

# NUEVOS ENSAYOS DE GASIFICACION DE MADERAS DEL PAIS

Por EDUARDO LATZINA

## ZUSAMMENFASSUNG

**Neuere Vergasungsversuche mit argentinischen Hölzern.** — Im Anschluss an die im Jahre 1931 voröfentlichten Untersuchungen über Vergasung argentinischer Hölzer zum Zwecke der Energie-Erzeugung, hat der Verfasser neuere und ähnliche Versuche mit 10 verschiedenen Holzarten ausgeführt, deren Resultate in dieser Arbeit vorgeführt werden. Die Experimente beziehen sich auf folgende Holzarten: *Astronium Balansae*, *Bumelia obtusifolia*, *Gleditschia amorphoides*, *Peltophorum dubium*, *Patagonula americana*, *Prosopis Kuntzei*, *Schinopsis Balansae*, *Schinopsis Lorentzii*, *Bulnesia Sarmientii* und *Prosopis ruscifolia*.

En el presente trabajo expongo los resultados de una nueva serie de investigaciones experimentales relativas a la obtención de gas de leña, análogas a las que di a conocer hace años en mi publicación titulada *Gasificación de maderas argentinas para la producción de energía mediante motores de gas pobre*. El material empleado en estos nuevos ensayos pertenece a las siguientes esencias forestales del país: *Astronium Balansae*, *Bumelia obtusifolia*, *Gleditschia amorphoides*, *Peltophorum dubium*, *Patagonula americana*, *Prosopis Kuntzei*, *Schinopsis Balansae*, *Schinopsis Lorentzii*, *Bulnesia Sarmientii* y *Prosopis ruscifolia*. Las leñas de las ocho primeras especies fueron enviadas de la estación experimental que la Dirección General de Tierras y Colonias mantiene en el Chaco; las de las dos últimas proceden de la colonia Napalpí (gobernación de Formosa) que depende de la Comisión honoraria de Reducciones de Indios.

Todas las leñas ensayadas fueron identificadas botánicamente

en los lugares de origen, por los técnicos forestales de las reparaciones mencionadas que actúan en dichos territorios nacionales.

De cada una de esas leñas se recibieron en el laboratorio de máquinas de la Escuela Industrial de la Nación, donde se efectuaron los experimentos, 300 a 350 kg en rollizos que llevaban marcas de pintura indicadoras de la especie correspondiente.

Entre las leñas ensayadas figura la de Quebracho colorado santiaguense (*Schinopsis Lorentzii*), de cuya gasificación me había ocupado en el año 1930. Me pareció conveniente repetir el experimento, para comparar sus resultados con los de la gasificación de la leña de Quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis Balansae*), pues los materiales que tenía disponibles de ambas especies pertenecían a árboles apeados en la misma época (junio de 1931).

Para cada una de estas maderas se determinó su contenido de humedad, su peso específico aparente y su poder calorífico. Los ensayos calorimétricos se realizaron para las seis primeras especies cuando las maderas tenían 6 meses de estacionamiento, de manera que se hallaban aún bastante húmedas. Resultaron así poderes caloríficos inferiores a los que se habrían obtenido si las leñas hubiesen sido secadas al aire libre durante un año.

El contenido de humedad se determinó secando pequeños cubos o trozos de madera previamente pesados, en una estufa eléctrica a la temperatura de 105°C, hasta que no perdiesen más peso. La diferencia entre las pesadas inicial y final de dichos trozos representa el peso del agua higroscópica. El conocimiento de este dato es de suma importancia, pues el contenido de humedad influye no solamente sobre los poderes caloríficos superior e inferior de la madera, sino también sobre las demás propiedades físicas de la misma.

Los pesos específicos se encontraron extrayendo de dos rollizos diferentes de cada especie, cubos de 10 cm de arista. Como la exactitud de estos pesos específicos depende de la que tenga la forma geométrica de esos cuerpos, la talla y la terminación de los mismos se realizó con toda la prolijidad posible. Se cuidó especialmente de que las caras de los cubos resultasen planas y perfectamente lisas. Las pequeñas divergencias entre las dimensiones de los cuerpos reales y los cuerpos geométricos bási-

cos se tomaron en cuenta al efectuar la cubicación de los primeros. Se obtuvo así una exactitud más que suficiente, si se tiene en cuenta que la madera no es homogénea y que el peso específico de la misma varía en un mismo tronco.

Los ensayos calorimétricos se efectuaron con el calorímetro de Mahler-Kröcker cuya descripción y empleo publiqué en un trabajo anterior <sup>(1)</sup>. Los poderes caloríficos obtenidos para el duramen, albura y corteza resultaron así más bajos que los que se habrían obtenido si la madera hubiese sido secada al aire durante un año, en vez de seis meses.

Para los ensayos de gasificación de la leña se subdividieron los rollizos en trozos de unos 20 cm. de largo, los que fueron cortados en cuatro astillas. Los rollizos tenían diámetros de 15 a 20 cm, de manera que las astillas resultaron de tamaño mediano, lo que permitió llenar la cuba del gasógeno, sin dar lugar a la formación de grandes espacios huecos que habrían dificultado la producción de un gas homogéneo. Con todo, los ensayos demostraron que la producción de gas habría sido más uniforme si los trozos de leña hubiesen sido menores. Además, la puesta en marcha del gasógeno se habría llevado a cabo con mayor rapidez. De ahí la ventaja de quemar en el horno las ramas de pequeño diámetro en lugar de los troncos, lo mismo que los desperdicios que se obtienen en la confección de vigas y durmientes.

Los ensayos de gasificación se llevaron a cabo en la instalación especial para la producción de gas pobre de leña existente en el laboratorio de máquinas de la Escuela Industrial de la Nación «Otto Krause». Esta instalación ha sido descrita en mi trabajo *Gasificación de maderas argentinas*, citado al principio.

En general, la producción de gas combustible con cada una de las leñas que se ensayaron fué tardía, debido al contenido de humedad de estas últimas. Para facilitar la combustión de la leña se comenzó por calentar el horno, quemando dentro de él viruta y madera seca en pequeños trozos. Al cabo de unos veinte minutos a media hora de buen fuego y estando el horno bastante caliente, se introdujeron en el mismo 50 a 100 kg de astillas de

<sup>(1)</sup> E. LATZINA, *Poderes caloríficos de maderas argentinas*, en *Boletín del Ministerio de Agricultura*, tomo XXX, entrega n° 1, 1931.

la leña a ensayar. En seguida se abrió la chimenea del gasógeno y se puso en funcionamiento el ventilador, con lo cual se inició el secado de las astillas. Una gran cantidad de vapor de agua escapaba así por la chimenea. El vapor tomaba pronto un color gris-amarillento, debido a que se iniciaba la combustión de las astillas. Más tarde se cargaba el horno con otros 50 a 100 kg de astillas. Cuando se notaba que los gases que escapaban por la chimenea adquirían una coloración grisácea, se procedía a la obturación de este conducto para ensayar la puesta en marcha del motor de la instalación. Antes de esto, se probaba el gas procurando quemarlo en el grifo especial próximo al cilindro del motor: el gas está a punto cuando arde con llama duradera y de color ligeramente azulado. Cuando el motor se encontraba en pleno funcionamiento se completaba la carga del gasógeno.

De las leñas ensayadas, la de mayor rendimiento en energía resultó ser la de *Schinopsis Balansae* (Quebracho colorado chaqueño), pues con 967 gramos de madera gasificada se obtuvo un caballo-hora indicado. El consumo máximo de combustible corresponde a la leña de *Bulnesia Sarmientii* (Palo Santo), de la cual se requieren, según el ensayo, 1280 gramos para un caballo-hora indicado. Llama la atención de que la leña de *Astronium Balansae* tenga, no obstante su mayor contenido de humedad, mejor rendimiento en energía que la de *Astronium urundeuva* (Urundel, el Urunday salteño y jujeño), del cual se necesitan, según lo demostró un experimento anterior, 1220 gramos por caballo-hora indicado.

Digna de hacer notar es la diferencia que respecto a rendimiento en energía ofrecen los dos quebrachos colorados, *Schinopsis Lorentzii* y *Sch. Balansae*. Del primero se requieren 1056 gramos de leña para la producción de un caballo-hora, mientras que del segundo se necesitan, como acaba de verse, 967 gramos solamente.

Los ensayos abarcaron, además, las siguientes determinaciones:

Cantidades de ceniza y de leña carbonizada encontradas en el gasógeno después de cada experimento.

Cantidad de alquitrán recogido por medio del separador especial de la instalación.

Análisis del gas pobre.

Poder calorífico de este gas.

Composición del gas de escape del motor.

Análisis de la madera.

Análisis del alquitrán.

Para cada una de las leñas, los ensayos de gasificación comenzaban generalmente a las 8 horas y duraban hasta que el motor se detenía espontáneamente por falta de gas. La carga que recibía el gasógeno debía alcanzar para un período de funcionamiento del motor que no excediese de ocho horas. Durante cada uno de los períodos de funcionamiento del motor se tomaron, a cada cuarto de hora, diagramas de trabajo con ayuda del indicador. Con estos diagramas se determinó la energía total desarrollada por el motor. Las deformaciones del resorte empleado en el indicador corresponden a la escala: 2 mm = 1 atmósfera.

El poder calorífico del gas se obtuvo mediante el calorímetro de Junkers. Los gases se analizaron con el aparato de Orsat y las buretas de Hempel (<sup>1</sup>).

Los análisis químicos de los gases, alquitranes y de las maderas estuvieron a cargo del jefe del laboratorio de la Escuela Industrial doctor Carlos Gini, a quien agradezco su colaboración en este lugar. Debo también expresar mi reconocimiento a los señores ingeniero Francisco González Zimmermann y Pedro Torre Bertucci, director y vicedirector respectivamente, del instituto de enseñanza en que efectué los ensayos, quienes pusieron a mi disposición todos los elementos requeridos para la ejecución de las pruebas. Además, en estos experimentos me sirvieron de auxiliares el técnico proyectista de la Escuela y profesor de dibujo de máquinas don Luis Ranieri (fallecido) y el ayudante del laboratorio de máquinas don Paul Anders, que realizaron una labor muy encomiable. Agradezco igualmente la colaboración prestada por la Dirección General de Tierras y la Comisión honoraria de Reducciones de Indios.

(<sup>1</sup>) Estos instrumentos y su manejo han sido explicados en mi trabajo *Gasificación de maderas argentinas*.

### Las maderas ensayadas

*Astronium Balansae* Engl. Es el Urunday del Chaco, de la familia de las Anacardiáceas, como el *A. urundeuva* (Fr. Allem.) Engl. o Urundel, árbol este último que abunda en Salta y Jujuy.

La especie considerada habita en Misiones, Corrientes, Chaco, Formosa y Santa Fe. Alcanza a 15 m de altura y 0,60 m de diámetro en el tronco (y aun más). Los naturales del Chaco lo llaman *Urunday-pichái* (pichái = crespo). En Misiones se le denomina simplemente *Urunday*, y en Corrientes se le da el nombre de *Urunday pardo*.

La corteza, de color café, es gruesa, agrietada y escamosa. La albura es blanco-amarillenta y tiene poco espesor en los troncos desarrollados. El duramen es de color pardo oscuro y suele presentar manchas rojizas.

La determinación del peso específico se efectuó cuando la madera tenía 19,55 % de humedad. Se obtuvo para la misma  $\gamma = 1,220-1,257 \text{ kg/dm}^3$ . Se trata, pues, de una madera muy pesada. Es también una madera dura, habiéndose obtenido en los ensayos de dureza los valores siguientes, con el material secado al aire:  $\odot D_m = 7,07-7,38$  (unidades Brinell) y  $\perp D_m = 6,39-7,54$ . Los ensayos de resistencia con madera secada al aire dieron los siguientes resultados:

*Carga específica de rotura por tracción*:  $K_t = 508-726 \text{ kg/cm}^2$ .

*Carga específica de rotura por compresión*:  $K_c = 415-469 \text{ kg/cm}^2$ .

*Tensión de rotura por flexión*:  $\sigma_f = 705-809 \text{ kg/cm}^2$ .

El poder calorífico de la leña resultó igual a 3450 kcal/kg.

La madera es compacta, elástica, poco quebradiza y durable. Se la utiliza para vigas, durmientes, postes, etc. Además, es tanífera, y de ella se obtiene un extracto. Se presta también para trabajos de torno y enchapados.

*Bumelia obtusifolia* R. et Sch. Arbol de la familia de las Sapotáceas conocido vulgarmente con los nombres de *Guaraniná*, *Molle negro* (Tucumán), *Horco-molle* (Salta), *Lanza colorada* (Jujuy), *Ibirá-ñi-rá* (Corrientes), *Ibirá-hú* (Misiones) y *Cabo de*

*lanza* (Misiones). Habita en Santa Fe, Chaco, Formosa, Salta, Jujuy, Tucumán, Santiago y Misiones. Alcanza una altura hasta de 20 m y 0,80 m de diámetro en el tronco. La madera es de color amarillo-verdoso o amarillo-rosado, con vetas más oscuras y de dibujo variado. La corteza es de color castaño, tiene poco espesor y ofrece un aspecto de superficie labrada. A simple vista no se distingue fácilmente el duramen de la albura.

Peso específico de la madera secada al aire :  $\gamma = 0,817-1,010$  kg/dm<sup>3</sup>.

Dureza :  $\odot D_m = 5,46$ .  $\perp D_m = 3,21$ .

Ensayos de resistencia con madera secada al aire. *Carga específica de rotura por tracción* :  $K_t = 649-686$  kg/cm<sup>2</sup>. *Carga específica de rotura por compresión* :  $K_c = 384-436$  kg/cm<sup>2</sup>. *Tensión de rotura por flexión* :  $\sigma_f = 664-966$  kg/cm<sup>2</sup>.

Poder calorífico inferior de la leña : 3400 kcal/kg.

La madera se deja trabajar bien con herramientas, y lustrada al natural toma buen aspecto. Tiene poca aplicación en trabajos de carpintería, debido a su peso específico elevado. Es fácilmente putrescible a la intemperie.

El árbol es lactescente y la fruta es comestible.

*Gleditschia amorphoides* (Griseb.) Taub. Arbol de la familia de las Leguminosas llamado vulgarmente *Espina de corona*. En Salta se le llama *Coronillo*. En Corrientes se le conoce con los nombres de *Espina de corona Christi* y *Espinillo amarillo*. En el Chaco se le denomina *Cambá-nambí*. El árbol habita en Jujuy, Salta, Formosa, Chaco, Santa Fe, Corrientes y Misiones. Es a veces corpulento y llega a tener hasta 25 m de alto y 0,60 m (y aun más) de diámetro en el tronco. Tiene muchas ramas y es bastante espinoso. La corteza es delgada e irregular, escamosa, presenta excrecencias en forma de nudos y se renueva anualmente. Su color varía entre pardo y gris claro. La albura es abundante y amarillo-rojiza, y el duramen es de color castaño claro y de contorno irregular. El árbol proporciona buena madera y segrega también un kino. La fruta madura llamada en el Chaco « cambá-nambí » (cambá = negro; nambí = oreja. Total : oreja de negro) tiene la particularidad de hacer estornudar, oliéndola una vez quebrada. Esto se debe a la sapogenina que contiene.

La madera en perfecto estado de sequedad al aire tiene un peso específico relativo  $\gamma = 0,760-0,875$  kg/dm<sup>3</sup>. Para el peso específico absoluto se encontró  $\gamma' = 1,491$  kg/dm<sup>3</sup>. De ambos pesos específicos resultó un *grado de compacidad* igual a 0,548; y un *grado de porosidad* de 0,452.

Para la dureza se obtuvieron los siguientes valores:  $\odot D_m = 6,43$  y  $\perp D_m = 3,74$ .

Ensayos de resistencia con madera secada al aire. *Carga específica de rotura por tracción*:  $K_t = 274-433$  kg/cm<sup>2</sup>. *Carga específica de rotura por compresión*:  $K_c = 306-432$  kg/cm<sup>2</sup>. *Tensión de rotura por flexión*:  $\sigma_f = 643-809$  kg/cm<sup>2</sup>.

Valor práctico del poder calorífico inferior de la leña: 3700 kcal/kg.

