre en la mezcla se combina con él, acción que previene con frecuencia que se quemé el caucho en la vulcanización.

El minio, si es de buena calidad, debe presentar un color rojo vivo y debe usarse en forma de un polvo muy fino; los objetos que lo contienen presentan un color negro después de la vulcanización. La vulcanización es acelerada y el exceso de azufre es combinado, sin embargo hay que emplearlo con cuidado, pues actúa como oxidante, principalmente en la vulcanización en frío. Aun se ha dado el caso que por la oxidación se inflame el caucho espontáneamente.

El subóxido de plomo se combina también con el exceso de azufre y le da al producto un hermoso color negro, se utiliza como carga, vehículo de vulcanización y como colorante negro.

Mercurio. Se utiliza en forma de sulfuro de mercurio, berme-

lón; debe ser completamente volátil al calentarlo sobre una placa de porcelana, es falsificado mezclándolo con minio, ocre y polvo de ladrillo. En la industria del caucho es usado en la coloración superficial.

Tercer grupo.—Cromo. Se utiliza el cromato de plomo, polvo amarillo amorfo, es empleado también en la coloración superficial aunque ha disminuído su uso por ser venenoso.

Verde cromo, sesquióxido de cromo, polvo amorfo verde, calcinado es casi insoluble en los ácidos y puede agregarse al caucho sin inconveniente, no es muy usado debido a su alto precio. Todos los compuestos del cromo vuelven al caucho con el tiempo duro y quebradizo, debiendo esto, según parece, a una oxidación.

Aluminio. Se utiliza el metálico agregándose en polvo, para dar a los artículos de ebonita brillo metálico. El color plateado obtenido es bastante duradero y ese no es atacado por el azufre. Sus ligas con cadmio, zinc y níquel dan al caucho bonitas coloraciones. Con el cobre da una liga (5 a 12% de aluminio) que contiene color y brillo del oro, el llamado bronce de aluminio. Se usa adicionándolo a la solución de caucho para imprimir bonitos dibujos en las telas impermeables.

Alúmina, óxido de aluminio. Se usa como carga en artículos blancos.

Sulfato de Aluminio. Es poco usado en la industria cauchera.

El alumbre común se usa en la fabricación de esponjas.

Barro lavado (silicatos de aluminio hidratados). Es usado como carga en las mezclas.

Ultramarino. No tiene fórmula determinada y puede ser considerado como una combinación de un silicato doble de aluminio y de sodio con polisulfuros de sodio. Se usa el azul.

Palmitato de aluminio. Se usa en las mezclas de aislar o de impermeabilizar.

Fierro: Se usan sus óxidos.

Ocres: Hay varios matices, desde el amarillo hasta el café. En el primero hay preponderancia de hidrógeno y en el café de óxido de fierro mezclados con arcillas, es utilizado como colorante y como carga.

Rojo inglés: Oxido férrico. Polvo amarillo hasta rojo obscuro. Empleado como colorante y como carga. Hervido con agua y filtrada no debe dar ésta reacción de sulfatos con el cloruro de bario.

Cuarto grupo.—Zinc: Se usan sus compuestos.

Oxido de zinc (blanco de zinc): Polvo blanco que se usa en esta industria como carga y colorante para artículos de color claro; no cambia su color por el ácido sulfhídrico, no es atacado por la vulcanización y aumenta el poder aislante de los objetos. Debe estar libre de plomo, hierro, arsénico y otros metales que dan sulfuros coloridos, no debe contener caolín o creta, porque éstos aumentan la dureza de los artículos.

Carbonato de zinc: Tiene los mismos usos que el óxido.

El sulfuro no se encuentra en la naturaleza, y como producto fabricado es muy caro. Es por esto que no se le emplea con frecuencia, aunque es un magnífico colorante y acelerador de la vulcanización.

Blanco de Griffith: Es una mezcla de magnesia y sulfuro de zinc; es un buen colorante.

Lithopón: Mezcla de sulfuro de zinc y sulfato de bario. Colorante y carga.

Poco es usado el borato de zinc como carga, aumenta la elasticidad y la duración del hule.

Quinto grupo.—Sulfato de bario: Se usa el precipitado en forma de polvo blanco amorfo. Es empleado como carga para aumentar el peso y como materia colorante en los objetos que no han de ser atacados por los ácidos.

Calcio: Oxido de calcio, Cal viva. Es usada para neutralizar la acción de los ácidos libres en la mezcla.

Carbonato de calcio, Creta, mármol: Polvo amorfo, debe estar muy finamente pulverizado. Existe un límite arriba del cual no debe agregarse más carbonato porque tiene acción sobre la elasticidad.

Sulfato de calcio, Yeso: Se utiliza rara vez como colorante, más frecuentemente como carga. No es de aconsejarse su uso, pues es descompuesto parcialmente en sulfuro y oxisulfuro de calcio en la vulcanización. Tiene gran tendencia a cambiar de volumen.

Sexto grupo.—Oxido de magnesio, Magnesia: Se usa ventajosamente con caucho de baja calidad, resinoso; substituye al talco para espolvorcar los moldes y artículos para la vulcanización.

Carbonato de magnesio. Magnesia alba: Es carga en artículos finos.

Talco, Silicato de magnesio: Se emplea para evitar que se

peguen los artículos de caucho y para expolvorear los moldes. Es un mal conductor del calor.

Silicato de magnesio y calcio, asbesto: En mezclas de caucho se usa para empacadura.

Otros ingredientes inorgánicos usados son:

El polvo de vidrio se usa en las mezclas de caucho para empacadura y para goma de borrar (5%).

Tierra de infusorios: Polvo amorfo blanco, finísimo, cuyas propiedades principales son, que tiene gran facilidad para absorber agua hasta 5 veces su volumen y es muy mal conductor del calor, contiene de 97 a 80% de sílice y además óxido de fierro, cal, magnesia, etc. El hule se vuelve más durable y macizo. Se usa como carga y por su poder aislante.

Piedra pómez: en polvo se usa en las mezclas para goma de borrar y de ebonita. Con aceite da una masa que sirve para pulir la ebonita.

Azufre: Se usa para vulcanizar artículos de hule blando y de ebonita, como también para fabricar los Faktis.

Monocloruro de azufre: Líquido amarillo naranja, fumante al aire, de olor picante, usos: en la vulcanización en frío y en la fabricación de los faktis.

Ingredientes orgánicos: Faktis, aceite sulfurado. Los llamados faktis constituyen derivados de adición de ácidos grasos no saturados, contenidos en algunos aceites, con el azufre. Se usa de preferencia el aceite de nabo. Para el faktis negro es usado el aceite de ricino.

Según que se sulfure el aceite con monocloruro de azufre o con flor de azufre, se obtiene el faktis blanco o café (negro).

Faktis blancos: Son masas elásticas que se desmoronan, de color blanco o amarillento. Se obtienen por la acción del cloruro de azufre en frío sobre los aceites. Existe aquí una analogía con el producto obtenido en la vulcanización del caucho en frío. Los faktis blancos contienen de 6 a 8% de azufre y su equivalente en cloro. La cantidad de monocloruro de azufre necesario varía con la naturaleza del aceite, pero generalmente es de 15 a 18%.

El faktis blanco no debe ser agregado a mezclas que se deban vulcanizar en caliente, pues el cloro está muy débilmente ligado y es desprendido causando daño al caucho y principalmente a los demás ingredientes contenidos en la mezcla.

... El faktis café o negro, se encuentra en masas elásticas que varían de color, del café claro hasta el negro; no contiene cloro, y es obtenido calentando las grasas durante largo tiempo con azufre

a 130 o 140°; contiene por lo general de 18 a 27% de azufre. Se le adiciona también vaselina, petróleo, parafina, alquitrán, asfalto, etc.; se usa en las mezclas que se vulcanizan en caliente.

Deben ser ensayados cuidadosamente los faktis antes de usarlos, pues un faktis malo tiene acción altamente nociva sobre la mezcla, acción que no se manifiesta hasta después de algún tiempo.

Debe estar libre de ácidos, no debe ser untuoso y no debe oxidarse con el tiempo, pues entonces pierde el caucho su elasticidad tornándose quebradizo. No debe tener más que 1% de azufre libre y 3% de cenizas, según algunos autores. La cantidad de substancias adicionadas debe estar garantizada por la casa que los fabrique, pues de eso dependen las cantidades de otros ingredientes. Todos los faktis son saponificables. Para saber si se trata de faktis blanco o café, se ensaya el cloro calentando sobre flama de Bunsen un tubito de ensaye, con una cantidad de faktis adicionada de algo de cal pura. Cuando esté rojo se mete en agua; se rompe el tubo y se disuelve el contenido, se filtra, y en el filtrado se ensaya el cloro con nitrato de plata. El azufre libre se extrae con acetona, se oxida con ácido nítrico, se funde con nitrato de sodio y nitrato de potasio, se disuelve en agua, se filtra y se precipita el ácido sulfúrico con cloruro de bario. Las cenizas se cuantean por el método conocido.

La adición de faktis no daña necesariamente al caucho. En cauchos de mala calidad, por el contrario, las comunica elasticidad y resistencia, oxidándose el hule con menos facilidad. Los aceites libres contenidos en el faktis son nocivos, lo mismo que el azufre libre.

Lanolina, Grasa de lana: Es a veces empleada para reblandecer la mezcla de caucho, parece que conserva la flexibilidad de las llantas y evita que se vuelvan quebradizas.

Cera de abejas: Se utiliza para dar brillo a los artículos. Existen mezclas de ebonita que contienen caucho, azufre, piedra pómez, aceite y cera de abejas.

Asfalto, mezcla de hidrocarburos: En la industria del caucho se usa en mezclas para empacaduras, tubos para vapor, botas para el agua. Un alto porcentaje de asfalto no es provechoso en todas las mezclas, porque disminuye la elasticidad. Un porcentaje bajo da dureza a la ebonita y la hace resistente.

Parafina: Se usa en la mezcla para cinta de aislar y para telas impermeables de seda.

Alquitrán: Se usa el común obtenido de la destilación del carbón mineral, debe estar exento de amoniaco y debe ser calentado a 200 o 280 grados centígrados, hasta obtenerlo de consistencia

pastosa; debe estar libre también de naftalina. Se emplea en los artículos de caucho negros, mezclado con asfalto y cera de carnauba o solo. Disminuye la porosidad de las mezclas y la fácil hidratación, aumenta la permeabilidad a los gases y evita que salga el azufre de la vulcanización a la superficie, facilita el mezclado y da mayor resistencia en general a los artículos. Que la adición de alquitrán impida que el caucho se oxide, es falso. Es empleado ventajosamente en las mezclas destinadas al aislamiento de cables. Con frecuencia contiene cok y es determinado éste disolviendo el alquitrán cuantitativamente en esencia de trementina.

El negro de humo es usado como mezcla en artículos de caucho negro, pero solamente cuando no puede ser empleado el plomo.

Almidón: Es usado para dar brillo superficial como de seda, a las telas, que luego son vulcanizadas en frío; debe estar completamente seco.

Dextrina: Se utiliza una mezcla de yeso y dextrina para pulir.

Desperdicios de caucho. El caucho usado contiene todos los ingredientes que se adicionaron al fabricar los artículos de hule blando o de ebonita. Se diferencia del hule de los artículos, en que generalmente ya está muy oxidado. Se utiliza para obtener caucho regenerado, siempre que no esté demasiado oxidado. Se emplea ventajosamente el hule blando en forma de polvo finísimo, agregándolo a las mezclas para artículos de ebonita. Por reblandecimiento con un disolvente y adición de azufre, puede obtenerse de él ebonita, cuando no es necesaria una muy buena calidad.

Caucho regenerado: Tan fácil como es mezclarle al caucho substancias de diversa naturaleza, tan difícil es separar otra vez estas substancias, sin dañar al caucho. Esto se debe por un lado a que el azufre entra con el caucho en combinación y por otro, a que las substancias son absorbidas con mucha vehemencia por el caucho coloidal. Ya en 1836 se hicieron los primeros ensayos de regeneración. Primero se procedió a hervir los desperdicios de caucho después de separar las piezas metálicas. Este procedimiento fué modificado, haciendo actuar vapor de agua a presión. Son muchos los procedimientos que desde entonces han sido empleados en la regeneración.

Ante todo se usaron ácidos que tienen por objeto separar los restos de tejido, eliminándose después el azufre libre por vapor de agua.

Este método fué reemplazado por otro, que trabaja con substancias neutras, que quitan al hule el azufre libre, por ejemplo, sulfito de sodio, que por adición de azufre se transforma en tiosul-

fato soluble, que puede ser separado con agua; o bien se emplea el cianuro de potasio, que, por adición de azufre, se trasforma en rodanato.

Otros procedimientos usan álcali para destruir los restos de tejido y separar el exceso de azufre, y ácidos diluidos para separar la carga mineral. El residuo lavado y seco es tratado con una mezcla de anilina y nafta y calentado de 121 a 138 grados centígrados, hasta disolución completa.

Existen otros procedimientos, que no hacen la regeneración del caucho propiamente dicha, sino que únicamente lo vuelven a hacer utilizable, pero la masa obtenida también se encuentra en el mercado con el nombre de hule regenerado. Estos procedimientos sujetan al hule molido y en capas delgadas a una temperatura de 150°C en el vacío y esto debe tener como efecto una sublimación del azufre sin afectar al caucho. Para utilizar este producto, es calentado con el azufre necesario para su vulcanización y otras substancias, como son: alquitrán, asbesto, resina, etc. Se emplea para mezclas de ebonita.

Regeneración por Disolventes.—Está basado este procedimiento en la disolución y recuperación del caucho de los desperdicios de hule. El hule es tratado a 180°C por un peso igual de aceite de ricino hasta disolverse; luego es vertido en un volumen doble de alcohol de 90. El caucho se precipita y es lavado y secado. Otro método es el de disolver el hule en fenol caliente, al vacío, como a 100°C. El caucho regenerado de esta manera es, a diferencia del obtenido por otro procedimiento, soluble en bencina. La separación del fenol de la solución de caucho se obtiene tratando por un disolvente como por ejemplo el alcohol. El caucho es lavado y secado.

Otros tratan el hule por bencina u otro disolvente en presencia de vapor de agua.

Hay procedimientos que usan resina o alquitrán como disolventes. La parte insoluble es separada por filtración y el caucho es precipitado con acetona, quedando en solución la resina y el azufre.

Los procedimientos de regeneración que emplean ácidos persiguen con esto la separación de los restos de tejidos. Separan también algo de substancia inorgánica: cal, carbonato de calcio, sulfito de calcio, óxido de magnesias, sulfuro y óxido de zinc, etc. Se obtiene con estos procedimientos un caucho libre de tejidos y menos rico en materias minerales; pero el caucho es ligeramente atacado por el ácido.

El azufre libre en el hule es fácilmente separado y en esto están basados muchos procedimientos de regeneración. Por el contra-

rio es muy difícil separar el azufre combinado, y si se llega a ello no es, sino descomponiendo la molécula del caucho. Todos los procedimientos que persiguen la separación total del azufre deben ser desechados desde luego, pues se obtiene un producto, al que le faltan todas las buenas propiedades del caucho. Pero también por los otros métodos de regeneración es desintegrado el caucho en parte; el producto que se encuentra en el mercado tiene más o menos valor según la cantidad de caucho no desintegrado que contiene.

La regeneración por los álcalis tiene el objeto de formar polisulfuros con el azufre y éstos, a su vez, tiene la propiedad de disolver, en solución acuosa, algunos sulfuros metálicos con formación, de sulfosales. Los álcalis también disuelven el óxido y el sulfato de plomo.

El caucho regenerado obtenido por disolventes es el más puro, aunque al hacer la precipitación son arrastradas algunas sustancias en suspensión. También contiene bastante caucho desintegrado por las altas temperaturas a que tiene que ser sujetado, para obtener la disolución.

Antes de usar el caucho regenerado es necesario analizarlo. Cuando contiene pocas materias minerales es usado ventajosamente en mezclas para artículos blandos. Debe ser investigado el por ciento de cenizas y la parte soluble en acetona. No debe contener azufre libre ni ácidos. No se puede precisar la composición del caucho regenerado, por ser tan distinta según el procedimiento usado en la regeneración. Generalmente da la casa fabricante el análisis al efectuar la compra, sin el cual no se puede utilizar el producto. Las propiedades físicas del caucho regenerado son también de suma importancia.