La madera es compacta, elástica, semidura, pesada y de mucha duración en seco. Es buena para trabajos de carpintería. Su corteza se usa como jabón para quitar manchas de la ropa. El fruto contiene una cantidad de tanino y saponina. Molido y macerado en agua da espuma abundante, con la que se lavan la cabeza los indios del Chaco. La semilla es tintórea. La planta es excelente para cercos vivos. Sus enormes racimos de espinas, grandes y durísimas, son terribles, siendo de ello testimonios históricos las trincheras de Curupaytí y el reducto de Timbó.

*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. Es otro árbol perteneciente a la familia de las Leguminosas y cuyo nombre vernáculo más conocido es *Ibirá-pitá*. Otros nombres vulgares son *Cañafístula* (Misiones) e *Ibirá-puitá-guazú* (Santa Fe). Es uno de los gigantes del bosque, pues alcanza hasta 25 m de alto y 1 m de diámetro en el tronco. Se le encuentra en Misiones, Corrientes, Santa Fe, Chaco, Formosa y Tucumán. La madera es amarillarrojiza, de mucho duramen y poca albura. La corteza es medianamente gruesa, pardusca y agrietada.

Para el peso específico relativo de la madera en perfecto estado de sequedad al aire se encontró:  $\gamma = 0,808-0,927$  kg/dm<sup>3</sup>.

Peso específico relativo:  $\gamma' = 1,489$  kg/dm<sup>3</sup>.

Grado de compacidad: 0,580. Grado de porosidad: 0,420.

Ensayos de resistencia con madera en buen estado de sequedad al aire. *Carga específica de rotura por tracción*:  $K_t = 517-$

693 kg/cm<sup>2</sup>. *Carga específica de rotura por compresión*:  $K_c = 271-440$  kg/cm<sup>2</sup>. *Tensión de rotura por flexión*:  $\tau_f = 638-775$  kg/cm<sup>2</sup>.

Dureza:  $\odot D_m = 5,73$ .  $\perp D_m = 3,52$ .

Valor práctico del poder calorífico inferior de la leña: 3500 kcal/kg.

La madera es bastante compacta, elástica, dura y pesada. Su duración es notable, pero sólo en seco. Se la utiliza para tirantes, varillas y astillas. Sirve también para carrocería. La corteza es curtiente.

*Patagonula americana* L. Arbol de la familia de las Borragináceas llamado *Guayaibí* en Salta y Jujuy; *Guayaibirá*, *Guayubirá* y *Guayaibí-morotí* en Misiones; *Guayaibí-blanco* en el Chaco y *Guayabil* en Salta. Vive en Santa Fe, Chaco, Formosa, Salta, Jujuy, Misiones y Corrientes. Llega a tener hasta 25 m de alto y 0,75 m de diámetro en el tronco.

La madera cortada toma al contacto con el aire un color canela claro. La corteza es delgada, de color pardo-ceniciento y relativamente lisa. La albura es blanca y el duramen de color pardo.

Para el peso específico relativo de madera en perfecto estado de sequedad al aire se encontró:  $\gamma = 0,771-0,895$  kg/dm<sup>3</sup>.

Peso específico absoluto:  $\gamma' = 1,441$  kg/dm<sup>3</sup>.

Grado de compacidad: 0,562.

Grado de porosidad: 0,438.

Dureza:  $\odot D_m = 6,43$ .  $\perp D_m = 3,93$ .

Ensayos de resistencia con madera en buen estado de sequedad al aire. *Carga específica de rotura por tracción*:  $K_t = 699-862$  kg/cm<sup>2</sup>. *Carga específica de rotura por compresión*:  $K_c = 336-440$  kg/cm<sup>2</sup>. *Tensión de rotura por flexión*:  $\tau_f = 633-800$  kg/cm<sup>2</sup>.

Valor práctico del poder calorífico inferior de la madera: 3650 kcal/kg.

La madera es resistente, semidura, elástica y pesada. Es durable y se la emplea en construcciones, en carpintería, ebanistería, en la fabricación de remos, cabos de herramientas, etc.

Una variedad de este árbol es el *Guayaibí negro* o *crespo*, que tiene la misma dispersión geográfica que la especie primaria.

Alcanza una altura hasta de 15 m, y 1 m de diámetro en el tronco. La madera de esta variedad es oscura, con hermosas vetas negras en los árboles viejos.

*Prosopis Kuntzei* Harms. Este árbol llamado vulgarmente *Itín* en Santiago del Estero, *Barba de tigre* en Córdoba y *Yacarandú* en el Chaco, pertenece a la familia de las Leguminosas. La especie habita en el norte de Santa Fe, Chaco, Formosa, Jujuy, Salta, Tucumán, Santiago, Córdoba, Catamarca, La Rioja y San Juan. Cuando está bien desarrollado, el árbol alcanza 10 m de alto y hasta 0,60 m de diámetro en el tronco. Es fácil reconocerlo, primero porque es áfido durante casi todo el año, y después por la forma especial de sus espinas largas y puntiagudas, dirigidas en todas direcciones y que constituyen un conjunto imponente.

La madera tiene mucho duramen y poca albura. El primero, cuando recién cortado, es de color violáceo, y la segunda es blanco-amarillenta. Después de cierto tiempo, el duramen adquiere superficialmente un color pardo-rojizo. La corteza es más bien delgada, de color pardo-grisáceo y con grietas en la dirección del eje del tronco. La madera tiene sus fibras entreveradas, lo que dificulta su fraccionamiento en astillas.

Peso específico relativo. En estado de sequedad al aire la madera es extraordinariamente pesada, pues resultó para ella  $\gamma = 1,263-1,299 \text{ kg/dm}^3$ .

Peso específico absoluto:  $1,512 \text{ kg/dm}^3$ .

Grado de compacidad: 84,7 %. (Compacidad extraordinaria).

Grado de porosidad: 15,3 %. (Pequeña porosidad).

Dureza:  $\odot D_m = 14,73$ ;  $\perp D_m = 12,67$ . En un segundo ensayo resultó:  $\odot D_m = 15,79$ ;  $\perp D_m = 13,21$ . Se trata, pues, de una madera extraordinariamente dura.

Ensayos de resistencia con madera en buen estado de sequedad al aire. *Carga específica de rotura por tracción*:  $K_t = 1274-1343 \text{ kg/cm}^2$ . *Carga específica de rotura por compresión*:  $K_c = 849-937 \text{ kg/cm}^2$  (en dirección paralela a las fibras). En dirección normal a las fibras resultó  $K_c = 360-371 \text{ kg/cm}^2$ .

*Tensión de rotura por flexión*:  $\tau_f = 1373-1510 \text{ kg/cm}^2$ .

Valor práctico del poder calorífico inferior de la leña: 3600 kcal/kg.

A causa de su gran dureza, la madera no se deja trabajar fácilmente con herramientas. Empero, esto no obsta para su empleo en carpintería, ebanistería y en la construcción de marcos de puerta. La madera es apropiada para postes de alambrado, pues contiene tanino que asegura su conservación. Por la misma razón se la puede utilizar con ventaja para durmientes de ferrocarril. Es también muy buena para adoquines, pero desgraciadamente el árbol no abunda como para fabricarlos en grandes cantidades. La madera se presta para trabajos de torno, para la ejecución de objetos de fantasía, bastones, pequeños muebles, etc. La corteza y la raíz sirven para teñir la lana de negro.

La madera quema bien y es apta para la gasificación, pero no sería racional cortar troncos de una esencia de tan buenas propiedades para quemarlos en hogares de caldera o en gasógenos. Sólo los desechos del aprovechamiento industrial de esta madera deben utilizarse como combustible. Y en este caso es preferible, del punto de vista económico, transformarlos en gas pobre a quemarlos en una caldera.

*Schinopsis Balansae* Engl. llamado también Quebracho colorado chaqueño. Es un árbol de la familia de las Anacardiáceas que habita en Santa Fe, Chaco, Formosa y Corrientes. Llega a tener 15 m de alto y 1 metro de diámetro en el tronco. La corteza es de color pardo y de regular espesor. Tiene albura blanca y duramen pardo-rojizo algo claro.

La madera es compacta, no elástica, muy dura y muy pesada. Su peso específico (con 14,20 % de humedad) es  $\gamma = 1,289$  kg/dm<sup>3</sup>.

Dureza:  $\odot D_m = 12,30$ ;  $\perp D_m = 11,78$ . Llama la atención de que la dureza en el sentido de las fibras sea casi la misma que en dirección perpendicular a las mismas.

Valor práctico del poder calorífico inferior de la leña: 3800 kcal/kg.

La madera es prácticamente imputrescible y sumamente durable. Contiene mayor cantidad de tanino que el Quebracho colorado santiagueño, y por eso se raja también más. De ahí que se emplee con preferencia la madera de Quebracho colorado chaqueño en la fabricación del extracto de tanino.

*Schinopsis Lorentzii* (Griseb.) Engl. o Quebracho colorado santiagueño, que pertenece a la misma familia que el anterior. Es un árbol que alcanza hasta 20 m de alto y 1 m de diámetro en el tronco. Vive en el norte de Santa Fe, Chaco, Formosa, Salta, Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero, Córdoba, Catamarca y La Rioja. Su corteza es pardo-oscuro, bastante gruesa, muy agrietada y algo escamosa. El duramen es rojo-pardo, compacto, no elástico y de gran dureza. Debido a esta última propiedad es difícil trabajar la madera con herramientas de carpintero. En cambio, el hacha la raja con relativa facilidad.

La madera es tanífera, aunque menos que la del Quebracho chaqueño, razón por la cual no se agrieta tanto como la de esta última especie. Es sumamente resistente y prácticamente imprescible, propiedades a las cuales debe su gran aplicación en la construcción de durmientes, vigas, postes, etc.

La madera es muy pesada y su peso específico está comprendido entre 1,150 y 1,240 kg/dm<sup>3</sup>. Es también de gran dureza y el ensayo dió los siguientes valores:  $\ominus D_m = 11,93$  y  $\perp D_m = 12,30$ .

Ensayos de resistencia con madera secada al aire. *Carga específica de rotura por tracción*:  $K_t = 755$  kg/cm<sup>2</sup>. *Carga específica de rotura por compresión*: 653-695 kg/cm<sup>2</sup>. *Tensión de rotura por flexión*:  $\sigma_f = 800-1078$  kg/cm<sup>2</sup>.

Valor práctico del poder calorífico inferior de la leña: 4100 kcal/kg.

*Bulnesia Sarmientii* Lor. ex Griseb. Esta especie se llama vulgarmente Palo Santo y pertenece a la familia de las Zigoftiláceas. Habita en el Chaco, Formosa, Salta y en el norte de Santiago del Estero. Alcanza hasta 18 m de alto y 1 m de diámetro en el tronco. Su corteza es poco arrugada, de color gris-pardusco y más bien delgada. La albura es escasa y de color claro. El duramen es pardo-verdoso, y en corte longitudinal suele presentar fajas claras que alternan con otras más oscuras. El leño tiene un olor aromático que recuerda al del Palo sándalo. Esta fragancia se debe a una resina verde-oscuro parecida al guayaco.

La madera es compacta, muy resistente, durable, extraordi-

nariamente dura y muy pesada. Su peso específico relativo es  $\gamma = 1,233-1,281$  kg/dm<sup>3</sup>. (secada al aire).

Dureza:  $\odot D_m = 16,11$ ;  $\perp D_m = 14,43$ .

Ensayos de resistencia con madera secada al aire. *Carga específica de rotura por tracción*:  $K_t = 1010-1201$  kg/cm<sup>2</sup>. *Carga específica de rotura por compresión*:  $K_c = 818-868$  kg/cm<sup>2</sup>.

Valor práctico del poder calorífico inferior de la madera: 4000 kcal/kg.

Por su gran dureza, la madera es muy buena para bujes y cojinetes. Se presta bien para trabajos de torno, empleándose en la fabricación de copas, bastones, mates, jarras, cajas y diversos objetos de fantasía.

Según el doctor José Aranha, del Instituto de Investigaciones Tecnológicas de São Paulo, el contenido de resina del Palo Santo llega hasta el 14 %. Por destilación del leño se obtiene hasta 6 % de un aceite esencial cuyo olor aromático se parece al de la rosa, olor que resulta más fuerte bajo la acción del calor.

La esencia sirve en perfumería para reproducir la fragancia de la *rosa-té*, y se la ha usado para falsificar la esencia de rosa.

La leña de este árbol es un excelente combustible. Sin embargo sería un error quemar esta madera, debido a su precio elevado. Por la misma razón, no hay ventaja en utilizarla como material de construcción. Su verdadera importancia reside en las aplicaciones que encuentra en la industria química.

*Prosopis ruscifolia* Griseb. o Vinal, Algarrobo blanco e Ibo-pé-morotí. Arbol de las Leguminosas que habita en Santa Fe, Chaco, Formosa, Salta, Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero y Córdoba. Alcanza hasta 10 m de alto y 0,50 m de diámetro en el tronco. Este último es frecuentemente torcido y tiene una corteza pardo-oscuro, bastante rugosa y agrietada, de espesor variable. Está armado de espinas muy robustas que alcanzan hasta 22 cm de largo por 6-8 mm de diámetro en la base. La madera es de mucho duramen y de poca albura. Esta última es blanco-amarillenta, mientras que el duramen recién cortado tiene un color amarillo-canario. Poco a poco la madera se oscurece y adquiere una coloración parecida a la del Caldén. Su olor es agradable y recuerda al del cedro empleado para cajas de cigarrillos.

El fruto de este árbol es una legumbre que es muy apetecida por el ganado. Este al comerla propaga sus semillas indigestas a grandes distancias, produciendo así la difusión de la especie. Lo grave en esto es que la hacienda, al comer los frutos de Vinal adheridos al árbol se lastima mucho con las grandes espinas que tiene la planta. Por eso, el Vinal es una verdadera plaga para los campos de ganadería, y como se reproduce frecuentemente y crece con cierta rapidez, se ha tratado de aprovechar su leño en alguna forma.

La madera es más bien pesada. Secada al aire (13,9 % de humedad) dió un peso específico  $\gamma = 0,855-0,927 \text{ kg/dm}^3$ .

Para su dureza se obtuvieron los siguientes valores:  $\odot D_m = 6,73-8,60$ ; y  $\perp D_m = 4,10-5,17$ .

Ensayos de resistencia con madera secada al aire. *Carga específica de rotura por tracción*:  $K_t = 535-646 \text{ kg/cm}^2$ . *Carga específica de rotura por compresión*:  $K_c = 532-607 \text{ kg/cm}^2$ , en dirección de las fibras; y  $K_c = 254-274 \text{ kg/cm}^2$ , en sentido perpendicular a las mismas.

Valor práctico del poder calorífico inferior de la leña: 2850 kcal/kg.

Muy pocas son las aplicaciones que se conocen del Vinal. La aloja que se obtiene de las legumbres de este árbol se utiliza en tintorería. La leña seca de Vinal quema bien, pero mejor es gasificarla, como lo han demostrado los ensayos.

## Resultados de las pruebas

### I. EXPERIMENTOS CON «ASTRONIUM BALANSAE» (URUNDAY).

#### 1. Ensayos calorimétricos

##### a) Poderes caloríficos del leño:

	Superior	Inferior
Duramen.....	3372 kcal/kg	2963 kcal/kg
Albura.....	3597	3209
Corteza.....	2959	2579

Humedad absoluta de la madera al efectuar estos ensayos :  
19,55-20,55 %.

b) *Poder calorífico del gas pobre* :

Fecha del ensayo : 3 de noviembre de 1931.

Temperatura del local :  $t = 23^{\circ}5$  C.

Temperatura en el medidor de gas del calorímetro :

$$t_g = 21^{\circ}8 \text{ C.}$$

Temperatura de los gases de la combustión :  $t'_g = 23^{\circ}5$  C.

Estado barométrico :  $b = 754,5$  mm CHg.

Estado barométrico reducido a  $0^{\circ}$  :  $b_0 = 752$  mm CHg.

Presión relativa en el gasómetro del calorímetro :

$$u = 3 \text{ mm CA.}$$

La misma presión en columna mercurial :

$$U = 0,0735 u = 0,22 \text{ mm CHg.}$$

Tensión del vapor de agua a  $t^{\circ}$  :  $s = 22,18$  mm CHg.

Presión absoluta del gas seco :

$$p = b_0 + U - s = 730 \text{ mm CHg.}$$

Volumen de gas quemado :  $G = 15$  l.

Temperatura media del agua a la salida del calorímetro :

$$t_s = 24^{\circ}26 \text{ C.}$$

Temperatura media del agua a la entrada en el calorímetro :

$$t_e = 22^{\circ}22 \text{ C.}$$

$$t_s - t_e = 2^{\circ}04 \text{ C.}$$

Peso del agua de circulación :  $A = 7075$  g.