COLORANTES ORGANICOS

Los colorantes orgánicos se usan únicamente para coloración superficial de los artículos y nunca en la masa.

Los colorantes deben adherirse fácilmente al hule, deben resistir a la vulcanización y deben ser resistentes a la luz, a los ácidos y al oxígeno del aire. No deben oxidar al caucho, deben estar libres de ácidos y tener gran poder colorante. Estas propiedades y el contenido en cenizas deben ser ensayados previamente.

Se usan lacas y colorantes solubles en aceites y también resinas.

Se llaman lacas a los colorantes básicos o ácidos derivados del alquitrán, que se depositan sobre medios adecuados como son: silicatos de aluminio, barita, carbonato de calcio.

Se usan con frecuencia para coloraciones superficiales, mezclados con soluciones siruposas de caucho, que luego son aplicadas en la máquina de hilar telas. Estas lacas deben ser insolubles en agua caliente amoniacal o acidulada, en disolventes del caucho y en líquidos vulcanizadores.

Resinatos: A una solución de jabón de resina se agrega la solución filtrada del color de anilina básico, por ejemplo fuscina, violeta de metilo, safranina, auramina, rodamina, azul de metileno, etc., según el color deseado 5 a 15% del peso de resina. El color es ahora precipitado por adición de una sal inorgánica, filtrado y secado a baja temperatura. Estos colores son insolubles en agua, poco solubles en alcohol.

DISOLVENTES DEL CAUCHO

Se obtiene una solución coloidal de caucho, más o menos fluida en las siguientes substancias: benzol, bencina, bisulfuro de carbono, tetracloruro de carbono, cloroformo, éter de petróleo, benzaldehído, quinolina parafina fundida, naftalina, terpenos, en los productos de la destilación seca del caucho, en los aceites grasos y en diversos hidrocarburos.

De acuerdo con los experimentos efectuados por Henriques se puede decir que no hay líquido orgánico, especialmente entre los de alto punto de ebullición, que no actúe como disolvente del caucho en determinado grado, si se calienta con él por algún tiempo.

El Coloide del caucho forma una red semejante a una esponja o a la espuma del jabón, en la cual se encuentran soluciones diluidas entre paredes que encierran soluciones más concentradas. El fenómeno de la disolución es por lo tanto un problema fisico-químico, que está basado en la ósmosis y que difiere del fenómeno de la disolución de un cristalóide. La tendencia del caucho a la pseudo-solución depende de su composición química y física. Depende, en algunas clases de caucho libre de resinas, de su grado de polimerización. En cauchos resinosos, varía la solubilidad en razón directa de su porcentaje de resina. Por esta propiedad se usa ventajosamente en la fabricación de artículos por inmersión, que no es preciso que presenten gran resistencia a la tensión. Por la masticación varía la estructura del caucho y con ella la solubilidad. La agitación del líquido favorece la disolución. También el calor la favorece; pero retarda el proceso de separación del disolvente, favoreciéndolo la polimerización, ésta retarda la disolución.

Para juzgar de la calidad de un disolvente y de su valor como tal, debe tomarse en consideración, aparte de su acción disolvente, la facilidad de evaporación de éste después y el aspecto de la pseudo-solución. Únicamente la unión de todos estos factores puede dar un concepto claro del valor de un disolvente. Los mejores disolventes son generalmente el bisulfuro de carbono y el cloroformo aunque no llenan el requisito de bajo precio, luego el tolueno, benzol, tetracloruro de carbono y la bencina. Para determinar la consistencia de una solución coloidal de caucho es usado el Viscosímetro, que está compuesto de un tubo delgado en U, que tiene en cada rama un ensanchamiento, a mayor altura en una de ellas, siendo la parte recta del tubo situada debajo de este ensanchamiento, capilar. La viscosidad relativa de una solución es medida llenando el ensanchamiento más alto con una solución que contiene determinada cantidad de caucho en 100 cc. de benzol. El tiempo en segundos que necesita esta solución para bajar por el tubo capilar, dividido entre el número de segundos que necesitan 100 cc. de benzol puro es llamado grado de viscosidad para la concentración dada.

ALMACENAJE DE LA MATERIA PRIMA Y DE LOS ARTICULOS FABRICADOS

Es de mucha importancia que tanto el caucho bruto, como los artículos fabricados sean almacenados racionalmente, pues es debido en gran parte al poco cuidado que de esto se tiene, que los artículos se echen a perder tan pronto.

Los mayores enemigos del caucho son el aire, la luz solar y el frío. Deben guardarse, tanto el caucho bruto como los objetos, de preferencia en sótanos a media luz, secos, sobre estantes de madera. Por la humedad los artículos se vuelven pegajosos y de mal aspecto. A su vez en un almacén demasiado seco se tornan quebradizos y se agrietan. Es bueno que los estantes tengan cortinas oscuras que, a la vez que tapan la luz, preservan del polvo. El cuarto destinado a almacen no debe ser demasiado frío (de 12 a 16 grados centígrados), pues entonces toman los artículos un aspecto como de hule oxidado, "pasado" y solo recobran su estado natural sumergiéndolos en agua caliente. Se deben evitar en el almacén las corrientes de aire. Los demás ingredientes también deben guardarse en cuartos secos, más bien calientes.

2. MAQUINARIA Y MANIPULACION

a) Preparación de la materia prima.

Las materias usadas como carga y los colorantes son revisados si llenan las condiciones requeridas, son muy finamente pulverizados en un molino, tamizados y secados completamente en la cámara de vacío, antes de ir a formar parte de la mezcla. Esto es de suma importancia.

Purificación mecánica del caucho crudo. La mayor parte del caucho que se encuentra en el comercio contiene una gran cantidad de impurezas mezcladas mecánicamente, tales como: tierra, madera, piedras, fragmentos de tejidos vegetales y una cantidad de agua, que, en las mejores clases de caucho crudo, es pequeña, pero en las más baratas es bastante considerable.

De aquí la necesidad que hay de purificar la materia prima, antes de proceder a la manufactura de los objetos propiamente dicha. Debe ponerse mucho cuidado en esta operación, a fin de obtener un caucho lavado, lo más puro posible, pues un caucho mal lavado es de gravísimas consecuencias para la calidad de los artículos manufacturados. El lavado del caucho debe hacerse en un cuarto separado, pues debe evitarse cuanto sea posibles, que el polvo que trae el caucho bruto se comunique al caucho limpio y al vulcanizado.

Para proceder a la purificación, es cortado el caucho en pequeños fragmentos en una máquina que tiene una cuchilla circular, que se hace girar por un pedal o bien por un pequeño motor eléctrico. Puede usarse el de la bomba de vacío. La cuchilla pasa en la parte inferior por un recipiente con agua, que tiene por objeto enfriarla, al mismo tiempo que facilitar el corte. Luego es remojado por espacio de seis a doce horas en agua caliente, pasando entonces a la máquina lavadora, que consiste en dos cilindros de superficie rugosa (véase la fig. 3.) que giran en sentido inverso uno del otro, hacia dentro, con diferentes velocidades. La distancia que hay entre los dos es graduada por dos tornillos, que pueden ser apretados o aflojados, según convenga. Arriba de los cilindros hay llaves de agua fría y caliente, por las que se hace caer un chorro de agua, primero caliente y finalmente fría, durante el lavado que tiene por objeto arrastrar consigo las impurezas. Se hace pasar muchas veces el caucho entre los cilindros, hasta eliminar lo mejor posible las impurezas (arena, fragmentos de corteza, etc.) y las sustancias solubles (exceso de coagulante, gomas, sales mine-

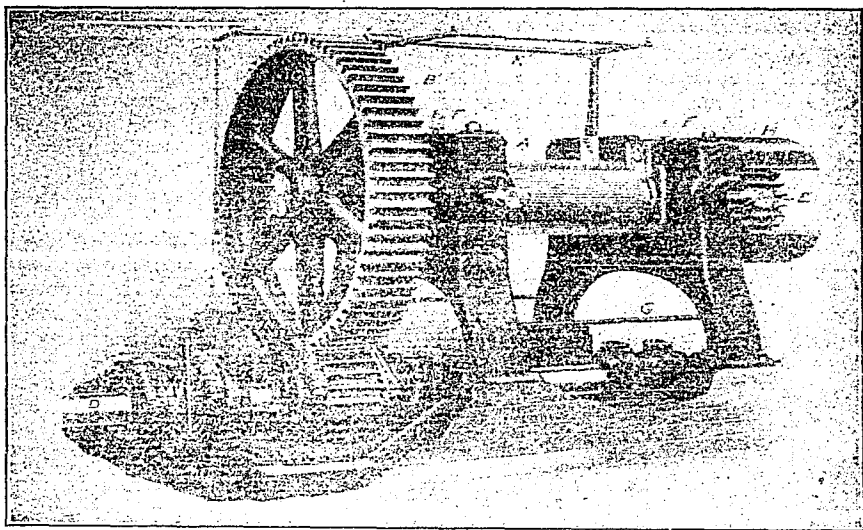


Fig. 3.

rales, etc.) Sale de esta máquina el caucho lavado en forma de hojas rugosas, con frecuencia agujereadas según la forma de la superficie de los cilindros. Según la clase de caucho, disminuye más o menos en peso con el lavado. Caucho no cultivado pierde, según la calidad, de 15 a 50%. El lavado debe efectuarse cuidadosamente, a fin de obtener un producto lo más limpio posible. El caucho muy resinoso no debe trabajarse con exceso, porque pierde sus buenas cualidades y en general es nocivo el trabajo mecánico, que tiene como efecto la depolimerización del caucho.

De la máquina lavadora pasa el caucho bruto al secador de vacío. Se adoptó este sistema de secado por ser el más indicado, pues de este modo son eliminados los dos factores más perjudiciales al caucho, que son: el oxígeno y la humedad.

Son usados varios procedimientos de secado: uno consiste en colgar las hojas de caucho bajo techo, para que no les dé el sol y pueda pasar libremente el aire; de este modo dilata en secarse semanas y aún meses, es obvio, que no pudiendo una compañía te-

ner fuertes sumas invertidas constantemente en el caucho, que podrá trabajar hasta después de mucho tiempo, caucho que además sufre oxidaciones perjudiciales, por acción del aire, y que nunca llega a secarse perfectamente, es mucho más recomendable invertir una cantidad en la compra de un secador de vacío. Tiene este también sus inconvenientes, pues necesita una constante vigilancia, ya que, debido al vacío, pueden destilar los productos volátiles a menor temperatura; pero cuidando, de que ésta no suba a más de 30° C. se obtiene un producto seco de primera calidad, en el término de dos horas.

Hay otro método de secado, en que las hojas de caucho son suspendidas en una cámara cerrada por cuya parte inferior se hace entrar humo de nueces, hojas de palmera, etc. Este, a la vez que seca, es desinfectante. Este procedimiento es usado únicamente cuando se trata de secar el caucho recién coagulado y no después del lavado.

En algunas fábricas es colgado el caucho en cámaras calentadas por vapor, haciendo pasar corrientes de aire con ventiladores eléctricos.

El secador de vacío está compuesto de tres partes esenciales: la cámara de vacío, que es el secador propiamente dicho, el condensador y la bomba de vacío. (Véase fig. 4.)

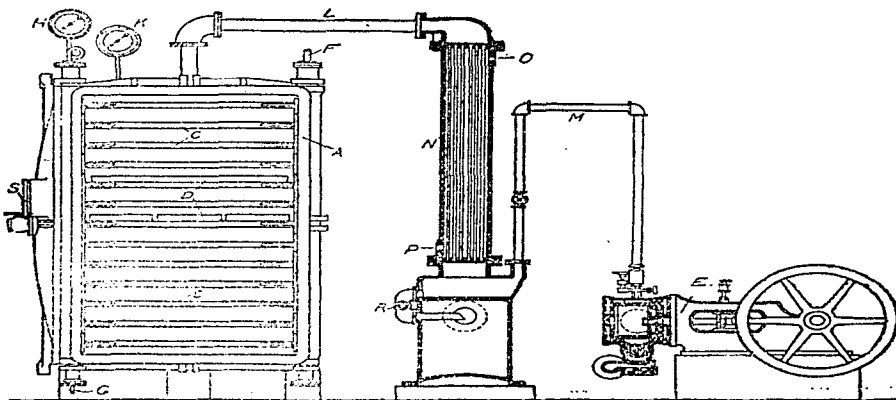


FIG. 4.

El secador tiene muchos compartimentos formados por parrillas, sobre las cuales se coloca el caucho bruto que sale del lavador en forma de láminas rugosas.

La cámara de vacío es calentada por vapor de agua, que pasa en serpentines colocados en las paredes de la cámara. Puede también hacerse pasar agua fría por estos serpentines, para cuando sea necesario enfriar. Cada tamaño de cámara tiene naturalmente su carga máxima que puede secar y que nunca debe sobrepasarse, pues el condensador de vapor puede efectuar únicamente la condensación de una determinada cantidad de vapor de agua y es en perjuicio de la bomba de vacío, que está construída para gases, el que pase a ella vapor de agua que se condensará en su interior, pues tendrá que efectuar un trabajo superior a su resistencia.

El condensador tiene tubos verticales, por los cuales circula agua fría, condensándose aquí el vapor de agua y saliendo ésta por la parte inferior.

La bomba de vacío es movida por un pequeño motor eléctrico.

Al comenzar la operación de secado se abre la llave de salida del agua de condensación de los tubos de calefacción. Cuando ha salido toda se deja entrar el vapor y hasta que la cámara está bien caliente se cierra la llave arriba citada permaneciendo abierta la entrada de vapor, hasta leer en el manómetro la presión deseada. Cuando el caucho está seco, se abre la entrada de aire para poder abrir la puerta y sacar el caucho seco, cargando desde luego nuevamente la cámara. El motor de la bomba de vacío se deja andando durante la carga, pues ésta no dilata arriba de 4 minutos.

b) Mezclas.

La entrada al cuarto de mezclas debe prohibirse y es conveniente mezclar la carga mineral en polvo entre sí, para prevenir que sean pesadas las sustancias fuera del cuarto de mezclas para conocer la fórmula.

Los ingredientes son mezclados con el caucho en el mezclador o "Diablo." Es ésta una máquina análoga al lavador, del que se diferencia en que sus cilindros son completamente lisos y no tiene el dispositivo para hacer caer agua sobre el caucho que se está lavando. Los cilindros son calentados interiormente por vapor de agua o enfriados según convenga.

El rodillo anterior o sea en el que se trabaja, da 18 revoluciones por minuto y el de atrás da 26. La distancia entre los rodillos se puede hacer variar, como en el lavador, por medio de tornillos.

Para proceder al mezclado es necesario hacer pasar el caucho

crudo solo muchas veces entre los rodillos, hasta que tenga consistencia pastosa. Si se hace esto cuidadosamente, se podrán incorporar después más fácilmente las sustancias y se obtendrá un producto de mejor calidad, puesto que de este modo se elimina la humedad que todavía puede encerrar el caucho, por medio de los rodillos calientes.

Hay que tener cuidado, sin embargo, que no se sujete al caucho a este trabajo durante un tiempo excesivo, pues llega un momento, en que toma consistencia de cera y no vuelve a recobrar su elasticidad. También la temperatura de los rodillos debe graduarse, pues si se calientan demasiado el caucho se quema.

Cuando el caucho ya está suficientemente masticado se empieza a agregar los ingredientes poco a poco, comenzando por la carga mineral y terminando con el azufre. El operador necesita una pequeña pala, un cepillo duro, un cuchillo especial y un tamiz, que emplea para espolvorear los ingredientes sobre el caucho. En la parte inferior del mezclador se encuentra una lámina, sobre la que caen las sustancias al salir de los rodillos por la parte inferior; de aquí son recogidas con ayuda de la palita y el cepillo, éste último también sirve para limpiar los rodillos. Con el cuchillo es cortada la lámina de caucho, que se encuentra adherida a los rodillos, de fuera hacia dentro, doblándola para forzarla a pasar entre los rodillos.

La lista de los ingredientes usados se encuentra en la primera parte de este capítulo (materias primas).