Poder calorífico superior :  $W_s = \frac{A(t_s - t_e)}{G} = 962,2 \text{ kcal/m}^3$ .

Peso del agua de combustión por litro de gas :  $c = 0$ . Por consiguiente :  $W_i = 962,2 \text{ kcal/m}^3$ .

Reducción de este poder calorífico al estado normal de gas seco de  $15^{\circ}$  C y una atmósfera (735,5 mm CHg) :

$$W_0 = W_i \frac{735,5}{P} \frac{273 + t_g}{273 + 15} = 992 \text{ kcal/m}^3.$$

## 2. *Ensayo de gasificación*

(Véase cuadro I)

Fecha del ensayo: 2 de noviembre de 1931.

El gasógeno fué encendido con la leña del ensayo a las 8 horas 30 minutos. Debido a la humedad del combustible no se obtuvo buen gas sino a las 14 horas. Un cuarto de hora más tarde entró en marcha el motor, que funcionó sin interrupción hasta las 18 horas 45 minutos.

El motor marchó, pues, durante cuatro horas y media.

Cantidad de leña introducida en el gasógeno: 350 kg.

Cantidad de madera carbonizada retirada del horno : 16,700 kg.

Consumo de combustible durante el ensayo :  $B = 333,30$  kg.

Período total de actividad del gasógeno: 10 horas 15 minutos.

Cantidad de combustible correspondiente al gas consumido en el motor :

$$333,3 \frac{4,50}{10,25} = 146,32 \text{ kg.}$$

Energía desarrollada por el motor durante el ensayo : 130,45 CV<sub>i</sub>h.

Consumo de combustible por caballo-hora indicado :

$$B_i = \frac{146,32}{130,45} = 1,12 \text{ kg.}$$

Consumo de combustible por caballo-hora efectivo :

$$\frac{B_i}{\eta_m} = \frac{1,12}{0,79} = 1,41.$$

(El rendimiento mecánico  $\eta_m$  del motor utilizado en el ensayo es igual a 0,79.)

Poder calorífico inferior de la madera con 20 % de humedad :

$$W_i = 3050 \text{ kcal/kg.}$$

Rendimiento económico de la instalación de gas pobre :

$$\eta_e = \frac{632}{1,12 \cdot 3050} = 0,185 = 18,5 \%$$

Cantidad de ceniza retirada del horno: 7,100 kg. Esto equivale al 2,1 % del peso del combustible.

Cantidad de alquitrán extraído del separador: 6,400 kg. equivalente al 1,92 % del peso del combustible.

*Combustión.* — La gasificación se realizó con gran dificultad, debido a la humedad de la madera. Al principio, el humo que escapaba por la chimenea era muy blanco, debido a la gran cantidad de vapor de agua que contenía. Más tarde, el humo tomó una coloración amarillenta. El gas pobre arde con una llama azul pálida.

### 3. *Composición del gas pobre*

Con el aparato de Orsat y las buretas de Hempel se obtuvo el siguiente resultado:

Anhídrido carbónico.....	7,4 %
Oxígeno .....	0,6
Oxido de carbono.....	20,9
Hidrocarburos no saturados .....	0,2
Hidrógeno .....	20,0
Metano .....	2,1
Nitrógeno.....	48,8
Total.....	100,0 %

### 4. *Análisis del gas de escape del motor*

Anhídrido carbónico.....	15,2 %
Oxígeno .....	2,4
Oxido de carbono.....	0,0

La ausencia de óxido de carbono en el gas de escape demuestra que la combustión dentro del cilindro fué buena.

### 5. *Análisis completo del alquitrán*

Agua.....	15,00 %
Acido acético.....	0,08
Aceites livianos (130° a 170°).....	0,00
Aceites medios (170° a 220°) fenólicos .....	1,00
Aceites pesados (220° a 270°) creosota .....	5,10
Aceites verdes (270° a 320°) antraceno .....	19,80
Residuos (pez).....	58,00
Pérdida.....	1,02
Total.....	100,00 %

*Densidades*

Del alquitrán a 15° C .....	1,200
De los aceites medios.....	1,000
De los aceites pesados.....	1,090
De los aceites verdes.....	1,120

6. *Análisis de la madera*

Humedad .....	12,00 %
Materias volátiles.....	57,00
Carbón fijo.....	28,50
Cenizas.....	2,50
Total .....	100,00 %

 II. EXPERIMENTOS CON «BUMELIA OBTUSIFOLIA»  
 (GUARANINÁ)
1. *Ensayos calorimétricos*a) *Poderes caloríficos del leño :*

	Superior	Inferior
Duramen.....	3877 kcal/kg	3496 kcal/kg
Albura.....	—	—
Corteza.....	3311	2953

Humedad que tenía la madera cuando se efectuaron estos ensayos: 24,53 %.

b) *Poder calorífico del gas pobre :*

Fecha del ensayo: 18 de noviembre de 1931.

Temperatura del local:  $t = 22^{\circ} \text{C}$ .

Temperatura en el medidor de gas del calorímetro:

$$t_g = 18,4^{\circ} \text{C}.$$

Temperatura de los gases de la combustión:  $t'_g = 21,2^{\circ} \text{C}$ .

Estado barométrico: 762 mm CHg.

Estado barométrico reducido a  $0^{\circ} \text{C}$ :  $b_0 = 759,27$  mm CHg.

Presión relativa en el gasómetro del calorímetro:

$$u = 3,5 \text{ mm CA.}$$

La misma presión en columna mercurial :

$$0,0735 u = U = 0,255 \text{ mm CHg.}$$

Tensión del vapor de agua a  $t^0$  :  $s = 19,66 \text{ mm CHg.}$

Presión absoluta del gas seco :

$$p = b_0 + U - s = 739,86 \text{ mm CHg.}$$

Volumen de gas quemado :  $G = 15l.$

Temperatura media del agua a la salida del calorímetro :

$$t_s = 21,83^\circ \text{ C.}$$

Temperatura media del agua a la entrada en el calorímetro :

$$t_e = 19,73.$$

$$t_s - t_e = 2,10^\circ \text{ C.}$$

Peso del agua de circulación :  $A = 8185 \text{ g.}$

Poder calorífico superior :  $W_s = \frac{A(t_s - t_e)}{G} = 1145,9 \text{ kcal/m}^3.$

Poder calorífico inferior :  $W_i = W_s - 600 \text{ c. (c = 0).}$

$$W_i = \sim 1145 \text{ kcal/m}^3.$$

Reducción de este poder calorífico al estado normal de gas seco de  $15^\circ \text{ C}$  y una atmósfera ( $735,5 \text{ mm CHg}$ ) de presión :

$$W_0 = W_i \frac{735,5}{P} \frac{273 + t_g}{273 + 15} = 1151 \text{ kcal/m}^3.$$

## 2. *Ensayo de gasificación*

(Véase cuadro II)

Fecha del ensayo : 17 de noviembre de 1931.

El horno recibió la primera carga de leña (100 kg) a las 8 horas. A las 8 horas 40 minutos recibió 100 kg más. Poco antes de las 10 horas el gasógeno producía gas combustible, y a las 10 horas exactas el motor entró en funcionamiento sin carga. Quince minutos después, el motor fué acoplado con la centrífuga. El horno se cargó nuevamente a las 10 horas con 50 kg de leña, y a las 12 horas 30 minutos con otra cantidad igual.

El motor funcionó sin interrupción hasta las 18 horas 38 minutos, y se detuvo espontáneamente por falta de gas.

El motor estuvo en actividad durante 8 horas 23 minutos.

Cantidad de leña introducida en el gasógeno: 300 kg.

Cantidad de madera carbonizada retirada del horno: 37,900 kg.

Consumo de combustible durante el ensayo:  $B = 262,100$  kg.

Período total de actividad del gasógeno: 10 horas 38 minutos.

Cantidad de combustible correspondiente al gas consumido en el motor:

$$262,1 \frac{8,63}{10,63} = 212,8 \text{ kg.}$$

Energía desarrollada por el motor durante el ensayo: 212,33 CV<sub>i</sub>h.

Consumo de combustible por CV<sub>i</sub>h:  $B_1 = \frac{212,8}{212,33} = 1,002$  kg.

Consumo de combustible por CV<sub>e</sub>h:  $\frac{B_1}{\eta_m} = \frac{1,002}{0,79} = 1,26$  kg.

Poder calorífico inferior de la madera:  $W = 3400$  kcal/kg.

Rendimiento económico de la instalación de gas pobre:

$$\eta_e = \frac{632}{1,002 \cdot 3400} = 0,185 = 18,5 \%$$

Cantidad de ceniza retirada del horno: 4,500 kg, o sea el 1,7 % del peso de la leña quemada durante el ensayo.

Cantidad de alquitrán retirado del separador: 4,300 kg, equivalente al 1,43 % del combustible introducido en el horno.

*Combustión.* — Esta se realizó con relativa facilidad, si se tiene en cuenta la humedad de la leña. El gas arde con llama débilmente azulada.

### 3. Composición del gas pobre

Anhídrido carbónico.....	9,0 %
Oxígeno .....	2,6
Oxido de carbono.....	18,0
Hidrocarburos no saturados.....	0,3
Hidrógeno .....	20,0
Metano .....	1,4
Nitrógeno.....	48,7
Total.....	100,0 %

4. *Análisis del gas de escape del motor*

Anhídrido carbónico.....	11,4 %
Oxígeno .....	8,3
Oxido de carbono.....	0,0

La falta de óxido de carbono en el gas de escape prueba que la combustión en el cilindro fué buena.

5. *Análisis completo del alquitrán*

Agua.....	21,40 %
Acido acético.....	0,25
Aceites livianos (130° a 170°).....	5,20
Aceites medios (170° a 220°) fenólicos .....	2,20
Aceites pesados (220° a 270°) creosota .....	6,00
Aceites verdes (270° a 320°) antraceno .....	18,40
Residuo (pez).....	42,95
Pérdida.....	3,00
Total.....	100,00 %

*Densidades*

Del alquitrán a 15° C .....	1,090
Aceites livianos.....	0,900
Aceites medios.....	0,950
Aceites verdes.....	1,120

6. *Análisis de la madera*

Humedad.....	13,8 %
Materias volátiles.....	52,8
Carbón fijo.....	29,9
Cenizas .....	3,5
Total.....	100,0 %

### III. EXPERIMENTOS CON « GLEDITSCHIA AMORPHOIDES » (ESPINA DE CORONA)

1. *Ensayos calorimétricos*a) *Poderes caloríficos del leño :*

	Superior	Inferior
Duramen.....	3658 kcal/kg	3224 kcal/kg
Albura.....	3519	3127
Corteza .....	3602	3245

Valores prácticos de los poderes caloríficos de la leña ensayada: superior 3550 kcal/kg; inferior 3150 kcal/kg.

b) *Poderes caloríficos del gas pobre* :

Fecha del ensayo : 21 de noviembre de 1931.

Temperatura del local :  $t = 20,5^{\circ}\text{C}$ .

Temperatura en el medidor de gas del calorímetro :

$$t_g = 18^{\circ}\text{C}.$$

Temperatura de los gases de la combustión :  $t'_g = 20,5^{\circ}\text{C}$ .

Estado barométrico : 769 mm CHg.

Estado barométrico reducido a  $0^{\circ}\text{C}$  :  $b_0 = 766,4$  mm CHg.

Presión relativa en el gasómetro del calorímetro :

$$u = 4 \text{ mm CA.}$$

La misma presión en columna mercurial :

$$0,0735 u = U = 0,29 \text{ mm CHg.}$$

Tensión del vapor de agua a  $t^{\circ}$  :  $s = 17,95$  mm CHg.

Presión absoluta del gas seco :

$$p = b_0 + U - s = 748,74 \text{ mm CHg.}$$

Volumen de gas quemado :  $G = 15l$ .

Temperatura media del agua a la salida del calorímetro :

$$t_s = 21,33^{\circ}\text{C}$$

Temperatura media del agua a la entrada en el calorímetro :

$$t_e = 19,45$$

$$t_s - t_e = 1,88^{\circ}\text{C}.$$

Peso del agua de circulación :  $A = 8490$  g.

Poder calorífico superior :  $W_s = \frac{A(t_s - t_e)}{G} = 1064,0 \text{ kcal/m}^3$ .

Peso del agua de combustión por litro de gas :  $c = 0,0$  g.

Calorías que corresponden al agua de combustión por litro de gas :  $600c = 0,0 \text{ kcal/m}^3$ .

Poder calorífico inferior :

$$W_i = W_s - 600c = \sim 1145 \text{ kcal/m}^3.$$

Reducción de este poder calorífico al estado normal de gas seco de 15° C y una atmósfera (735,5 mm CHg) de presión :

$$W_0 = W_i \frac{735,5}{P} \frac{273 + t_g}{273 + 15} = 1151 \text{ kcal/m}^3.$$

## 2. *Ensayo de gasificación*

(Véase cuadro III)

Fecha del ensayo : 20 de noviembre de 1931.

A las 8 horas 20 minutos se introdujo en el horno la primera carga de 100 kg de leña. A las 9 horas recibió el horno la segunda carga de 100 kg. El motor entró en funcionamiento a las 9 horas 42 minutos. Se detuvo espontáneamente por falta de buen gas, pero reanudó su marcha a las 10 horas 15 minutos y continuó su movimiento hasta las 17 horas 22 minutos. El motor se paró por falta de gas. A las 10 horas recibió una carga de 50 kg; y a las 11 horas 25 minutos, otra igual.

El motor funcionó durante 7 horas 7 minutos.

Cantidad de leña introducida en el gasógeno : 300 kg.

Cantidad de madera carbonizada retirada del horno : 52 kg.

Consumo de combustible durante el ensayo : 248 kg.

Período total de actividad del gasógeno : 9 horas 2 minutos.

Cantidad de combustible correspondiente al gas consumido en el motor :

$$248 \frac{7,11}{9,03} = 195,2 \text{ kg.}$$

Energía desarrollada por el motor durante el ensayo : 182,4 CV<sub>i</sub>h.

Consumo de combustible por CV<sub>i</sub>h :  $B_1 = \frac{195,2}{182,4} = 1,070 \text{ kg.}$

Consumo de combustible por CV<sub>e</sub>h :  $\frac{B_1}{\gamma_m} = \frac{1,070}{0,79} = 1,35 \text{ kg.}$

Poder calorífico inferior de la madera : 3150 kcal/kg.

Rendimiento económico de la instalación de gas pobre :

$$\eta_e = \frac{632}{1,070 \cdot 3150} = 0,187 = 18,7 \text{ \%}.$$

Cantidad de ceniza extraída del gasógeno: 2,740 kg. Esto equivale al 1,1 % del combustible quemado.

Cantidad de alquitrán extraído del separador: 5,1 kg que es equivalente al 1,7 % del peso de la leña introducida en el horno.

*Combustión* — La leña quemó bastante bien, a pesar de que tenía más humedad que la normal. La llama del gas es azulada y de color rojizo en la punta.

### 3. *Composición del gas pobre*

Anhídrido carbónico.....	12,4 %
Oxígeno .....	1,8
Oxido de carbono .....	17,5
Hidrocarburos no saturados .....	0,1
Hidrógeno .....	17,6
Metano .....	1,4
Nitrógeno.....	49,2
Total.....	<u>100,0 %</u>

### 4. *Análisis del gas de escape del motor*

Anhídrido carbónico.....	11,8 %
Oxígeno .....	0,8
Oxido de carbono.....	0,0

### 5. *Análisis completo del alquitrán*

Agua.....	20,00 %
Acido acético.....	0,10
Aceites livianos (130° a 170° C) .....	1,20
Aceites medios (170° a 220°) fenólicos.....	2,20
Aceites pesados (220° a 270°) creosota .....	8,30
Aceites verdes (270° a 320°) antraceno.....	19,00
Residuos (pez).....	45,20
Pérdida.....	4,00
Total.....	<u>100,00 %</u>

#### *Densidades*

Del alquitrán a 15° C .....	1,100
De los aceites livianos.....	0,910
De los aceites medios.....	0,930
De los aceites pesados.....	1,000
De los aceites verdes .....	1,090

6. *Análisis de la madera*

Humedad.....	10,80 %
Materias volátiles.....	58,30
Carbón fijo.....	28,00
Cenizas.....	2,90
Total.....	100,00 %

IV. EXPERIMENTOS CON « PELTOPHORUM DUBIUM »  
(IBIRÁ-PITÁ)1. *Ensayos calorimétricos*a) *Poderes caloríficos del leño :*

	Superior	Inferior
Duramen.....	3575 kcal/kg	3199 kcal/kg
Albura.....	3953	3563
Corteza.....	3646	3295

Valores prácticos de los poderes caloríficos de la madera :  
superior 3700 kcal/kg; inferior 3350 kcal/kg.

b) *Poder calorífico del gas pobre :*

Fecha del ensayo : 25 de noviembre de 1931.

Temperatura del local :  $t = 22,5^{\circ}\text{C}$ .

Temperatura en el medidor de gas del calorímetro :

$$t_g = 20^{\circ}\text{C}.$$

Temperatura de los gases de la combustión :  $t'_g = 22^{\circ}\text{C}$ .

Estado barométrico : 766,5 mm CHg.

Estado barométrico reducido a  $0^{\circ}\text{C}$  :  $b_0 = 763,7$  mm CHg.

Presión relativa en el gasómetro del calorímetro :

$$u = 6,5 \text{ mm CA.}$$

La misma presión en columna mercurial :

$$0,0735 u = U = 0,48 \text{ mm CHg.}$$

Tensión del vapor de agua a  $t^{\circ}$  :  $s = 20,27$  mm CHg.

Presión absoluta del gas seco :

$$p = b_0 + U - s = 743,91 \text{ mm CHg.}$$

Volumen del gas quemado :  $G = 15l$ .

Temperatura media del agua a la salida del calorímetro :

$$t_s = 23,07^\circ \text{C}.$$

Temperatura media del agua a la entrada en el calorímetro :

$$t_e = 20,37^\circ \text{C}$$

$$t_s - t_e = 2,70^\circ \text{C}.$$

Peso del agua de circulación :  $A = 6375 \text{ g}$ .

Poder calorífico superior :  $W_s = \frac{A(t_s - t_e)}{G} = 1064 \text{ kcal/m}^3$ .

Peso del agua de combustión por litro de gas :  $c = 0,0 \text{ g}$ .

Calorías que corresponden al agua de combustión por litro de gas :  $600 c = 0,0 \text{ kcal/m}^3$ .

Poder calorífico inferior :  $W_i = W_s - 600 c = \sim 1147 \text{ kcal/m}^3$ .

Reducción de este poder calorífico al estado normal de gas seco de  $15^\circ \text{C}$  y una atmósfera (735,5 mm CHg) de presión :

$$W_o = W_i \frac{735,5}{P} \cdot \frac{273 + t_g}{273 + 15} = 1157,3 \text{ kcal/m}^3.$$

## 2. Ensayo de gasificación

(Véase cuadro IV)

Fecha del ensayo : 24 de noviembre de 1931.

El gasógeno fué cargado con 100 kg de leña a las 8 horas 10 minutos. Cinco minutos más tarde recibió una nueva carga de 100 kg. El motor entró en funcionamiento a las 10 horas 23 minutos y marchó sin interrupción hasta las 18 horas 27 minutos. Se detuvo espontáneamente por falta de gas. A las 11 horas se volvió a cargar el horno con 100 kg de leña, y tres cuartos de hora más tarde se introdujeron 30 kg más. En total, el gasógeno fué cargado con 330 kg de leña.

El motor marchó durante 8 horas 4 minutos.

Cantidad de leña carbonizada que se retiró del gasógeno después del ensayo : 53,7 kg.

Consumo de leña durante el ensayo : 276,3 kg.

Período total de actividad del gasógeno : 10 horas, 17 minutos.

Cantidad de combustible quemado durante el período de funcionamiento del motor :

$$276,3 \frac{8,06}{10,26} = 217,05 \text{ kg.}$$

Energía que desarrolló el motor durante el ensayo : 200,58 CV<sub>ih</sub>.

$$\text{Consumo de combustible por CV}_{ih} : B_1 = \frac{217,05}{200,58} = 1,082 \text{ kg.}$$

$$\text{Consumo de leña por CV}_{eh} : \frac{B_1}{\eta_m} = \frac{1,082}{0,79} = 1,36 \text{ kg.}$$

Poder calorífico inferior de la leña ensayada : 3350 kcal/kg.

Rendimiento económico de la instalación de gas pobre :

$$\eta_e = \frac{632}{1,082 \cdot 3350} = 0,174 = 17,4 \text{ \%}.$$

Cantidad de ceniza extraída del gasógeno : 3,30 kg equivalentes al 1,2 % del peso de la leña quemada.

Cantidad de alquitrán extraído del separador : 3,340 kg, que representan el 1 % del peso de la leña introducida en el horno.

*Combustión.* — La producción de gas pobre fué tardía, debido a la humedad de la leña. El gas ardía con llama azulada y débilmente rojiza en la punta.

### 3. *Composición del gas pobre*

Anhídrido carbónico.....	9,6 %
Oxígeno.....	1,0
Oxido de carbono.....	21,4
Hidrocarburos no saturados.....	0,5
Hidrógeno.....	16,4
Metano.....	2,0
Nitrógeno.....	49,1
Total.....	100,0 %

### 4. *Análisis del gas de escape*

Anhídrido carbónico.....	13,8 %
Oxígeno.....	4,4
Oxido de carbono.....	0,0

5. *Análisis completo del alquitrán*

Agua.....	20,00 %
Acido acético.....	0,20
Aceites livianos (130° a 170°).....	1,40
Aceites medios (170° a 220°) fenólicos.....	2,10
Aceites pesados (220° a 270°) creosota .....	10,50
Aceites verdes (270° a 320°) antraceno .....	20,00
Residuo (pez).....	43,80
Pérdida.....	2,00
Total .....	100,00 %

*Densidades*

Del alquitrán a 15° C .....	1,070
Aceites livianos.....	0,910
Aceites medios.....	0,930
Aceites pesados.....	0,970
Aceites verdes.....	1,090

6. *Análisis de la madera*

Humedad .....	11,93 %
Materias volátiles.....	63,94
Carbón fijo.....	22,48
Cenizas .....	1,65
Total .....	100,00 %

V. EXPERIMENTOS CON « PATAGONULA AMERICANA »  
(GUAYAIBÍ)1. *Ensayos calorimétricos*a) *Poderes caloríficos del leño :*

	Superior	Inferior
Duramen .....	4042 kcal/kg	3654 kcal/kg
Albura.....	4042	3684
Corteza.....	3489	3134

Valores prácticos de los poderes caloríficos de la madera ensayada : superior, 4000 kcal/kg; inferior, 3650 kcal/kg.

b) *Poder calorífico del gas pobre :*

Fecha del ensayo : 28 de noviembre de 1931.

Temperatura del local :  $t = 25^{\circ}\text{C}$ .

Temperatura en el medidor de gas del calorímetro :

$$t_g = 22,2^{\circ}\text{C}.$$

Temperatura de los gases de la combustión :  $t'_g = 23,7^{\circ}\text{C}$ .

Estado barométrico : 763 mm CHg.

Estado barométrico reducido a  $0^{\circ}$  :  $b_o = 759,9$  mm CHg.

Presión relativa en el gasómetro del calorímetro :

$$u = 3 \text{ mm CA.}$$

La misma presión en columna mercurial :

$$0,0735 u = U = 0,22 \text{ mm CHg.}$$

Tensión del vapor de agua a  $t^{\circ}$  :  $s = 23,55$  mm CHg.

Presión absoluta del gas seco :

$$p = b_o + U - s = 736,57 \text{ mm CHg.}$$

Volumen de gas quemado : 15 l.

Temperatura media del agua a la salida del calorímetro :

$$t_s = 23,89^{\circ}\text{C}.$$

Temperatura media del agua a la entrada en el calorímetro :

$$t_e = 22,24.$$

$$t_s - t_e = 1,65^{\circ}\text{C}.$$

Peso del agua de circulación :  $A = 9865$  g.

Poder calorífico superior :  $W_s = \frac{A(t_s - t_e)}{G} = 1085 \text{ kcal/m}^3$ .

Peso del agua de combustión por litro de gas = 0,0 g.

Calorías que corresponden al agua de combustión por litro de gas :  $600 c = 0$ .

Poder calorífico inferior :  $W_i = W_s - 600 c = 1085 \text{ kcal/m}^3$ .

Reducción de este poder calorífico al estado normal de gas seco de  $15^{\circ}\text{C}$  y una atmósfera (735,5 mm CHg) de presión :

$$W_o = W_i \frac{735,5}{P} \cdot \frac{273 + t_g}{273 + 15} = 1113 \text{ kcal/kg.}$$

2. *Ensayo de gasificación*

(Véase cuadro V)

Fecha del ensayo : 27 de noviembre de 1931.

A las ocho horas recibió el gasógeno 100 kg de leña. A las 8 horas 25 minutos se cargaron otros 100 kg. Sólo a las 11 horas 45 minutos se consiguió poner en marcha el motor. Este último funcionó sin interrupción hasta las 18 horas 25 minutos y se detuvo espontáneamente por falta de gas. Dos cargas de 50 kg cada una se hicieron a las 12 horas y a las 12 horas 45 minutos.

En total, el horno recibió 300 kg de leña.

El motor marchó durante 6 horas 40 minutos.

Cantidad de leña carbonizada que se retiró del horno después del ensayo : 34,6 kg.

Consumo de leña durante el ensayo : 265,4 kg.

Período total de actividad del gasógeno : 10 horas 25 minutos.

Cantidad de combustible quemado durante la marcha del motor :

$$265,4 \frac{6,66}{10,41} = 169,78 \text{ kg.}$$

Energía que desarrolló el motor durante el ensayo : 164,34 CV<sub>i</sub>h.

$$\text{Consumo de combustible por CV}_i\text{h : } B_1 = \frac{169,78}{164,34} = 1,033 \text{ kg.}$$

$$\text{Consumo de combustible por CV}_e\text{h : } \frac{B_1}{r_m} = \frac{1,033}{0,79} = 1,28 \text{ kg.}$$

Poder calorífico inferior de la leña ensayada :  $W_i = 3650$  kcal/kg.

Rendimiento económico de la instalación de gas pobre :

$$r_e = \frac{632}{1,033 \cdot 3650} = 0,167 = 16,7 \text{ \%}$$

Cantidad de ceniza retirada del gasógeno después del ensayo : 3,400 kg. Este peso referido al de la leña quemada durante el período de funcionamiento del gasógeno da 1,2 %.

Cantidad de alquitrán extraído del separador : 2,620 kg, que

representa el 1 % del peso de combustible quemado durante el período de actividad del gasógeno.

*Combustión.* — La puesta en marcha del motor fué tardía, debido a la humedad de la leña y al tamaño más bien grande de las astillas. El gas arde con llama azul muy pálido.

### 3. *Composición del gas pobre*

Anhídrido carbónico.....	9,0 %
Oxígeno.....	0,4
Oxido de carbono.....	21,6
Hidrocarburos no saturados.....	0,6
Hidrógeno.....	19,0
Metano.....	2,1
Nitrógeno.....	47,3
Total.....	100,0 %

### 4. *Análisis del gas de escape del motor*

Anhídrido carbónico.....	12,2 %
Oxígeno.....	5,8
Oxido de carbono.....	0,0

### 5. *Análisis completo del alquitrán*

Agua.....	18,00 %
Acido acético.....	0,10
Aceites livianos (130° a 170°).....	1,00
Aceites medios (170° a 220°) fenólicos.....	2,00
Aceites pesados (220° a 270°) creosota.....	7,90
Aceites verdes (270° a 320°) antraceno.....	20,00
Residuo (pez).....	50,00
Pérdida.....	1,00
Total.....	100,00 %

#### *Densidades*

Del alquitrán.....	1,150
De los aceites livianos.....	0,930
De los aceites medios.....	0,990
De los aceites pesados.....	1,090
De los aceites verdes.....	1,110

6. *Análisis de la madera*

Humedad .....	14,76 %
Materias volátiles.....	61,75
Carbón fijo.....	21,58
Cenizas.....	1,91
Total .....	100,00 %

## VI. EXPERIMENTOS CON «PROSOPIS KUNTZEI» (ITÍN)

1. *Ensayos calorimétricos*a) *Poderes caloríficos del leño (con 16,02 % de humedad) :*

	Superior	Inferior
Duramen .....	3752 kcal/kg	3400 kcal/kg
Albura.....	4210	3822
Corteza.....	3510	3164

Valores prácticos de los poderes caloríficos superior e inferior de la madera : superior, 3950 kcal/kg; inferior 3600 kcal/kg.

b) *Poder calorífico del gas pobre :*

Fecha del ensayo : 14 de noviembre de 1931.

Temperatura del local :  $t = 20^{\circ} \text{C}$ .

Temperatura en el medidor de gas del calorímetro :  $t_g = 20^{\circ} \text{C}$ .

Temperatura de los gases de la combustión :  $t_g = 21^{\circ} \text{C}$ .

Estado barométrico :  $b = 751,5 \text{ mm CHg}$ .

Estado barométrico reducido a  $0^{\circ}$  :  $b_0 = 749 \text{ mm CHg}$ .

Presión relativa en el gasómetro del calorímetro :

$$u = 3 \text{ mm CA.}$$

Presión relativa en el mismo gasómetro en columna mercurial :

$$0,0735 u = U = 0,22 \text{ mm CHg.}$$

Tensión del vapor de agua a  $t^{\circ}$  :  $s = 17,94 \text{ mm CHg}$ .

Presión absoluta del gas seco :

$$p = b_0 + U - s = 731,28 \text{ mm CHg.}$$

Volumen de gas quemado :  $G = 15 \text{ l}$ .

Temperatura media del agua a la salida del calorímetro :

$$t_s = 21^{\circ}28 \text{ C.}$$

Temperatura media del agua a la entrada en el calorímetro :

$$t_e = 19^{\circ}69 \text{ C.}$$

$$t_s - t_e = 1^{\circ}95 \text{ C.}$$

Peso del agua de circulación :  $A = 10305 \text{ g.}$

Poder calorífico superior :  $W_s = \frac{A(t_s - t_e)}{G} = 1092,2 \text{ kcal/m}^3.$

Peso del agua de combustión por litro de gas :  $c = 0.$

Poder calorífico inferior :  $W_i = 1092,2 \text{ kcal/kg}$  (a la temperatura del ambiente).

Reducción de este poder calorífico al estado normal de gas seco de  $15^{\circ} \text{ C}$  y una atmósfera (735,5 mm de CHg) de presión :

$$W_o = W_i \frac{735,5}{p} \cdot \frac{273 + t_g}{273 + 15} = 1112 \text{ kcal/m}^3.$$

## 2. *Ensayo de gasificación*

(Véase cuadro VI)

Fecha del ensayo : 13 de noviembre de 1931.

Con el horno ya caliente se introdujo a las 8 horas 15 minutos la primera carga de 200 kg de leña. A las 9 horas 50 minutos ya había buen gas en el generador. El motor entró en funcionamiento a las 10 horas, y desde este instante marchó sin interrupción hasta las 15 horas 52 minutos. A esta hora se paró por falta de gas. A las 10 horas 30 minutos se introdujo en el horno una carga adicional de 50 kg de leña.

El gasógeno recibió en total 250 kg de leña.

El motor marchó durante 5 horas, 52 minutos.

Cantidad de leña carbonizada y carbonilla que se retiró del gasógeno : 42 kg.

Consumo de combustible durante el ensayo : 208 kg.

Período total de actividad del gasógeno : 7 horas, 37 minutos.

Cantidad de combustible correspondiente al gas consumido por el motor :

$$208 \frac{5,86}{7,61} = 160,1 \text{ kg.}$$

Energía desarrollada por el motor durante el ensayo: 147,92 CV<sub>i</sub>h.

Consumo de combustible por CV<sub>i</sub>h:  $B_1 = \frac{160,1}{147,92} = 1,08$  kg.

Consumo de combustible por CV<sub>e</sub>h:  $\frac{B_1}{\eta_m} = \frac{1,08}{0,79} = 1,36$  kg.

Poder calorífico inferior de la madera (valor práctico):

$$W_i = 3600 \text{ kcal/kg.}$$

Rendimiento económico de la instalación de gas pobre:

$$\eta_e = \frac{632}{B_1 W_i} = \frac{632}{1,08 \cdot 3600} = 0,162 = 16,2 \%$$

Cantidad de ceniza retirada del horno: 3,600 kg, equivalente al 1,7 % del peso de leña quemada durante el ensayo.

Cantidad de alquitrán extraído del separador: 1,400 kg.