Para preparar las mezclas se guía el experto más bien por los conocimientos que ha adquirido en la práctica, aplicando reglas empíricas, que deduciendo su composición de consideraciones teóricas.

Para hacer la mezcla deben tenerse en consideración los siguientes puntos: El uso a que se ha de destinar el artículo; el color deseado; la superficie: si debe ser más o menos lisa y si debe ser mate o brillante; los límites de gravedad específica en que debe encontrarse; el costo. Cuando se han fijado estos puntos, se procederá a hacer la mezcla conveniente.

Primeramente debe escogerse la clase de caucho más propia.

Para tubos para aire a determinada presión, cinta elástica o hilos de hule, debe preferirse desde luego el Pará escogido y muy bien lavado. Para artículos sujetos a fricción se emplean cauchos blandos. Para artículos de colores bajos se emplean cauchos claros. Para artículos que deban flotar se emplean aquellos cauchos, en los

que por experimentación se ha demostrado, que, mezclados con una cantidad suficiente de azufre y el pigmento necesario, flotan después de vulcanizados.

En algunos tipos de artefactos que deben presentar considerable tenacidad son usados algunos ingredientes, que tienen como efecto una contracción en la masa, por ejemplo: litargirio para artículos negros, magnesia para artículos claros. El litargirio se ennegrece durante la vulcanización. Estas dos sustancias son especialmente recomendables para mezclarlas a cauchos muy resinosos; también son muy usadas cuando las mezclas contienen ingredientes para reblandecer, como son: aceite, cera, etc. La adición de estos últimos se hace principalmente con el objeto de formar un conglomerado cuando se encuentran determinados ingredientes secos en grandes cantidades, por ejemplo: barita, negro de humo, óxido de zinc, etc. Las grasas sólidas, la parafina, la ozoquerita, etc. deben ser fundidas antes de agregarlas.

Artículos de caucho que deberán estar en contacto con materias comestibles no deben contener plomo, ni compuestos de zinc solubles en ácido acético diluido (solamente el sulfuro de zinc es insoluble.)

En los artículos que estarán en contacto con ácidos se usarán sustancias no atacables por éstos, y los que estarán en contacto con álcalis no deben contener faktis, ni aceites saponificables.

Con pocas excepciones son manufacturados los artículos valiéndose de las láminas de caucho. Los artículos se fabrican en parte en máquinas y en parte a mano. Así es que antes de que se pueda utilizar esta masa para manufacturar cualquier artefacto es necesario obtenerla en forma de láminas. El espesor de éstas y el mayor o menor grado de tersura de su superficie depende de los detalles de manufactura de los artículos a que se van a destinar.

Las láminas se obtienen en una máquina llamada calandria. de cualquier manera que se vayan a usar estas láminas, es necesario que tengan un espesor uniforme.

La calandria (fig. 5) consta de tres cilindros de los cuales el 2 (véase fig. 6) o sea el de enmedio, es fijo y los otros dos son móviles. Son calentados interiormente por vapor de agua y las distancias entre ellos pueden ser reguladas a voluntad.

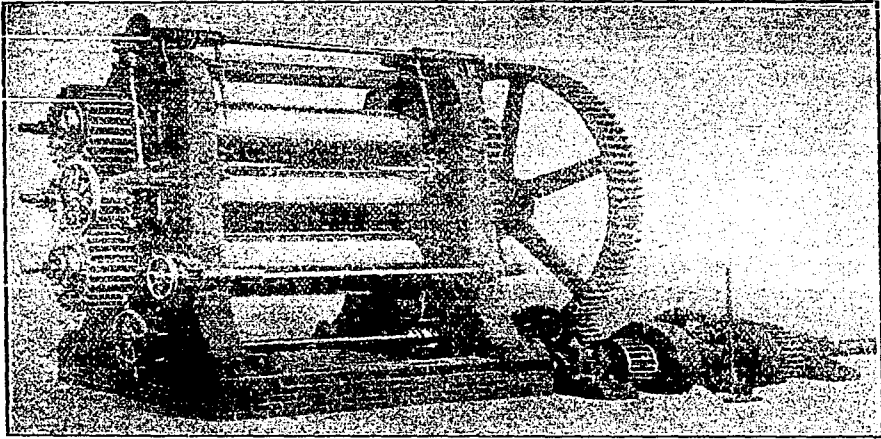


Fig. 5.

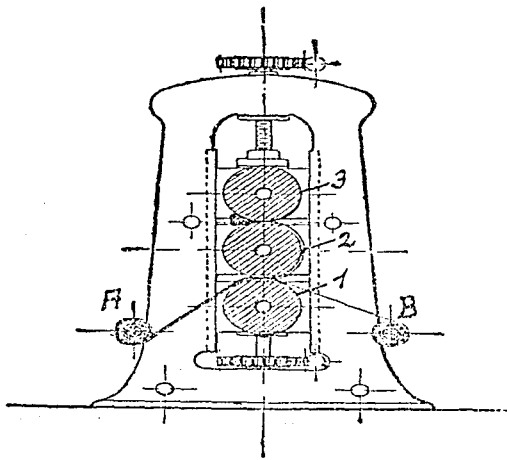


Fig. 6.

Los rodillos A y B que se ven en el corte (fig. 6) sirven para enrollar la lámina calandrada y llevan una tela que va pasando de uno a otro entre los cilindros 1 y 2 y que tiene el objeto de servir de conductor a la lámina calandrada y evitar que ésta se pegue a sí misma al enrollarla. Debe tenerse cuidado de que la tela esté floja en los rodillos y de que se desenrolle fácilmente.

Se procede como sigue: Cuando han sido reguladas las distancias entre los cilindros de la calandria y se han dispuesto los rodillos como debe ser, se pasa

la tela del rodillo B entre los cilindros 1 y 2 y se fija perfectamente ajustada en el rodillo A enrollándola varias veces. El caucho mezclado es calentado a una determinada temperatura, uniforme, en los cilindros mezcladores y, puesta la calandria en movimiento, se hace pasar en forma de cintas de 2 cms. de espesor y 20 cms. de ancho, (cintas que se obtienen cortando la lámina de caucho adherida al cilindro mezclador) entre los cilindros 2 y 3 de la calandria. La mezcla no debe estar muy pegajosa y no debe ponerse en grandes masas en la calandria. Operando de este modo conserva el caucho la temperatura uniforme y la presión es más constante que cuando el caucho se pone en grandes masas; pues cuando el caucho está caliente ejerce poca presión y, al enfriarse, la presión aumenta y los cilindros se separan más; luego, cuando ya ha pasado casi todo el caucho, disminuye otra vez la presión y los cilindros se acercan nuevamente y el resultado es que se obtiene una lámina de caucho muy poco uniforme. Suponiendo que los cilindros de la calandria se encuentran a las distancias debidas, el caucho pasa entre los cilindros 2 y 3 y adherido al cilindro 2 lo recorre hasta la mitad, donde es encontrado por la tela, que lo conduce al rodillo A enrollándolo. Luego que el caucho se pone en contacto con la tela empieza a girar y enrollar el rodillo. Las revoluciones que da se regulan de tal modo, que vaya enrollando exactamente el extremo que va saliendo de los cilindros. Cuando se ha adquirido alguna práctica se pueden obtener láminas muy delgadas (0,2mm), de espesor uniforme, sin que se arruguen o sean estiradas demasiado. Para prevenir totalmente que sean sujetadas a tensión se dejan las láminas en los rodillos, hasta que están completamente frías.

El cilindro inferior debe estar a tal distancia del superior, que el caucho sea comprimido suavemente contra la tela.

Para obtener láminas de $\frac{3}{4}$ o 1 mm., que son difíciles de obtener libres de burbujas de aire, en dimensiones considerables, se hacen láminas de menor espesor y luego se juntan con ayuda de la calandria. En este caso sale una lámina entre los cilindros 2 y 3 y la tela lleva la otra lámina; al encontrarse se adhieren las dos láminas fuertemente una a la otra, pudiéndose fabricar láminas del espesor deseado, cuyas capas ya no pueden ser separadas.

Para manufacturar láminas de muy poco espesor se utilizan las calandrias de cuatro cilindros, que trabajan como las de tres y en las que el cuarto cilindro sirve únicamente para enfriar.

Las calandrias de dos cilindros se usan generalmente sólo para hacer láminas delgadas, que no necesitan ser muy uniformes;

por ejemplo para láminas que luego son cortadas en pequeños fragmentos para hacer soluciones.

Se usan las calandrias de tres cilindros también para hular telas gruesas, como para mangueras, bandas, etc. Hay dos clases de estas telas huladas: la primera está cubierta solamente por un lado con hule y en la segunda atraviesa la mezcla por presión la tela, que debe ser de tejido abierto, quedando la tela uniformemente cubierta de los dos lados.

c) Vulcanización.

La preparación del hule se obtiene, de acuerdo con el proceso de Goodyear, mezclando al caucho mecánicamente de 3 a 15% de azufre, calentando la mezcla después (en la práctica a presión) a temperaturas que varían entre 125 y 150 grados C. El tiempo de vulcanización debe variar con el porcentaje de azufre, con la naturaleza del caucho y la cantidad y naturaleza de los demás ingredientes, con el método de aplicación del calor, la forma del artículo y el efecto mecánico que se debe producir en éste.

La preparación de la ebonita demanda mayores porcentajes de azufre, temperaturas más altas y más largos tiempos de vulcanización. Aunque esto parece bastante fácil es muy difícil encontrar, en la práctica, las mejores condiciones en cada caso dado.

Es costumbre expresar la cantidad de azufre en porcentajes con relación al caucho bruto, v. g. para un hule blando 10 o 15% de azufre; para ebonita de 30 a 50% de azufre.

Las propiedades del caucho experimentan un cambio bastante considerable cuando es vulcanizado. El grado de alteración varía generalmente con el coeficiente de vulcanización (véase: Teoría de la vulcanización.)

Con la vulcanización el caucho se vuelve menos adherente. La dureza del producto vulcanizado varía en razón directa del coeficiente de vulcanización.

Su resistencia a la acción de los ácidos, álcalis y los disolventes del caucho crece en alto grado. Seleccionando las condiciones de vulcanización, pueden obtenerse productos de cualquier grado de dureza.

La contracción; la disminución del volúmen aumenta proporcio-

El hule vulcanizado es mucho menos sensible a los cambios de temperatura que el caucho crudo. El color del caucho vulcanizado es más y más oscuro, conforme va creciendo el coeficiente de vulcanización hasta obtenerse en la ebonita el color negro.

En los objetos vulcanizados a presión se observa una marca-

nalmente al coeficiente de vulcanización. El caucho adquiere un olor distinto del que posee antes de ser vulcanizado y éste es en algunos casos característico de una determinada clase de caucho. Cuando el caucho bruto posee un mal olor, con frecuencia éste se intensifica en la vulcanización; esto pasa en el guayule. El hule blando tiene fama de ser perfectamente impermeable; esto no es exacto; cuando se sujeta a la acción prolongada del agua caliente experimenta cambios considerables; absorbe una cantidad apreciable de agua, tomando un color más claro y disminuyendo su resistencia a la tensión. Entre más delgada es la capa de caucho es más pronunciado el efecto del agua.

El azufre no combinado produce con frecuencia un fenómeno, que consiste en que brota a la superficie, formando una ligerísima capa amarillo grisácea y que puede ser, o no, indiferente al comprador. Esto es posible de evitarlo usando mezclas de composición adecuada. Con frecuencia se deja primeramente que el azufre salga a la superficie, separándolo después por ligero calentamiento de los artículos con álcalis cáusticas diluïdos o por otros métodos.

Son dos los métodos de vulcanización: 1.º) Mezclando el azufre con el caucho y demás ingredientes y sujetando luego esta mezcla a temperaturas elevadas. 2.º) La vulcanización se lleva a cabo a temperatura ordinaria, tratando el caucho con monocloruro de azufre.

El primer método puede aplicarse en casi todos los casos, pero es comparativamente más difícil de efectuar y necesita aparatos más o menos complicados.

Vulcanización en frío:

El procedimiento de vulcanización en frío no puede aplicarse siempre, pues solamente se pueden vulcanizar láminas delgadas, porque el efecto del monocloruro de azufre es únicamente superficial. Para la vulcanización de éstas se emplea ventajosamente y con frecuencia en la industria, aunque se cree que los productos vulcanizados por este método no son tan durables como otros. Pero esto no es así y la causa de los fracasos no debe buscarse en el método, sino en las condiciones bajo las cuales se aplicó éste, como por ejemplo, en el uso de ingredientes que son atacados por el monocloruro de azufre. Las mezclas que contienen litargirio, óxido de zinc, hidróxido de calcio, no deben ser vulcanizadas con cloruro de azufre, pues se obtienen siempre malos resultados.

El por ciento de cloruro de azufre que se combina con el caucho depende de la concentración de la solución vulcanizadora en cloruro de azufre. La vulcanización por medio del cloruro de azu-

fre puro es, por esta razón, imposible en la práctica, pues se convertiría todo el caucho en sulfocloruro $(C_{10}H_{16}S Cl)_2$ de consistencia cornea. Llevando a cabo la vulcanización por medio de vapores de cloruro de azufre puede evitarse esto, pero la vulcanización es solamente superficial. El método usado es el del cloruro de azufre en solución. El disolvente usado en este caso debe llenar las siguientes condiciones:

1°.—Debe ser indiferente, químicamente, hacia el cloruro de azufre.

2°.—Su punto de ebullición no debe estar a más de $100^{\circ} C$.

3°.—Debe tener un punto de ebullición constante.

4°.—Debe ser un buen disolvente de caucho.

La primera de estas condiciones es obvia y la segunda se comprenderá fácilmente, recordando que el proceso de vulcanización es continuo, debiendo volatizarse el disolvente rápidamente. Respecto a la tercera diré, que si el punto de ebullición no es constante, ya que se tiene en un recipiente abierto, se evaporarán las porciones más volátiles y al final de la operación se obtendrá un líquido de distinta composición y por lo tanto de diferentes propiedades; esto en la mayoría de los casos produce cambios más o menos considerables en la vulcanización. La cuarta condición debe ser llenada, pues, como la reacción es violenta, se obtiene una vulcanización poco uniforme, y es necesario facilitar la penetración en toda la superficie, para que no haya partes que queden incompletamente vulcanizadas. El punto de ebullición del disolvente tampoco debe ser muy bajo, pues se evaporaría muy rápidamente y la penetración sería mínima, aparte de que la concentración variaría con mucha rapidez y el grado de vulcanización sería muy desigual. Un disolvente que se evapora muy rápidamente tiene como efecto, el que se deposita sobre el caucho la humedad que reacciona con el cloruro de azufre, obteniéndose ácido clorhídrico libre, que daña al artículo vulcanizado.

El bisulfuro de carbono es el disolvente más usado en la actualidad y no se ha obtenido otro que le iguale. El tetracloruro de carbono es muy caro, la bencina no tiene punto de ebullición constante y no tiene poder penetrante, el benzol solo se puede usar cuando es enteramente puro y en ese caso resulta muy caro y hace también que el caucho se hinche demasiado.

Tanto el bisulfuro de carbono como el cloruro de azufre, usados para vulcanizar, deben estar completamente secos, ya que, como dije antes, la humedad reacciona con el cloruro de azufre, dando ácido clorhídrico libre. El porcentaje de cloruro de azufre

que debe ser usado, depende de la mezcla, del espesor del caucho y de la clase de éste. Generalmente hablando, mezclas muy ricas en carga mineral deben vulcanizarse con una solución menos concentrada que cauchos puros. Si se emplean soluciones demasiado diluídas, se obtienen productos pastosos, que con el tiempo se descomponen.

Vulcanización en caliente:

Se puede aplicar el calor sobre las mezclas que ya contienen el azufre (a diferencia de la vulcanización en frío) por los siguientes medios: vapor directo, aire caliente, azufre fundido, calor solar, electricidad y rayos ultra-violeta.

El más importante y el único industrial es el de la vulcanización por vapor directo. Puede ser dividido en tres partes, según la forma como sean vulcanizados los artículos:

1°.—Artículos que ya tienen su forma y son vulcanizados en polco de talco, por ejemplo, el tubo de hule.

2°.—Artículos formados sobre un núcleo y que son envueltos fuertemente con lona, por ejemplo, los rodillos con capa de hule.