Esto representa el 0,5 % del peso de combustible introducido en el gasógeno durante la prueba.

*Combustión.* — La producción de gas combustible fué tardía y la precedió la formación de un humo denso de color gris-amarillento. El gas pobre arde con llama de color celeste pálido.

### 3. Composición del gas pobre

Anhídrido carbónico.....	7,4 %
Oxígeno.....	0,6
Oxido de carbono.....	20,9
Hidrocarburos no saturados.....	0,2
Hidrógeno.....	20,0
Metano.....	2,1
Nitrógeno.....	48,8
Total.....	100,0 %

### 4. Análisis de los gases de escape del motor

Anhídrido carbónico.....	14,4 %
Oxígeno.....	3,8
Oxido de carbono.....	0,6

5. *Análisis completo del alquitrán*

Agua.....	14,00 %
Acido acético.....	0,10
Aceites livianos (130° a 170°).....	0,00
Aceites medios (170° a 220°) fenólicos.....	2,50
Aceites pesados (220° a 270°) creosota.....	7,20
Aceites verdes (270° a 320°) antraceno.....	20,20
Residuos (pez).....	55,00
Pérdida.....	1,00
Total.....	100,00 %

*Densidades*

Del alquitrán a 18° C.....	1,180
De los aceites medios.....	1,000
De los aceites pesados.....	1,090
De los aceites verdes.....	1,100

6. *Análisis de la madera*

Humedad.....	11,00 %
Materias volátiles.....	52,90
Carbón fijo.....	32,00
Cenizas.....	4,10
Total.....	100,00 %

VII. EXPERIMENTOS CON «SCHINOPSIS BALANSAE»  
(QUEBRACHO COLORADO CHAQUEÑO)1. *Ensayos calorimétricos*a) *Poderes caloríficos del leño :*

	Superior	Inferior
Duramen.....	4141 kcal/dm <sup>3</sup>	3783 kcal/dm <sup>3</sup>
Albura.....	4148	3763
Corteza.....	3110	2809

Valores prácticos de los poderes caloríficos de la madera :  
superior 4100 kcal/kg; inferior 3800 kcal/kg.

b) *Poder calorífico del gas pobre :*

Fecha del ensayo : 5 de diciembre de 1931.

Temperatura del local :  $t = 23,5^{\circ}\text{C}$ .

Temperatura en el medidor de gas del calorímetro :

$$t_g = 19,8^{\circ}\text{C}.$$

Temperatura de los gases de la combustión :  $t'_g = 23^{\circ}\text{C}$ .

Estado barométrico : 765 mm CHg.

Estado barométrico reducido a  $0^{\circ}$  :  $b_0 = 762,07$  mm CHg.

Presión relativa en el gasómetro del calorímetro :

$$u = 3,5 \text{ mm CA.}$$

La misma presión relativa en columna mercurial :

$$0,0735 u = U = 0,25 \text{ mm CHg.}$$

Tensión del vapor de agua a  $t^{\circ}$  :  $s = 21,03$  mm CHg.

Presión absoluta del gas seco :

$$p = b_0 + U - s = 741,29 \text{ mm CHg.}$$

Volumen de gas quemado :  $G = 15l$ .

Temperatura media del agua a la salida del calorímetro :

$$t_s = 23,22^{\circ}\text{C}.$$

Temperatura media del agua a la entrada en el calorímetro :

$$t_e = 21,63^{\circ}\text{C}.$$

$$t_s - t_e = 1,59^{\circ}\text{C}.$$

Peso del agua de circulación :  $A = 10710$  g.

Poder calorífico superior :  $W_s = \frac{A(t_s - t_e)}{G} = 1138,6 \text{ kcal/in}^3$ .

Peso del agua de combustión por litro de gas :  $c = 0$ .

Poder calorífico inferior :  $W_i = W_s - 600 c = \sim 1138 \text{ kcal/m}^3$ , a la temperatura del ambiente.

Reducción de este poder calorífico al estado normal de gas seco de  $15^{\circ}\text{C}$  y una atmósfera (735,5 mm CHg) de presión :

$$W_0 = W_i \frac{735,5}{p} \frac{273 + t_g}{273 + 15} = 1147 \text{ kcal/m}^3.$$

2. *Ensayo de gasificación*

(Véase cuadro VII)

Fecha del ensayo: 4 de diciembre de 1931.

El gasógeno, que a las 8 horas 15 minutos estaba suficientemente caliente, recibió a esta hora la primera carga de 100 kg de leña. Cuarenta minutos más tarde se lo cargó con otros 100 kg. La producción de gas combustible fué tardía, pues el motor sólo entró en funcionamiento a las 10 horas 45 minutos. Desde este instante marchó sin interrupción hasta las 18 horas 50 minutos y se detuvo espontáneamente por falta de gas. Durante el ensayo, el horno recibió dos nuevas cargas de leña, una a las 11 horas 20 minutos y la otra a las doce horas.

El gasógeno recibió en total 300 kg de leña.

Terminado el ensayo se retiraron del horno 47,5 kg de leña carbonizada. El consumo de leña durante el ensayo fué, pues, de 252,5 kg.

Período total de actividad del gasógeno: 10 horas 35 minutos.

Período de funcionamiento del motor: 8 horas 5 minutos.

Cantidad de combustible consumido durante el período de funcionamiento del motor:

$$252,5 \frac{8,08}{10,58} = 192,8 \text{ kg.}$$

Energía desarrollada por el motor durante la prueba: 199,3 CV<sub>ih</sub>.

$$\text{Consumo de leña por CV}_{ih}: B_i = \frac{192,8}{199,3} = 0,967 \text{ kg.}$$

$$\text{Consumo de leña por CV}_{eh}: \frac{B_i}{\eta_m} = \frac{0,967}{0,79} = 1,22 \text{ kg.}$$

Valor práctico del poder calorífico inferior de la madera:

$$W_i = 3800 \text{ kcal/kg.}$$

Rendimiento económico de la instalación del gas pobre:

$$\eta_e = \frac{632}{0,967 \cdot 3800} = 0,172 = 17,2 \text{ \%}.$$

Cantidad de ceniza retirada del horno: 5,3 kg. Esto equivale al 2,1 % del peso de leña quemada durante el ensayo.

Cantidad de alquitrán extraído del separador: 2,90 kg. Esto es igual al 1 % del peso de la leña introducida en el generador durante el ensayo.

*Combustión.* — Fué tardía la producción de gas combustible. La llama del gas es de color azul pálido.

### 3. Composición del gas pobre

Anhídrido carbónico.....	6,2 %
Oxígeno .....	2,6
Oxido de carbono .....	18,2
Hidrocarburos saturados.....	0,3
Hidrógeno .....	14,0
Metano .....	1,2
Nitrógeno.....	57,5
Total.....	100,0 %

### 4. Análisis de los gases de escape del motor

Anhídrido carbónico.....	12,2 %
Oxígeno .....	8,2
Oxido de carbono.....	0,0

### 5. Análisis completo del alquitrán

Agua .....	22,00 %
Acido acético.....	0,50
Aceites livianos (130° a 170°).....	3,00
Aceites medios (170° a 220°) fenólicos.....	3,00
Aceites pesados (220° a 270°) creosota.....	6,00
Aceites verdes (270° a 320°) antraceno.....	18,00
Residuo (pez).....	46,50
Pérdida.....	1,00
Total.....	100,00 %

#### Densidades

Del alquitrán a 15° C.....	1,100
De los aceites livianos.....	0,940
De los aceites medios.....	0,990
De los aceites pesados.....	1,080
De los aceites verdes.....	1,120

6. *Análisis de la madera*

Humedad.....	14,20 %
Materias volátiles.....	53,02
Carbón fijo.....	30,38
Cenizas.....	2,40
Total.....	100,00 %

VIII. EXPERIMENTOS CON «SCHINOPSIS LORENTZII»  
(QUEBRACHO COLORADO SANTIAGUENO)1. *Ensayos calorimétricos*a) *Poderes caloríficos del leño :*

	Superior	Inferior
Duramen .....	4294 kcal/kg	3933 kcal/kg
Albura.....	4117	3740
Corteza.....	3782	3421

Valores prácticos de los poderes caloríficos de la madera :  
superior : 4150 kcal/kg; inferior 3800 kcal/kg.

b) *Poder calorífico del gas pobre :*

Fecha del ensayo : 2 de diciembre de 1931.

Temperatura del local :  $t = 21,5^{\circ}\text{C}$ .

Temperatura en el medidor de gas del calorímetro :

$$t_g = 20^{\circ}\text{C}.$$

Temperatura de los gases de la combustión :  $t'_g = 23^{\circ}\text{C}$ .

Estado barométrico a  $t^{\circ}$  : 764 mm CHg.

Estado barométrico reducido a  $0^{\circ}$  :  $b_0 = 761,33$  mm CHg.

Presión relativa en el gasómetro del calorímetro :

$$u = 3,5 \text{ mm CA.}$$

La misma presión relativa en columna mercurial :

$$0,0735 u = U = 0,255 \text{ mm CHg.}$$

Tensión del vapor de agua a  $t^{\circ}$  :  $s = 19,08$  mm CHg.

Presión absoluta del gas seco :

$$p = b_0 + U - s = 742,50 \text{ mm CHg.}$$

Volumen de gas quemado : 15 l.

Temperatura media del agua a la salida del calorímetro :

$$t_s = 24,33^\circ \text{C.}$$

Temperatura media del agua a la entrada en el calorímetro :

$$t_e = 22,06^\circ \text{C.}$$

$$t_s - t_e = 2,27^\circ \text{C.}$$

Peso del agua de circulación : A = 7170 g.

Poder calorífico superior :  $W_s = 1085 \text{ kcal/m}^3$ .

Peso del agua de combustión por litro de gas : c = 0.

Poder calorífico inferior :  $W_i = W_s - 600 \text{ c} = 1085 \text{ kcal/m}^3$ .

Reducción de este poder calorífico al estado normal de gas seco de  $15^\circ \text{C}$  y una atmósfera (735,5 mm de CHg) de presión :

$$W_o = W_i \frac{735,5}{p} \cdot \frac{273 + t_g}{273 + 15} = 1092,5 \text{ kcal/m}^3.$$

## 2. *Ensayo de gasificación*

(Véase cuadro VIII)

Fecha del ensayo : 1° de diciembre de 1931.

Después de una calefacción del horno efectuada con viruta, se introdujeron a las 8 horas 30 minutos los primeros 100 kg de leña. Media hora más tarde se cargaron 100 kg más. A las 10 horas 40 minutos el gasógeno producía gas combustible y a las 10 horas 55 minutos, el motor entró a funcionar con carga. Desde este instante el motor marchó sin interrupción hasta las 18 horas 49 minutos, deteniéndose espontáneamente por falta de gas. A las 11 horas 10 minutos y 11 horas 30 minutos, se introdujeron en el gasógeno cargas de 50 kg de leña cada una.

Cantidad total de leña que recibió el horno : 300 kg.

Peso de leña carbonizada que fué retirada del gasógeno : 43,4 kg.

Peso de la leña quemada durante la prueba : 256,6 kg.

Período total de actividad del gasógeno : 10 horas, 19 minutos.

Período de funcionamiento del motor : 7 horas, 54 minutos.

Cantidad de leña consumida durante el período de funcionamiento del motor :

$$256,6 \frac{7,90}{10,31} = 196,5 \text{ kg.}$$

Energía desarrollada por el motor durante la prueba : 186,1 CV<sub>i</sub>h.

$$\text{Consumo de leña por CV}_i\text{h} : B_1 = \frac{196,5}{186,1} = 1,056 \text{ kg.}$$

$$\text{Consumo de leña por CV}_i\text{h} : \frac{B_1}{r_m} = \frac{1,056}{0,79} = 1,33 \text{ kg.}$$

Valor práctico del poder calorífico inferior de la leña ensayada : 3800 kcal/kg.

Rendimiento económico de la instalación para la producción de gas pobre :

$$r_e = \frac{632}{1,056 \cdot 3800} = 0,157 = 15,7 \text{ \%}.$$

Comparando este último número con el correspondiente a *Schinopsis Balansae*, que es el 17,2 % resulta que la leña de esta especie es más apta para la gasificación.

*Combustión.* — La producción de gas combustible fué tardía. El gas arde con llama azulada y ligeramente rojiza en la punta.

Cantidad de ceniza retirada del horno : 3,9 kg. Esto equivale al 1,5 % de la leña quemada durante el ensayo.

Cantidad de alquitrán extraído del separador : 280 kg. Relacionado este peso con el del combustible que se introdujo en el horno, representa 0,93 % del segundo.

### 3. *Composición del gas pobre*

Anhídrido carbónico.....	11,2 %
Oxígeno .....	1,2
Oxido de carbono .....	20,0
Hidrocarburos no saturados.....	0,1
Hidrógeno .....	19,0
Metano .....	1,3
Nitrógeno.....	47,2
Total.....	100,0 %

4. *Análisis de los gases de escape del motor*

Anhídrido carbónico.....	16,0 %
Oxígeno .....	3,0
Oxido de carbono.....	0,0

5. *Análisis completo del alquitrán*

Agua.....	21,00 %
Acido acético.....	0,30
Aceites livianos (130° a 170°).....	0,00
Aceites medios (170° a 220°) fenólicos.....	2,80
Aceites pesados (220° a 270°) creosota .....	8,20
Aceites verdes (270° a 320°) antraceno.....	24,30
Residuos (pez).....	41,40
Pérdida.....	2,00
Total.....	100,00 %

*Densidades*

De alquitrán a 18° C.....	1,100
De los aceites medios.....	0,990
De los aceites pesados .....	1,080
De los aceites verdes.....	1,110

6. *Análisis de la madera*

Humedad.....	11,00 %
Materias volátiles.....	50,93
Carbón fijo.....	34,49
Cenizas.....	3,58
Total.....	100,00 %

IX. EXPERIMENTOS CON «BULNESIA SARMIENTII»  
(PALO SANTO)1. *Ensayos calorimétricos*a) *Poderes caloríficos del leño :*

	Superior	Inferior
Duramen .....	4852 kcal/kg	4458 kcal/kg
Albura.....	4002	3641
Corteza.....	—	—

Valores prácticos de los poderes caloríficos de la madera : superior, 4400 kcal/kg ; inferior 4000 kcal/kg.

b) *Poder calorífico del gas pobre :*

Fecha del ensayo : 20 de diciembre de 1934.

Temperatura del local :  $t = 25^{\circ} \text{C}$ .

Temperatura en el medidor de gas del calorímetro :

$$t_g = 24,2^{\circ} \text{C}.$$

Temperatura de los gases de la combustión :  $t'_g = 26^{\circ} \text{C}$ .

Estado barométrico a  $t^{\circ}$  :  $b = 761 \text{ mm CHg}$ .

Estado barométrico reducido a  $0^{\circ}$  :  $b_0 = 751,9 \text{ mm CHg}$ .

Presión relativa en el gasómetro del calorímetro :

$$u = 3 \text{ mm CA}.$$

La misma presión relativa en columna mercurial :

$$U = 0,735 u = 0,22 \text{ mm CHg}.$$

Tensión del vapor de agua a  $t^{\circ}$  :  $s = 22^{\circ}45 \text{ mm CHg}$ .

Presión absoluta del gas seco :

$$p = b_0 + U - s = 738,46 \text{ mm CHg}.$$

Volumen del gas quemado :  $G = 15l$ .

Temperatura media del agua a la salida del calorímetro :

$$t_s = 25,1^{\circ} \text{C}.$$

Temperatura media del agua a la entrada en el calorímetro :

$$t_e = 24,4.$$

$$t_s - t_e = 0,7^{\circ} \text{C}.$$

Peso del agua de circulación :  $A = 19540 \text{ g}$ .

Poder calorífico superior :  $W_s = \frac{A(t_s - t_e)}{G} = 911,8 \text{ kcal/m}^3$ .

Peso del agua de combustión por litro de gas :  $c = 0, \ddagger$

Poder calorífico inferior :  $W_i = W_s - 600 c = 911,8 \text{ kcal/m}^3$ .

Reducción de este poder calorífico al estado normal de gas seco de  $15^{\circ} \text{C}$  y  $735,5 \text{ mm CHg}$  :

$$W_0 = W_i \frac{735,5}{p} \cdot \frac{273 + t_g}{273 + 15} = 937 \text{ kcal/m}^3.$$

## 2. Ensayo de gasificación

(Véase cuadro IX)

Fecha del ensayo : 13 de diciembre de 1934.

El horno recibió la primera carga de 150 kg de leña a las 8 horas. A las 9 horas 30 minutos comenzó el gasógeno a producir buen gas. Cinco minutos más tarde fué puesto en marcha el motor, que siguió funcionando sin interrupción hasta las 16 horas 18 minutos. Se detuvo espontáneamente por falta de gas. El gasógeno recibió además las siguientes cargas : a las 11 horas 15 minutos, 50 kg; a las 13 horas, 50 kg.

Cantidad de leña introducida en el horno durante todo el ensayo : 250 kg.

Peso de la leña carbonizada que fué retirada del gasógeno : 23 kg.

Peso de la leña quemada durante la prueba : 227 kg.

Período [total de actividad del gasógeno : 8 horas, 18 minutos.

Período de funcionamiento del motor : 6 [horas, 43 minutos.

Cantidad de leña consumida durante el funcionamiento del motor :

$$227 \frac{6,71}{8,30} = 181 \text{ kg.}$$

Energía desarrollada por el motor durante la prueba : 141,38 CV<sub>i</sub>h.

$$\text{Consumo de leña por CV}_i\text{h : } B_1 = \frac{181,00}{141,38} = 1,28 \text{ kg.}$$

$$\text{Consumo de leña por CV}_e\text{h : } \frac{B_1}{\eta_m} = \frac{1,28}{0,79} = 1,62 \text{ kg.}$$

Valor práctico del poder calorífico inferior de la leña ensayada : 4000 kcal/kg.

Rendimiento económico de la instalación para la producción de gas pobre :

$$\eta_e = \frac{632}{1,28 \cdot 4000} = \sim 0,123 = 12,3 \text{ \%}$$

Cantidad de ceniza retirada del horno : 4,200 kg. Esto representa el 1,7 % del peso de la leña quemada.

Cantidad de alquitrán extraído del separador : 8,920 kg, o sea, el 3,5 % del peso del combustible introducido en el gasógeno.

*Combustión.* — La gasificación de la leña se inició con dificultad. El gas arde con llâma celeste pâlida.

*Análisis del gas pobre con el aparato de Orsat.* — Captado el gas en el grifo especial del cilindro del motor, se obtuvieron los valores siguientes :

Anhídrido carbónico.....	13,6 %
Oxígeno .....	1,0
Oxido de carbono .....	10,6

*Análisis de los gases de escape del motor con el aparato de Orsat*

Anhídrido carbónico.....	12,4 %
Oxígeno .....	5,0
Oxido de carbono .....	0,0

## X. EXPERIMENTOS CON « PROSOPIS RUSCIFOLIA » (VINAL)

### 1. *Ensayos calorimétricos*

#### a) *Poderes caloríficos del leño :*

	Superior	Inferior
Duramen .....	3500 kcal/kg	3120 kcal/kg
Corteza.....	4094	3715
Albura.....	2987	2590

Valores prácticos de los poderes caloríficos : superior 3200 kcal/kg; inferior 2850 kcal/kg.

#### b) *Poder calorífico del gas pobre :*

Fecha del ensayo : 15 de diciembre de 1934.

Temperatura del local :  $t = 23,5^{\circ}\text{C}$ .

Temperatura en el medidor de gas del calorímetro :

$$t_g = 23^{\circ}\text{C}$$

Temperatura de los gases de la combustión :  $t'_g = 26^{\circ}\text{C}$ .

Estado barométrico a  $t^{\circ}$  :  $b = 777$  mm CHg.

Estado barométrico reducido a  $0^{\circ}\text{C}$  :  $b_0 = 768$  mm CHg.

Presión relativa en el gasómetro del calorímetro :

$$u = 4$$
 mm CA.

La misma presión relativa en columna mercurial :

$$0,0735 u = U = 0,0294 \text{ mm CHg.}$$

Tensión del vapor de agua a  $t^\circ$  :  $s = 22,18 \text{ mm CHg.}$

Presión absoluta del gas seco :

$$p = b_0 + U - s = 745,84 \text{ mm CHg.}$$

Volumen del gas quemado :  $15l.$

Temperatura media del agua a la salida del calorímetro :

$$t_s = 25,57^\circ \text{ C.}$$

Temperatura media del agua a la entrada en el calorímetro :

$$t_e = 24,70^\circ \text{ C}$$

$$t_s - t_e = 0,87^\circ \text{ C.}$$

Peso del agua de circulación :  $A = 18830 \text{ g.}$

Poder calorífico superior :  $W_s = \frac{A(t_s - t_e)}{G} = 1093,4 \text{ kcal/m}^3.$

Peso del agua de combustión por litro de gas :  $c = 0.$

Poder calorífico inferior :  $W_i = W_s - 600 c = 1093 \text{ kcal/m}^3.$

Reducción de este poder calorífico al estado normal de gas seco de  $15^\circ \text{ C}$  y  $735,5 \text{ mm CHg}$  :

$$W_0 = W_i \frac{735,5}{p} \cdot \frac{273 + t_g}{273 + 15} = 1107 \text{ kcal/m}^3.$$

## 2. Ensayo de gasificación

(Véase cuadro X)

Fecha del ensayo : 13 de noviembre de 1934.

El horno recibió la primera carga de  $100 \text{ kg}$  de leña a las 8 horas, 10 minutos. La producción de gas combustible comenzó a las 9 horas, 30 minutos. Cinco minutos más tarde el motor fué puesto en marcha y continuó funcionando sin interrupción hasta las 17 horas, 14 minutos. Se detuvo espontáneamente por falta de combustible en el horno. A las 9 horas, 35 minutos, a las 12 horas y a las 13 horas se efectuaron cargas de  $50 \text{ kg}$  de leña cada una.

Cantidad de leña introducida en el gasógeno durante el ensayo :  $250 \text{ kg.}$

Leña carbonizada retirada del horno después del ensayo : 37,1 kg.

Cantidad de leña consumida en el gasógeno durante el ensayo : 222,9 kg.

Período total de actividad del gasógeno : 9 horas, 4 minutos.

Período de funcionamiento del motor : 7 horas, 39 minutos.

Cantidad de leña consumida durante el funcionamiento del motor :

$$222,9 \frac{7,65}{9,06} = 188,2 \text{ kg.}$$

Energía desarrollada por el motor durante su funcionamiento : 167,63 CV<sub>i</sub>h.

$$\text{Consumo de leña por CV}_i\text{h : } B_i = \frac{188,2}{167,6} = \sim 1,12 \text{ kg.}$$

$$\text{Consumo de leña por CV}_e\text{h : } \frac{B_i}{\tau_m} = \frac{1,12}{0,79} = \sim 1,41 \text{ kg.}$$

Valor práctico del poder calorífico inferior del combustible ensayado :  $W_i = 2850 \text{ kcal/kg.}$

Rendimiento económico de la instalación de gas pobre :

$$\eta_e = \frac{632}{1,12 \cdot 2850} = 0,197 = 19,7 \text{ \%}.$$

Cantidad de ceniza retirada del horno : 5,780 kg, o sea, el 2,5 % del peso de la leña consumida en el ensayo.

Cantidad de alquitrán retirado del separador : 4,540 kg, equivalentes al 1,8 % del peso de la leña introducida en el gasógeno.

*Combustión.* — La gasificación se realizó con facilidad. El gas arde con llama celeste clara.

#### *Análisis del gas pobre con el aparato de Orsat*

Anhídrido carbónico.....	11,02 %
Oxígeno .....	1,69
Oxido de carbono.....	4,80

#### *Análisis del gas de escape del motor con el aparato de Orsat*

Anhídrido carbónico.....	13,2 %
Oxígeno .....	2,6
Oxido de carbono.....	0,0

### Conclusiones

Los resultados alcanzados en esta segunda serie de ensayos de gasificación, concuerdan con los que dieron los experimentos análogos que efectué en el año 1930, como puede verse en el cuadro XI. Los consumos específicos de leña en las pruebas de la segunda serie, están comprendidos entre 0,967 y 1,280 kg por caballo-hora indicado, mientras que los experimentos realizados en 1930 dieron 0,920-1560 kg/CV<sub>i</sub>h. Con respecto a los rendimientos económicos correspondientes a la primera serie, éstos fluctúan entre 11 % y 17,6 %, al paso que en la segunda serie se alcanzaron números que varían de 12,3 % a 19,7 %.

Los poderes caloríficos de los gases pobres en estos nuevos experimentos de gasificación, son también satisfactorios, pues, en general, exceden de 1000 kcal/m<sup>3</sup>. No deja de llamar la atención de que la leña de *Bulnesia Sarmientii* (Palo Santo) que es una de las más pesadas y que quema bien debido a la cantidad elevada de resina que contiene, sólo produce un rendimiento económico de 12,3 %. En cambio, otras maderas de menor peso específico, como la de *Bumelia obtusifolia* (Guaraniná), *Gleditschia amorphoides* (Espina de corona) y *Prosopis ruscifolia* (Vinal), dieron rendimientos económicos de 18,5 %, 18,7 % y 19,7 % respectivamente. Por suerte, la madera de Palo Santo es demasiado cara para emplearla como leña, y ella encuentra en la industria aplicaciones mucho mejores.

Todos los ensayos se realizaron con un motor de una potencia normal de  $N_e = 25$  CV, de suerte que, dada la pequeña potencia de esta máquina, los consumos específicos de leña y los rendimientos económicos de la instalación utilizada, han resultado satisfactorios. Con motores de mayor potencia se habrían conseguido valores tanto mejores cuanto más elevada fuese la potencia de la máquina.

Otros ensayos realizados en la Escuela Industrial con un motor de vapor compound, de condensación, de una potencia  $N_e = 200$  CV, que se hizo funcionar con vapor de 10 atmósferas de presión, recalentado a 300° C y con leñas de 12 especies diferen-

tes, dieron para la instalación de vapor rendimientos comprendidos entre 6,81 y 9 % (1). Si se hubiese utilizado un motor de vapor monocilíndrico de 25 CV solamente, los rendimientos económicos habrían sido inferiores a aquellos números.

Sobre la base de todas estas experimentaciones, se puede afirmar que, *a igualdad de potencia, el rendimiento económico de una instalación de gas pobre es doble del correspondiente a una instalación de vapor*. Por consiguiente, es preferible gasificar la madera a quemarla en hogares de calderas, pues con la gasificación se economiza combustible.

Para que las ventajas de la gasificación sean efectivas, hay que utilizar desechos de madera que no tengan que ser transportadas a grandes distancias. Estos desechos tienen que estar constituídos por trozos pequeños (cuanto más pequeños, mejor), para facilitar el funcionamiento del gasógeno y obtener en poco tiempo gas combustible. En países que no disponen de yacimientos petrolíferos y en los que se vigila cuidadosamente el consumo de los combustibles derivados del petróleo, se ha intensificado en los últimos tiempos la gasificación de desperdicios de madera para la producción de energía. Según Zischka (2) funcionan actualmente en Alemania, y con buen resultado, más de 7000 autobuses y autocamiones dotados de gasógenos de leña. La economía que se obtiene reemplazando la nafta por desperdicios de madera es tan importante, que en 10 meses queda amortizado el gasógeno con todos sus aparatos auxiliares, en esos vehículos. Estos pequeños gasógenos son de una disposición constructiva tal que permiten quemar totalmente el alquitrán que produce la gasificación. El gasógeno que se utilizó en los ensayos realizados en la Escuela Industrial de la Nación no tiene esa propiedad, de manera que si en dichas pruebas hubiese sido posible quemar también el alquitrán se habrían conseguido rendimientos económicos algo mejores.

Del conjunto de los resultados obtenidos en estas investiga-

(1) Véase E. LATZINA, *Gasificación de maderas argentinas para la producción de energía mediante motores de gas pobre*, en *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba*, tomo XXXI, 1931.

(2) A. ZISCHKA, *Wissenschaft bricht Monopole*, Leipzig, 1937.

ciones experimentales, se llega a las siguientes conclusiones :

1<sup>a</sup> Las 21 maderas ensayadas son todas aptas para la gasificación, unas más que otras;

2<sup>a</sup> De estas maderas, las de mayor rendimiento en energía, son las de *Prosopis nandubay*, *Schinopsis Balansae*, *Caesalpinia melanocarpa* y *Bumelia obtusifolia*, de las cuales la instalación consumió 920, 967, 980 y 1002 g/CVh respectivamente;

3<sup>a</sup> La leña de *Populus nigra* (Alamo), árbol de crecimiento rápido que abunda en las islas del Delta, acusa también un buen rendimiento en energía, pues, según el ensayo, 1230 g de este combustible son suficientes para desarrollar un caballo-hora.

4<sup>a</sup> La leña de *Prosopis ruscifolia* (Vinal), es decir, de ese árbol que, en el norte especialmente, es una verdadera plaga para la ganadería, se gasifica bien, pues 1120 g de la primera producen un caballo-hora;

5<sup>a</sup> Contrariamente a la creencia de que la leña de *Aspidosperma quebracho-blanco* (Quebracho blanco), es una de las más apropiadas para la gasificación, demostró el experimento que es la menos ventajosa de las que se ensayaron, pues de ella se requieren 1560 g por CVh;

6<sup>a</sup> El rendimiento económico de la instalación de gas pobre utilizada varió, según las maderas, entre 11 % y 19,7 %, correspondiendo el primer valor a *Prosopis algarroBILLA* (Caldén) y el segundo a *Prosopis ruscifolia* (Vinal);

7<sup>a</sup> Los rendimientos económicos de la instalación de vapor con las leñas de 12 especies arbóreas diferentes que se quemaron en la caldera, varían desde 6 a 9 %;

8<sup>a</sup> Los rendimientos máximos en alquitrán establecidos por la cantidad de este último recolectado en el separador especial de la instalación de gas pobre corresponden a *Tecoma ochracea* (Lapacho amarillo), *Bulnesia Sarmientii* (Palo Santo) y *Astronium urundeuva* (Urundel) con 36, 35,6 y 33,7 kg por tonelada de leña. El rendimiento mínimo se obtuvo con *Prosopis Kuntzei* (Itín), que sólo dió 5,60 kg por tonelada de leña.

Los resultados obtenidos no pueden considerarse como definitivos, pues todos los experimentos de gasificación deberían extenderse a períodos más largos que abarcasen varios días,

empleando leñas en perfecto estado de sequedad al aire y cortadas en trozos menudos, para lograr la obtención de gas inflamable en el menor tiempo posible.

#### UNIDADES EMPLEADAS

mm : milímetro.

cm : centímetro.

dm : decímetro.

m : metro.

cm<sup>2</sup> : centímetro cuadrado.

dm<sup>3</sup> : decímetro cúbico.

l : litro.

m<sup>3</sup> : metro cúbico.

g : gramo.

kg : kilogramo.

ton : tonelada.

kg/cm<sup>2</sup> : kilogramo por centímetro cuadrado.

kg/dm<sup>3</sup> : kilogramo por decímetro cúbico.

kg/ton : kilogramos por toneladas.

° C : grado centígrado.

cal : pequeña caloría o caloría-gramo.

kcal : kilocaloría o caloría grande (= 1000 cal).

kcal/kg : kilocaloría por kilogramo de combustible.

kcal/m<sup>3</sup> : kilocaloría por metro cúbico de gas.

CV : caballo-vapor.

CV<sub>i</sub> : caballo-vapor indicado.

CV<sub>e</sub> : caballo-vapor efectivo.

CVh : caballo-vapor-hora o simplemente caballo-hora.

CV<sub>i</sub>h : caballo-hora indicado.

CV<sub>e</sub>h : caballo-hora efectivo.

#### DESIGNACIONES

*b* : estado barométrico a la temperatura del ambiente.

*b*<sub>0</sub> : estado barométrico reducido a 0°.

*s* : tensión del vapor de agua a *t*<sup>o</sup>.

*u* : presión relativa en el gasómetro del calorímetro de Junkers.

*U* : presión relativa en el gasómetro del mismo calorímetro expresada en columna de mercurio.