3°.—Artículos que todavía no tienen su forma definitiva; ésta la adquieren en moldes, ya sea en el autoclave o en prensas vulcanizadoras.

El salón de vulcanización debe estar cerca de la caldera, para que los tubos conductores del vapor no sean muy largos, pues se tendría de esta manera una gran pérdida de calor, sin contar los perjuicios que ocasionaría una cantidad excesiva de agua de condensación en los tubos. En el plano están representadas las mesas, sobre las que se arreglan los moldes, en el mismo salón, pues es muy molesto tener que transportar los moldes pesados y calientes hasta una pieza contigua, por muy cerca que esté ésta.

Para la aplicación del vapor directo se emplean grandes autoclaves horizontales o verticales. El tipo más sencillo de autoclave vulcanizador lo muestra la Fig. 7. A es el cuerpo, B la entrada de vapor, C la salida del agua de condensación, D la pieza en la que embona la puerta H y que lleva los tornillos articulados de mariposa E.

El tubo que inyecta el vapor entra por la parte inferior del vulcanizador recorriéndolo en toda su extensión; está provisto de pequeños agujeros a intervalos, de modo que el vapor es dispersado y entra con más facilidad.

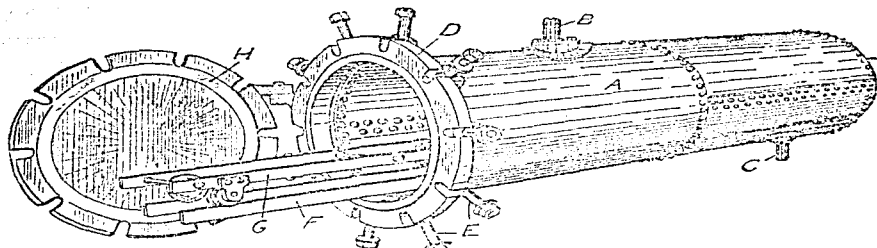


Fig. 7.

Los tamaños standard de los autoclaves son de 80 cm. a 2.10 m. de diámetro y de cualquier longitud deseada. Deben soportar una presión de 6 o 7 atmósferas. Los tornillos articulados de mariposa para el cierre deben ser muy gruesos y resistentes, de modo que se necesite el menor número posible de ellos, para que las operaciones de cerrar y abrir el autoclave sean rápidas. Los tubos para conducir el vapor deben ser escogidos cuidadosamente y de ningún modo deben ser demasiado estrechos. El tubo de salida del autoclave debe ser de mayor diámetro que el de entrada de vapor. El autoclave debe tener un manómetro y, si es posible, un termómetro.

El obrero encargado de esto recibe el artículo por vulcanizar junto con una tarjeta en la que está apuntado el número de la mezcla, el tiempo de vulcanización y la presión de vapor. El trabajo que le corresponde es únicamente el de abrir o cerrar las llaves de vapor y de tener cuidado que las válvulas y los manómetros trabajen perfectamente. Cuando ha transcurrido el tiempo, se abre la llave de salida de vapor, y cuando la presión ha llegado a O, es abierta la puerta del autoclave, sacándose el artículo vulcanizado.

El número de la mezcla, el artículo y los tiempos y presiones de vulcanización, son apuntados en un libro; igualmente los resultados obtenidos.

Los vulcanizadores que tienen una camisa de vapor son buenos, pues se introduce el vapor en la camisa y no se inyecta en el interior hasta que están bien calientes, previniendo así la condensación y manteniendo una temperatura más uniforme. La presión del vapor en la camisa debe ser de $\frac{1}{2}$ atmósfera más que en el interior.

Me ocuparé aquí únicamente de los métodos 1 y 3 de la vulcanización por vapor directo, pues para la clase 2 se necesitan aparatos más complicados.

1°.—Artículos ya formados que se vulcanizan en el autoclave en polvo de talco.

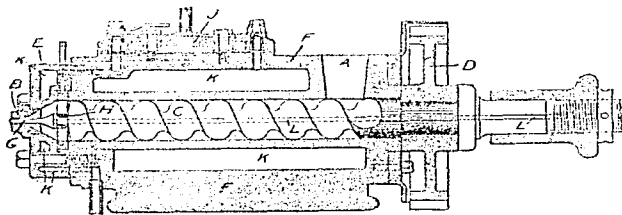


Fig. 8.

el tornillo C hacia el tubo de salida H, en donde ajusta la boquilla de sección conveniente G. Según va saliendo el tubo, se enrolla en una bandeja que contiene talco en polvo y a continuación se vulcaniza a vapor directo en el autoclave. Se opera como sigue: el caucho mezclado se calienta en el mezclador y se saca del mismo en forma de láminas; éstas se cortan y se introducen en la tolva A.

Para que el caucho no sufra depolimerización, es necesario que el cilindro no esté demasiado caliente y que el cuerpo de la máquina no sea muy largo. Las máquinas de cámara corta y tornillo poderoso son preferidas.

El grado de calor que debe tener el cilindro para obtener una superficie completamente lisa (el espejo) es mayor o menor de acuerdo con la clase caucho utilizada. Mezclas muy duras que se trabajan difícilmente deben adicionarse del 1 al 5% de vaselina o parafina. El polvo de talco, con el que es cubierto el tubo para pasar a la vulcanización, tiene por objeto hacer que el artículo conserve su forma (pues estando sobre una superficie plana perdería su sección circular), y prevenir que se humedezca. Se deben usar para esto mezclas que puedan ser vulcanizadas así, sin que su superficie se vuelva áspera. Muchas mezclas, especialmente aquellas que contienen caucho blando y una gran proporción de ingredientes para ablandecer, como vaselina, parafina, etc., necesitan adición de una determinada cantidad de magnesia, para que sean utilizables. Las mezclas para tubo de hule deben ser masticadas perfectamente,

pues debido a un mezclado imperfecto o a ingredientes improprios, con frecuencia el tubo se vuelve poroso.

Para regular la presión a la que es sujetado el caucho, se encuentra en la cámara una llave que deja salir todo el exceso de éste. Es un punto que se debe observar estrictamente, si se quiere obtener tubo de espesor uniforme.

3.—Artículos vulcanizados en moldes.

Hay dos clases: a) Objetos macizos,
b) Objetos huecos.

La manufactura de la clase a es bastante simple. Los artículos se hacen de lámina de caucho, de forma más o menos imperfecta, y se colocan en el molde. En la vulcanización, al reblandecerse y dilatarse la masa por el calor, toma la forma perfecta del molde.

Los moldes son generalmente de acero y se componen con frecuencia de varias partes; esto facilita mucho el sacar el objeto caliente ya vulcanizado. Los moldes son planos exteriormente y pueden ser vulcanizados ventajosamente en la prensa (véase abajo descripción); en este caso no es necesario ajustar las distintas partes del molde con tornillos, pues la prensa se encarga de prevenir que el molde se abra. Cuando los moldes se vulcanizan en el autoclave, sí es necesario atornillarlos fuertemente.

Antes de colocar el caucho en el molde, se calienta éste ligeramente y se humedece con agua de jabón; cuando se ha secado, se espolvorea con talco y se coloca en él la masa de caucho. Así se hacen las suelas y tacones, los taponces, etc.

Clase b. Cuando el artículo es hueco, se hace en varias piezas, cuyos bordes se pegan luego, después de humedecerlos ligeramente con gasolina. En el interior se pone una pequeña cantidad de carbonato de amonio, que, al producir gases, efectúa la expansión del artículo, que toma exteriormente la forma del molde que lo encierra.

Así se hacen las pelotas, muñecos, animales, etc. Las pelotas se hacen de cuatro o seis partes, que se cortan en forma de huso y con los bordes achaflanados. Cuando únicamente quedan dos bordes por pegar, se adhiere en el centro de uno de los husos interiormente una rondana pequeña, pero gruesa, de caucho, llamada tapón, y se acaba de cerrar la pelota. Cuando se ha vulcanizado, se sacan los gases producidos por el carbonato de amonio, por medio de una aguja hueca de jeringa, que se introduce precisamente en la parte donde se encuentra el tapón que previene que quede el agujerito abierto después. Los gases son absorbidos, inflándose luego la pelota por medio de la misma aguja con aire a presión o, mejor aún.

con nitrógeno. Esto último es mejor, porque no da motivo a oxidaciones perjudiciales. A los muñecos y animales no es necesario hacerles esta inyección de nitrógeno, pues están provistos siempre de una válvula, que deja entrar el aire.