- CA : columna de agua.
- CHg : columna de mercurio.
- $p_g$  : presión absoluta del gas seco relativa al calorímetro de Junkers.
- $\gamma$  : peso específico relativo.
- $t$  : temperatura del ambiente.
- $t_g$  : temperatura en el medidor de gas del calorímetro de Junkers.
- $t'_g$  : temperatura de los gases de la combustión en el mismo calorímetro.
- $t_s$  : temperatura media del agua de circulación a la salida del mismo calorímetro.
- $t_e$  : temperatura media del agua de circulación a la entrada en el mismo calorímetro.
- A : peso del agua de circulación en el calorímetro de Junkers.
- G : volumen de gas quemado en el mismo calorímetro.
- c : peso por litro de gas del agua de combustión producida en el mismo calorímetro.
- $W_s$  : poder calorífico superior.
- $W_i$  : poder calorífico inferior.
- $W_0$  : poder calorífico de un gas reducido al estado de sequedad, a la temperatura de  $15^\circ \text{C}$  y a la presión de 735,5 mm CHg.
- $N_e$  : potencia efectiva del motor de combustión interna utilizado en los ensayos.
- $\eta_m$  : rendimiento mecánico del motor de gas pobre.
- $\eta_e$  : rendimiento económico del conjunto de gasógeno y motor.
- B : consumo total de leña.
- $B_1$  : consumo de leña por caballo-hora indicado.
- D : dureza de la madera en unidades Brinell.
- $P_r$  : carga de rotura en los ensayos de flexión.
- $\sigma_r$  : tensión máxima del material correspondiente a  $P_r$ .
- $K_c$  : carga específica de rotura por compresión.
- $K_t$  : carga específica de rotura por tracción.
- $\odot$  : en sentido de las fibras.
- $\perp$  : en sentido normal a las fibras.

## BIBLIOGRAFIA

- BAUMANN, R. Y LANG, G., *Das Holz als Baustoff*, segunda edición, München, 1927.
- GRAMBERG, A., *Technische Messungen bei Maschinenuntersuchungen und zur Betriebskontrolle*, cuarta edición, Berlín, 1920.
- KOLLMANN, F., *Technologie des Holzes*, Berlín, 1936.
- LATZINA, E., *Gasificación de maderas argentinas para la producción de energía mediante motores de gas pobre*. Ensayos efectuados en el laboratorio de máquinas de la Escuela Industrial de la Nación « Otto Krause », Buenos Aires, 1931.
- *Poderes caloríficos de maderas argentinas*. Ensayos efectuados en el laboratorio de máquinas de la Escuela Industrial de la Nación, en *Boletín del Ministerio de Agricultura de la Nación*, tomo XXX, primera entrega, 1931.
- *Index de la Flora dendrológica argentina compilado para los investigadores de las propiedades físicas y aplicaciones industriales de nuestras maderas*, en *Publicación n° 3 de la Comisión honoraria de Reducciones de Indios*, Buenos Aires, 1935.
- *Sobre propiedades físicas de una madera poco conocida en la industria: la del Itín o Barba de tigre (« Prosopis Kuntzei » Harms)*. Experimentos efectuados por el autor en los laboratorios de máquinas y ensayo de materiales de la Escuela Industrial de la Nación « Otto Krause », en *Lilloa*, tomo primero, Buenos Aires, 1937.
- *Calorimetría de maderas pertenecientes a especies existentes en la provincia de Tucumán*. Ensayos efectuados por el autor en el laboratorio de máquinas de la Escuela Industrial de la Nación « Otto Krause », en *Lilloa*, tomo primero, Buenos Aires, 1937.
- *Index de la Flora dendrológica argentina, corregido y ampliado con datos relativos a las propiedades físicas de las maderas del país*, en *Lilloa*, tomo primero, Buenos Aires, 1937.
- LATZINA, F., *Diccionario geográfico argentino con ampliaciones enciclopédicas rioplatenses*, tercera edición.
- *Suplemento al diccionario geográfico argentino*, Buenos Aires, 1906.
- MONROY, F. A. V., *DAS HOLZ, Gemeinfaßliche Darstellung seiner Erzeugung, Gewinnung und Verwertung*, V. D. I. Verlag, 1929.
- ZISCHKA, A., *Wissenschaft bricht Monopole*, Leipzig, 1937.

## CALCULOS DE LA ENERGIA

(Cuadros I a X)

## CUADRO I

Combustible : Urunday (« Astronium Balansae » Engl.)

(2 de noviembre de 1931)

Hora	Número del diagrama	Area en cm <sup>2</sup>	Altura media en cm	Presión media indicada en kg/cm <sup>2</sup>	Número de revoluciones por minuto	Potencia indicada en caballos-vapor	Energía en caballos-horas
14 <sup>15</sup>							
14 <sup>30</sup>	1	6,40	0,977	4,885	293	32,88	8,22
14 <sup>45</sup>	2	4,80	0,738	3,690	295	25,03	6,25
15	3	5,20	0,812	4,060	297	27,73	6,93
15 <sup>15</sup>	4	5,10	0,790	3,950	296	26,89	6,72
15 <sup>30</sup>	5	5,60	0,875	4,375	296	29,75	7,43
15 <sup>45</sup>	6	5,00	0,787	3,935	296	26,75	6,68
16	7	5,40	0,850	4,250	296	28,93	7,23
16 <sup>15</sup>	8	5,10	0,803	4,015	297	27,39	6,84
16 <sup>30</sup>	9	5,30	0,834	4,170	295	28,29	7,07
16 <sup>45</sup>	10	5,80	0,913	4,565	295	30,93	7,73
17	11	5,50	0,866	4,330	297	29,57	7,39
17 <sup>15</sup>	12	6,00	0,944	4,720	297	32,24	8,06
17 <sup>30</sup>	13	5,50	0,870	4,350	297	29,71	7,42
17 <sup>45</sup>	14	5,60	0,881	4,405	297	30,05	7,51
18	15	5,30	0,834	4,670	296	28,38	7,09
18 <sup>15</sup>	16	5,30	0,828	4,140	296	28,18	7,04
18 <sup>30</sup>	17	5,30	0,825	4,125	294	27,99	6,99
18 <sup>45</sup>	18	6,00	0,937	4,685	292	31,43	7,85
							130,45



## CUADRO III

Combustible : Espina de corona (« Gleditschia amorphoides » (Griseb.) Taub.)  
(20 de noviembre de 1931)

Hora	Número del diagrama	Area en cm <sup>2</sup>	Altura media en cm	Presión media indicada en kg/cm <sup>2</sup>	Número de revoluciones por minuto	Potencia indicada en caballos-va por	Energía en caballos-horas
10 <sup>15</sup>							
10 <sup>30</sup>	1	5,86	0,901	4,505	292	30,25	7,56
10 <sup>45</sup>	2	5,75	0,891	4,455	295	30,22	7,55
11	3	4,86	0,747	3,735	296	25,42	6,35
11 <sup>15</sup>	4	5,33	0,820	4,100	296	27,91	6,97
11 <sup>30</sup>	5	5,00	0,775	3,875	298	26,55	6,63
11 <sup>45</sup>	6	5,36	0,831	4,155	296	28,28	7,07
12	7	5,33	0,820	4,100	296	27,91	6,97
12 <sup>15</sup>	8	4,66	0,722	3,610	292	24,24	6,04
12 <sup>30</sup>	9	4,86	0,753	3,765	294	25,45	6,36
12 <sup>45</sup>	10	4,70	0,734	3,670	294	24,81	6,20
13	11	5,16	0,800	4,000	295	27,14	6,78
13 <sup>15</sup>	12	4,95	0,761	3,805	296	25,90	6,47
13 <sup>30</sup>	13	4,70	0,728	3,640	295	24,69	6,17
13 <sup>45</sup>	14	5,06	0,784	3,920	294	26,50	6,62
14	15	5,16	0,800	4,000	293	26,95	6,73
14 <sup>15</sup>	16	5,13	0,795	3,975	294	26,87	6,71
14 <sup>30</sup>	17	5,06	0,784	3,920	292	26,32	6,58
14 <sup>45</sup>	18	4,43	0,692	3,460	293	23,31	5,82
15	19	4,70	0,728	3,640	294	24,61	6,15
15 <sup>15</sup>	20	4,82	0,747	3,735	292	25,08	6,27
15 <sup>30</sup>	21	5,40	0,838	4,190	292	28,14	7,03
15 <sup>45</sup>	22	4,83	0,748	3,740	293	25,20	6,30
16	23	4,67	0,729	3,645	291	24,39	6,09
16 <sup>15</sup>	24	4,90	0,759	3,795	291	25,39	6,34
16 <sup>30</sup>	25	5,10	0,791	3,955	290	26,36	6,59
16 <sup>45</sup>	26	4,45	0,690	3,450	292	23,17	5,79
17	27	4,90	0,759	3,795	290	25,31	6,32
17 <sup>15</sup>	28	4,80	0,728	3,640	286	23,94	5,98
17 <sup>22</sup>	—	—	—	—	—	—	—
							182,44

## CUADRO IV

Combustible: Ibirá-pitá (« *Peltophorum dubium* » (Spreng.) Taub.)

(24 de noviembre de 1931)

Hora	Número del diagrama	Area en cm <sup>2</sup>	Altura media en cm	Presión media indicada en kg/cm <sup>2</sup>	Número de revoluciones por minuto	Potencia indicada en caballos-vapor	Energía en caballos-horas
10 <sup>24</sup>							
10 <sup>33</sup>	1	6,13	0,950	4,750	290	31,68	3,69
10 <sup>45</sup>	2	5,20	0,806	4,030	288	26,69	6,67
11	3	4,83	0,748	3,740	287	24,68	6,17
11 <sup>15</sup>	4	5,20	0,806	4,030	288	26,69	6,67
11 <sup>33</sup>	5	5,00	0,775	3,875	292	25,33	6,33
11 <sup>45</sup>	6	5,10	0,790	3,950	290	26,34	6,58
12	7	4,76	0,738	3,690	291	24,69	6,17
12 <sup>15</sup>	8	4,83	0,748	3,740	292	25,11	6,27
12 <sup>30</sup>	9	4,47	0,693	3,465	292	23,27	5,81
12 <sup>45</sup>	10	4,83	0,748	3,740	292	25,11	6,27
13	11	4,93	0,764	3,820	291	25,56	6,39
13 <sup>15</sup>	12	5,36	0,831	4,155	291	27,20	6,80
13 <sup>33</sup>	13	5,23	0,818	4,090	292	27,46	6,86
13 <sup>45</sup>	14	4,83	0,748	3,740	292	25,11	6,27
14	15	5,20	0,806	4,030	292	27,06	6,76
14 <sup>15</sup>	16	4,93	0,764	3,820	290	25,47	6,36
14 <sup>30</sup>	17	4,96	0,763	3,815	287	25,18	6,29
14 <sup>45</sup>	18	5,00	0,775	3,875	290	25,84	6,46
15	19	5,00	0,775	3,875	288	25,66	6,41
15 <sup>15</sup>	20	4,80	0,744	3,720	290	24,81	6,20
15 <sup>30</sup>	21	4,62	0,716	3,580	288	23,71	5,92
15 <sup>45</sup>	22	5,10	0,790	3,950	292	26,52	6,63
16	23	5,13	0,795	3,975	293	26,78	6,69
16 <sup>15</sup>	24	5,15	0,792	3,960	293	26,68	6,67
16 <sup>30</sup>	25	4,46	0,686	3,430	292	23,03	5,75
16 <sup>45</sup>	26	4,83	0,748	3,740	292	25,11	6,27
17	27	4,70	0,723	3,615	290	24,11	6,02
17 <sup>15</sup>	28	4,70	0,723	3,615	290	24,11	6,02
17 <sup>33</sup>	29	4,73	0,733	3,665	291	24,52	6,13
17 <sup>45</sup>	30	4,36	0,676	3,380	293	22,77	5,69
18	31	4,76	0,732	3,660	292	24,58	6,14
18 <sup>15</sup>	32	4,66	0,716	3,580	286	23,54	5,88
18 <sup>22</sup>	33	2,90	0,449	2,245	224	11,56	1,34
							200,58

## CUADRO V

Combustible: Guayaibí (« Patagonula americana » L.)

(27 de noviembre de 1931)

Hora	Número del diagrama	Area en cm <sup>2</sup>	Altura media en cm	Presión media indicada en kg/cm <sup>2</sup>	Número de revoluciones por minuto	Potencia indicada en caballos-vapor	Energía en caballos-horas
11 <sup>15</sup>							
12	1	5,26	0,809	4,045	287	26,70	6,67
12 <sup>15</sup>	2	4,93	0,758	3,790	289	25,19	6,29
12 <sup>30</sup>	3	4,83	0,743	3,715	288	24,60	6,15
12 <sup>45</sup>	4	4,96	0,763	3,815	288	25,27	6,31
13	5	5,00	0,769	3,845	288	25,46	6,36
13 <sup>15</sup>	6	4,86	0,759	3,795	290	25,31	6,32
13 <sup>30</sup>	7	4,83	0,748	3,740	290	24,94	6,23
13 <sup>45</sup>	8	5,16	0,800	4,000	289	26,58	6,64
14	9	5,10	0,790	3,950	290	26,34	6,58
14 <sup>15</sup>	10	4,63	0,717	3,585	290	23,91	5,97
14 <sup>30</sup>	11	4,60	0,707	3,535	291	23,65	5,91
14 <sup>45</sup>	12	5,13	0,790	3,950	289	26,25	6,56
15	13	4,80	0,744	3,720	288	24,64	6,16
15 <sup>15</sup>	14	4,73	0,733	3,665	288	24,27	6,06
15 <sup>30</sup>	15	4,96	0,769	3,845	289	25,55	6,38
15 <sup>45</sup>	16	5,00	0,775	3,875	289	25,75	6,43
16	17	4,86	0,753	3,765	289	25,02	6,25
16 <sup>15</sup>	18	4,40	0,677	3,385	288	22,42	5,60
16 <sup>30</sup>	19	4,86	0,753	3,765	291	25,19	6,29
16 <sup>45</sup>	20	5,20	0,806	4,030	290	26,88	6,72
17	21	4,80	0,738	3,690	290	24,61	6,15
17 <sup>15</sup>	22	4,66	0,722	3,610	289	23,99	5,99
17 <sup>30</sup>	23	4,66	0,722	3,610	289	23,99	5,99
17 <sup>45</sup>	24	4,93	0,764	3,820	291	25,56	6,39
18	25	5,16	0,803	4,015	292	26,96	6,74
18 <sup>15</sup>	26	4,43	0,686	3,430	288	22,72	5,68
18 <sup>30</sup>	27	4,86	0,753	3,765	240	18,28	1,52
							164,34

**CUADRO VI**  
**Combustible : Itfn (« Prosopis Kuntzei » Harms)**  
 (13 de noviembre de 1931)

Hora	Número del diagrama	Area en cm <sup>2</sup>	Altura media en cm	Presión media indicada en kg/cm <sup>2</sup>	Número de revoluciones por minuto	Potencia indicada en caballos-vapor	Energía en caballos-horas
10 <sup>15</sup>							
10 <sup>30</sup>	1	7,50	1,153	5,765	296	39,21	9,80
10 <sup>45</sup>	2	5,50	0,852	4,260	296	29,00	7,25
11	3	6,00	0,937	4,685	296	31,86	7,96
11 <sup>15</sup>	4	5,90	0,914	4,570	296	31,11	7,77
11 <sup>30</sup>	5	5,60	0,868	4,340	296	29,54	7,38
11 <sup>45</sup>	6	5,00	0,775	3,875	295	26,25	6,56
12	7	5,10	0,790	3,950	296	26,89	6,72
12 <sup>15</sup>	8	4,50	0,697	3,485	296	23,69	5,92
12 <sup>30</sup>	9	5,10	0,790	3,950	296	26,89	6,72
12 <sup>45</sup>	10	5,10	0,790	3,950	296	26,89	6,72
13	11	4,80	0,744	3,720	295	25,24	6,31
13 <sup>15</sup>	12	4,60	0,713	3,565	295	24,15	6,03
13 <sup>30</sup>	13	5,30	0,821	4,105	294	27,72	6,93
13 <sup>45</sup>	14	5,00	0,775	3,875	294	26,16	6,54
14	15	5,30	0,828	4,140	294	27,99	6,99
14 <sup>15</sup>	16	4,50	0,703	3,515	295	23,81	5,95
14 <sup>30</sup>	17	5,25	0,820	4,100	296	27,91	6,97
14 <sup>45</sup>	18	5,00	0,775	3,875	295	26,25	6,56
15	19	5,05	0,789	3,945	294	26,64	6,66
15 <sup>15</sup>	20	4,70	0,728	3,640	285	23,86	5,96
15 <sup>30</sup>	21	4,10	0,640	3,200	280	20,59	5,14
15 <sup>45</sup>	22	4,40	0,681	3,405	260	20,33	5,08
15 <sup>52</sup>	—	—	—	—	—	—	—
							147,92

## CUADRO VII

Combustible: Quebracho colorado chaqueño (< Schinopsis Balansae > Engl.)  
(4 de diciembre de 1931)

Hora	Número del diagrama	Area en cm <sup>2</sup>	Altura media en cm	Presión media indicada en kg/cm <sup>2</sup>	Número de revoluciones por minuto	Potencia indicada en caballos-vapor	Energía en caballos-horas
10 <sup>15</sup>							
11	1	5,33	0,820	4,100	288	27,15	6,78
11 <sup>15</sup>	2	5,13	0,794	3,970	292	26,66	6,66
11 <sup>30</sup>	3	5,13	0,801	4,005	289	26,62	6,65
11 <sup>45</sup>	4	4,75	0,736	3,680	286	24,20	6,05
12	5	4,83	0,754	3,770	286	24,80	6,20
12 <sup>15</sup>	6	4,82	0,752	3,760	285	24,64	6,16
12 <sup>30</sup>	7	4,92	0,762	3,810	288	25,23	6,30
12 <sup>45</sup>	8	5,00	0,774	3,870	290	25,81	6,45
13	9	5,00	0,774	3,870	293	26,07	6,51
13 <sup>15</sup>	10	4,77	0,738	3,690	289	24,52	6,13
13 <sup>30</sup>	11	5,00	0,774	3,870	288	25,63	6,40
13 <sup>45</sup>	12	5,05	0,776	3,880	291	25,96	6,49
14	13	4,80	0,744	3,720	290	24,81	6,20
14 <sup>15</sup>	14	5,00	0,774	3,870	290	25,81	6,45
14 <sup>30</sup>	15	5,00	0,774	3,870	288	25,63	6,40
14 <sup>45</sup>	16	4,70	0,728	3,640	288	24,11	6,02
15	17	5,00	0,774	3,870	288	25,63	6,40
15 <sup>15</sup>	18	4,67	0,718	3,590	288	23,78	5,94
15 <sup>30</sup>	19	4,75	0,730	3,650	288	24,17	6,04
15 <sup>45</sup>	20	5,05	0,782	3,910	287	25,80	6,45
16	21	4,75	0,736	3,680	288	24,37	6,09
16 <sup>15</sup>	22	5,07	0,786	3,930	288	26,03	6,50
16 <sup>30</sup>	23	5,00	0,768	3,840	289	25,52	6,38
16 <sup>45</sup>	24	4,87	0,754	3,770	287	24,88	6,22
17	25	4,60	0,712	3,560	286	23,41	5,85
17 <sup>15</sup>	26	4,80	0,744	3,720	286	24,47	6,11
17 <sup>30</sup>	27	4,92	0,756	3,780	287	24,95	6,23
17 <sup>45</sup>	28	4,80	0,744	3,720	287	24,55	6,13
18	29	4,62	0,716	3,580	289	23,79	5,94
18 <sup>15</sup>	30	4,93	0,758	3,790	286	24,93	6,23
18 <sup>30</sup>	31	4,85	0,750	3,750	287	24,75	6,18
18 <sup>45</sup>	32	3,87	0,600	3,000	278	19,18	4,79
18 <sup>50</sup>	—	—	—	—	—	—	—
							199,33

## CUADRO VIII

Combustible : Quebracho colorado santiagués  
 (« *Schinopsis Lorentzii* » (Griseb.) Engl.)

(1º de diciembre de 1931)

Hora	Número del diagrama	Area en cm <sup>2</sup>	Altura media en cm	Presión media indicada en kg/cm <sup>2</sup>	Número de revoluciones por minuto	Potencia indicada en caballos-vapor	Energía en caballos-horas
11							
11 <sup>15</sup>	1	5,16	0,792	3,960	288	26,23	6,55
11 <sup>30</sup>	2	4,86	0,746	3,730	288	24,70	6,17
11 <sup>45</sup>	3	4,75	0,736	3,680	290	24,54	6,13
12	4	4,47	0,686	3,430	290	22,87	5,71
12 <sup>15</sup>	5	4,73	0,726	3,630	290	24,21	6,05
12 <sup>30</sup>	6	5,00	0,780	3,900	289	25,92	6,48
12 <sup>45</sup>	7	4,76	0,742	3,710	289	24,66	6,16
13	8	4,80	0,750	3,750	289	24,32	6,08
13 <sup>15</sup>	9	4,66	0,722	3,610	290	24,07	6,01
13 <sup>30</sup>	10	4,96	0,774	3,870	288	25,63	6,40
13 <sup>45</sup>	11	4,80	0,750	3,750	291	25,09	6,27
14	12	4,83	0,754	3,770	288	24,97	6,24
14 <sup>15</sup>	13	4,86	0,758	3,790	289	25,19	6,29
14 <sup>30</sup>	14	5,16	0,800	4,000	290	26,68	6,67
14 <sup>45</sup>	15	4,83	0,748	3,740	292	25,11	6,27
15	16	4,76	0,736	3,680	288	24,37	6,09
15 <sup>15</sup>	17	4,83	0,748	3,740	288	24,77	6,19
15 <sup>30</sup>	18	4,62	0,716	3,580	289	23,79	5,94
15 <sup>45</sup>	19	4,82	0,752	3,760	290	25,07	6,26
16	20	4,65	0,720	3,600	290	24,01	6,00
16 <sup>15</sup>	21	4,83	0,742	3,710	291	24,83	6,20
16 <sup>30</sup>	22	4,76	0,736	3,680	289	24,46	6,11
16 <sup>45</sup>	23	4,25	0,758	3,790	287	25,01	6,25
17	24	5,00	0,769	3,845	287	25,38	6,34
17 <sup>15</sup>	25	5,55	0,860	4,300	288	28,48	7,12
17 <sup>30</sup>	26	4,80	0,744	3,720	287	24,55	6,13
17 <sup>45</sup>	27	5,10	0,784	3,920	292	26,32	6,58
18	28	4,70	0,728	3,640	290	24,27	6,06
18 <sup>15</sup>	29	4,50	0,697	3,485	288	23,08	5,77
18 <sup>30</sup>	30	4,40	0,682	3,410	288	22,58	5,64
18 <sup>45</sup>	—	—	—	—	—	—	—

186,16

## CUADRO IX

Combustible : Palo Santo (« *Bulnesia Sarmientii* » Lor. ex Griseb.)

Hora	Número del diagrama	Area en cm <sup>2</sup>	Altura media en cm	Presión media indicada en kg/cm <sup>2</sup>	Número de revoluciones por minuto	Potencia indicada en caballos-vapor	Energía en caballos-horas
10	1	6,50	1,023	4,26	294	28,80	7,20
10 <sup>15</sup>	2	4,90	0,765	3,18	291	21,28	5,32
10 <sup>30</sup>	3	4,80	0,758	3,15	290	21,01	5,25
10 <sup>45</sup>	4	5,80	0,917	3,82	289	25,39	6,34
11	5	5,73	0,906	3,77	289	25,05	6,26
11 <sup>15</sup>	6	5,50	0,872	3,63	289	24,12	6,03
11 <sup>30</sup>	7	4,55	0,720	3,00	290	20,01	5,00
11 <sup>45</sup>	8	5,20	0,810	3,37	291	22,55	5,63
12	9	5,40	0,850	3,54	290	23,61	5,90
12 <sup>15</sup>	10	5,50	0,871	3,62	291	24,22	6,05
12 <sup>30</sup>	11	4,85	0,763	3,18	291	21,28	5,32
12 <sup>45</sup>	12	5,40	0,804	3,35	291	22,42	5,60
13	13	5,60	0,877	3,65	289	24,24	6,06
13 <sup>15</sup>	14	5,20	0,816	3,40	289	22,59	5,64
13 <sup>30</sup>	15	5,10	0,800	3,33	290	22,21	5,55
13 <sup>45</sup>	16	4,65	0,738	3,07	289	20,40	5,10
14	17	4,90	0,775	3,23	288	21,39	5,34
14 <sup>15</sup>	18	5,00	0,781	3,25	290	22,34	5,58
14 <sup>30</sup>	19	5,10	0,800	3,33	291	22,28	5,57
14 <sup>45</sup>	20	5,20	0,812	3,38	291	22,62	5,65
15	21	5,20	0,812	3,38	290	22,54	5,63
15 <sup>15</sup>	22	5,60	0,875	3,64	290	24,27	6,06
15 <sup>30</sup>	23	5,20	0,800	3,33	293	22,44	5,61
15 <sup>45</sup>	24	5,10	0,800	3,33	292	22,16	5,54
16	25	3,90	0,600	2,50	289	16,61	4,15
							141,38

## CUADRO X

Combustible : Vinal (« *Prosopis ruscifolia* » Griseb.)

Hora	Número del diagrama	Area en cm <sup>2</sup>	Altura media en cm	Presión media indicada en kg/cm <sup>2</sup>	Número de revoluciones por minuto	Potencia indicada en caballos-vapor	Energía en caballos-horas
9 <sup>15</sup>	1	5,7	0,890	3,708	290	24,73	6,18
10	2	5,4	0,857	3,570	289	23,72	5,93
10 <sup>15</sup>	3	5,3	0,841	3,504	288	23,21	5,80
10 <sup>30</sup>	4	5,3	0,828	3,450	289	22,93	5,73
10 <sup>45</sup>	5	5,2	0,825	3,437	288	22,76	5,69
11	6	5,2	0,825	3,437	292	23,08	5,77
11 <sup>15</sup>	7	5,3	0,841	3,504	292	23,53	5,88
11 <sup>30</sup>	8	5,2	0,825	3,437	290	22,92	5,73
11 <sup>45</sup>	9	5,2	0,825	3,437	294	23,24	5,81
12	10	5,3	0,841	3,504	291	23,45	5,86
12 <sup>15</sup>	11	5,3	0,834	3,475	290	23,17	5,79
12 <sup>30</sup>	12	5,6	0,888	3,700	292	24,84	6,21
12 <sup>45</sup>	13	5,1	0,809	3,370	290	22,47	5,61
13	14	5,4	0,850	3,544	291	23,71	5,92
13 <sup>15</sup>	15	4,90	0,777	3,237	292	21,73	5,43
13 <sup>30</sup>	16	4,70	0,746	3,108	293	20,94	5,23
13 <sup>45</sup>	17	5,20	0,818	3,408	293	22,96	5,74
14	18	5,30	0,828	3,450	292	23,17	5,79
14 <sup>15</sup>	19	4,60	0,730	3,041	290	20,28	5,07
14 <sup>30</sup>	20	4,90	0,777	3,237	293	21,81	5,45
14 <sup>45</sup>	21	4,80	0,755	3,145	292	21,12	5,28
15	22	4,70	0,740	3,083	292	20,70	5,17
15 <sup>15</sup>	23	4,60	0,724	3,016	292	20,25	5,06
15 <sup>30</sup>	24	4,70	0,746	3,108	292	20,83	5,20
15 <sup>45</sup>	25	4,90	0,771	3,212	292	21,57	5,39
16	26	5,00	0,787	3,279	292	22,02	5,50
16 <sup>15</sup>	27	4,90	0,771	3,212	292	21,57	5,39
16 <sup>30</sup>	28	4,70	0,740	3,083	292	20,70	5,17
16 <sup>45</sup>	29	5,20	0,818	3,408	291	22,80	5,70
17	30	4,70	0,740	3,083	291	20,63	5,15

167,63

## CUADRO XI

Consumos específicos de leña y rendimientos económicos del grupo gasógeno y motor de 25 CV empleado en los ensayos efectuados desde el año 1930 hasta la fecha.

Nombres botánicos y vulgares de las especies	B <sub>1</sub> kg	$\eta_r$ %	Alquitrán extraído del separador en kg/ton	W <sub>0</sub> kcal/m <sup>3</sup>
<i>Acacia cavenia</i> . Espinillo . . . . .	1,438	12,5	8,40	1024
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> . Quebracho blanco. . . . .	1,560	11,2	11,27	979
<i>Astronium Balansae</i> . Urunday-pichái. . . . .	1,120	18,5	18,28	992
<i>Astronium urundeuva</i> . Urundel. . . . .	1,220	15,2	33,77	893
<i>Bulnesia Sarmientii</i> . Palo Santo . . . . .	1,280	12,3	35,68	937
<i>Bumelia obtusifolia</i> . Guaraniná . . . . .	1,002	18,5	14,33	1151
<i>Caesalpinia melanocarpa</i> . Guayacán. . . . .	0,980	17,2	17,70	1062
<i>Gleditschia amorphoides</i> . Espina de corona . . . . .	1,070	18,7	17,00	1151
<i>Patagonula americana</i> . Guayaibí . . . . .	1,033	16,7	8,73	1113
<i>Peltophorum dubium</i> . Ibirá-pitá. . . . .	1,082	17,4	10,10	1157
<i>Piptadenia macrocarpa</i> . Curupay. . . . .	1,300	12,4	31,10	1059
<i>Populus nigra</i> . Álamo de Italia. . . . .	1,230	14,6	20,00	905
<i>Prosopis alba</i> . Algarrobo blanco. . . . .	1,109	15,2	13,33	1028
» <i>algarrobilla</i> . Caldén. . . . .	1,480	11,0	9,33	999
» <i>Kuntzei</i> . Itín . . . . .	1,080	16,2	5,60	1112
» <i>ñandubay</i> . Ñandubay. . . . .	0,920	17,6	13,33	1111
» <i>ruscifolia</i> . Vinal. . . . .	1,120	19,7	18,16	1107
<i>Salix Humboldtiana</i> . Sauce criollo . . . . .	1,450	14,6	20,30	915
<i>Schinopsis Balansae</i> . Quebracho colorado chaqueño. . . . .	0,967	17,2	9,66	1147
<i>Schinopsis Lorentzii</i> . Quebracho colorado santiagueño (primer ensayo). . . . .	1,135	13,5	1,33	1061
<i>Schinopsis Lorentzii</i> (segundo ensayo). . . . .	1,056	15,7	9,30	1092
<i>Tecoma ochracea</i> . Lapacho amarillo. . . . .	1,220	13,2	36,00	939

## CUADRO XII

## Composición de los gases pobres que se ensayaron

Nombres de las especies	H %	CO %	Metano %	Hidrocarburos pesados %	CO <sub>2</sub> %	O %	N %
<i>Acacia cavenia</i> .....	17,80	15,30	2,20	0,50	11,60	0,15	52,45
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	13,03	16,67	1,04	0,83	6,40	2,70	59,33
<i>Astronium Balansae</i> .....	20,00	20,90	2,10	0,20	7,40	0,60	48,80
<i>Astronium urundeuva</i> .....	13,20	13,40	2,00	0,20	13,80	1,00	56,40
<i>Bumelia obtusifolia</i> .....	20,00	18,00	1,40	0,30	9,00	2,60	48,70
<i>Caesalpinia melanocarpa</i> .....	17,20	18,30	1,60	0,30	13,20	0,20	49,20
<i>Gleditschia amorphoides</i> .....	17,60	17,50	1,40	0,10	12,40	1,80	49,20
<i>Patagonula americana</i> .....	19,00	21,60	2,10	0,60	9,00	0,40	47,30
<i>Peltophorum dubium</i> .....	16,40	21,40	2,00	0,50	9,60	1,00	49,10
<i>Piptadenia macrocarpa</i> .....	15,36	18,20	1,82	0,60	6,80	1,00	56,22
<i>Populus nigra</i> .....	17,44	9,40	2,27	0,20	15,80	0,80	54,09
<i>Prosopis alba</i> .....	14,20	20,40	1,90	0,60	7,20	1,20	54,50
» <i>algarrobilla</i> .....	14,80	13,80	3,20	0,30	10,30	0,90	56,70
» <i>Kuntzei</i> .....	20,00	20,90	2,10	0,20	7,40	0,60	48,80
» <i>ñandubay</i> .....	22,10	25,00	2,80	0,20	11,20	1,40	37,30
<i>Salix Humboldtiana</i> .....	18,20	10,00	2,30	0,20	9,30	1,70	58,30
<i>Schinopsis Balansae</i> .....	14,00	18,20	1,20	0,30	6,20	2,60	57,50
<i>Schinopsis Lorentzii</i> (primer ensayo).....	19,10	15,80	2,20	1,00	12,80	1,40	47,70
<i>Schinopsis Lorentzii</i> (segundo ensayo).....	19,00	20,00	1,30	0,10	11,20	1,20	47,20
<i>Tecoma ochracea</i> .....	12,00	14,60	3,00	0,20	13,60	0,40	56,20