Como para efectuar la vulcanización se necesitan únicamente altas temperaturas y presiones elevadas, se puede llevar a cabo en prensas especiales. La presión está dada por la prensa y la temperatura se obtiene calentando las planchas de ésta por vapor.

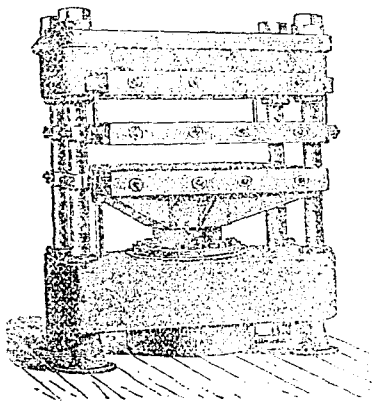


Fig. 9.

d) Acabado.

El tubo de hule está listo para la venta cuando sale de la vulcanización. Su coloración se hace siempre mezclando el colorante a la masa y nunca superficial.

Al terminar la vulcanización de los objetos macizos en molde se lavan con solución diluída de sosa cáustica caliente y luego se frotan con glicerina que les da una bonita apariencia.

Las pelotas vulcanizadas se limpian en el departamento de acabado. Para esto se colocan en un barril medio lleno de arena que se hace girar con mediana rapidez; al frotarse con la arena se limpian perfectamente. El tiempo que necesita esta operación no puede precisarse; depende de su grado de limpieza, de su calidad, de la finura de la arena, de la rapidez de rotación de los barriles, etc. Ahora se llevan las pelotas a las mesas donde son infladas como se ha descrito al hablar del tapón. Cuando se saca la agua de la je-

ringa se introduce un hilo de hule no vulcanizado, que se adhiere a las paredes y cierra perfectamente la incisión hecha por la aguja. Ahora se tallan las uniones con esmeril y se almacenan las pelotas para que salga con el tiempo el azufre a la superficie y sea separado por lavados con sosa cáustica diluida, antes de pintarlas.

Decorado: se barniza la pelota antes de pintarla, luego se le da el color uniforme y cuando se ha secado, se pintan los adornos o se les aplican calcomanías. Esto último se hace a mano. Para pintar circunferencias se colocan en un aparato que se hace girar; acercando el pincel se obtienen circunferencias uniformes, gruesas o delgadas.

Los colores empleados deben tener bonita apariencia, no deben ser venenosos y no deben agrietarse. Se usan lacas que se mezclan con cemento de caucho. Para prevenir que se agrieten se agrega aceite de linaza y para que sequen pronto un poco de japon. Ya para usarlos se diluyen los colores con bencina. Los esmaltes rojos, azules, verdes y blancos se preparan mezclando al caucho. Para el color seco en los cilindros mezcladores y disolviendo luego la masa en bencina. Cuando el esmalte está seco, se barniza la pelota nuevamente y puede ser vendida después de secarse durante medio día.

Presiones y tiempos de vulcanización de las Muestras

Contienen estas muestras únicamente caucho crudo de Castilloa, lavado (su análisis está dado en la página No. 57) y azufre, sin acelerador ni carga.

Número de la muestra	Por ciento de azufre	Tiempo de Vulcanización	Presiones de vapor	Resultados
1	6	90 min.	70 lbs.	Malo.
2	6	90 "	70 "	Malo.
3	10	70 "	70 "	Aceptable.
4	15	70 "	70 "	"
5	20	70 "	70 "	Bueno.
6	25	50 "	70 "	"
7	30	50 "	70 "	"
8	35	50 "	70 "	Aceptable.
9	38	50 "	70 "	"
10	40	60 "	70 "	Malo.
11	45	75 "	70 "	"
12	50	85 "	70 "	"

La muestra con 4% de azufre no fué posible vulcanizarla.

X.—PLANO Y PRESUPUESTOS

Al escoger la localidad para establecer la fábrica deben hacerse las siguientes consideraciones.

1.—Debe haber facilidad para la obtención de agua en abundancia y de combustible.

2.—Los alrededores de la fábrica deben estar libres de polvo. No hay nada tan perjudicial a los artículos de caucho en lo referente a la calidad y apariencia, como el polvo. Las paredes de la fábrica deben ser por eso completamente lisas, para prevenir, cuanto sea posible, que el polvo se acumule en ellas.

3.—Energía. Lo mejor es la energía eléctrica, pues es la que se puede emplear con más economía y mayor limpieza.

4.—Facilidades de transporte.

Escogí la manufactura de artículos de hule blando por ser más sencilla y sin embargo muy vasta y variada.

Para la fábrica fué adoptado el plano que muestra la copia azul, por considerarse de suma importancia que los departamentos estén a continuación uno de otro, conforme va avanzando la manufactura de los diversos artículos.

El caucho lavado y los ingredientes pasan a su correspondientes almacenes; de aquí son llevados los ingredientes a una cámara contigua donde son alistados para mezclarse. Si es necesario son llevados al secador de vacío pasando luego al almacén contiguo al cuarto de mezclas, donde también es almacenado el caucho bruto, después de haber sido lavado y secado en la cámara de vacío. Ahora pasa el caucho al mezclador o Diabolo, en el que se le adicionan los ingredientes. Sale la masa en forma de láminas, que, si deben ser más delgadas, son llevadas a la calandria. Las láminas son cortadas del tamaño y figura convenientes y colocadas en los moldes, o bien en las bandejas con talco, pasando a la prensa o autoclave vulcanizador. Después de vulcanizados son llevados los artículos al salón de acabado y de aquí a la oficina de control y después al almacén de artículos fabricados, donde son empacados convenientemente para la venta.

PRESUPUESTO

1 Molino mezclador con cilindros de 12 pulg. diám. 24" long. con motor de 50 HP.	\$ 4,500.00
1 Calandria de tres cilindros de 12" diám. por 24" long. con motor de 50 HP.	„ 10,750.00

A la vuelta: \$ 15,250.00

	De la vuelta:	\$ 15,250.00
1 Prensa Hidráulica de dos planchas de 20" por 20" con su correspondiente bomba.	,,	1,400.00
1 Secador de Vacío, Condensador, Bomba de Vacío y motor de 3 HP.	,,	3,850.00
1 Caldera de 10 HP. tubuladura vertical con inyector.	,,	2,200.00
1 Lavador de 12" por 24" con motor de 50 RP.	,,	4,400.00
1 Vulcanizador horizontal.	,,	3,600.00
1 Máquina para tubo de hule.	,,	1,750.00
1 Balanza para 20 Kgs.	,,	70.00
6 Mesas grandes.	,,	250.00
10 Tamices finos.	,,	30.00
3 Palas chicas.	,,	6.00
1 Máquina Cortadora.	,,	105.00
1 Tanque para agua.	,,	50.00
1 Molino para ingredientes.	,,	200.00
1 Tanque para Petróleo crudo.	,,	300.00
Moldes y Gastos imprevistos.	,,	1,539.00
		<hr/>
	Total:	\$ 35,000.00

XI.—BIBLIOGRAFIA

<p>Dr. Rudolf Ditmar.</p> <p>Factory Manager.</p> <p>A. Heil & Dr. W. Esch.</p> <p>Henry C. Pearson.</p> <p>Philip Schidrowitz.</p> <p>Harold E. Potts.</p> <p>H. E. Simmons.</p> <p>Diversos Autores.</p>	<p>Der Kautschuk. Eine Kolloidchemische Monographie.</p> <p>Die Analyse des Kautschuks.</p> <p>Die Technologie des Kautschuks.</p> <p>India Rubber Goods Manufacture.</p> <p>The Manufacture of Rubber Goods.</p> <p>Rubber Machinery.</p> <p>Rubber.</p> <p>Recent Progress in Rubber Chemistry and Technology.</p> <p>The Chemistry of the Rubber Industry.</p> <p>Rubber Manufacture.</p> <p>Varios folletos.</p>
---	--



PROYECTO DE FABRICA PARA OBJETOS DE HULE

