

Tesis presentada por el Sr. Roberto Rodríguez L., para optar al Grado de Ingeniero en Minas.

R 6886

Bogotá, Abril de 1921

Entre los Examinadores:

Presidente,
Dr. Horacio Rodríguez

Examinador,
Dr. Carlos Cantner y de la C.

Examinador,
Dr. Antonio Villa C.

ESTATUTOS UNIVERSIDAD NACIONAL

"Art. 200 - El Presidente de Tesis, el Consejo de Jueces de Tesis y el Consejo Examinador NO serán responsables de las ideas emitidas por el Candidato."

Actúase.

[Signature]
Viceministro

6886



620.12
B67

PROLOGO

No ha sido mi ánimo presentar ante el H. C. Directivo un estudio lleno de complicadas y difíciles teorías, con la pretensión de que por ello pudiera darme el calificativo de matemático, ni tampoco la de reclamar el calificativo de originalidad, aunque ^{si} es el fruto del estudio cuidadoso hecho por mí de una materia no tratada antes entre nosotros. Presento únicamente una recopilación de las ideas por mí recogidas de diversas fuentes acerca del tratamiento de las maderas.

Las consideraciones que hago acerca del asunto en cuestión son ajenas a todo propósito de imposición científica pues no son el resultado de una experiencia personal suficiente.

Expongo el resultado de algunos ensayos para la determinación de los coeficientes de las maderas y el resultado de ellos, que aunque no tuvieran ninguna utilidad práctica, quedaría satisfecho con que estos sirviera de base para que alguna entidad como la E.N. de Minas, se proveyera de aparatos para que estos ensayos se hicieran de una manera más racional.

R. Botero Londoño

UNIVERSIDAD NACIONAL
Facultad de Minas
Zona de Medellín

Biblioteca



Comisión de Investigación y Docencia
División de Bibliotecas - Biblioteca Manuel Gaitán González

6996

MADERAS ECONOMICAS

La madera es uno de los materiales de construcción mas antiguos y su uso es de los mas extendidos debido a sus buenas condiciones y a su fácil adquisición. Son propiedades generales de las maderas:

1° Elasticidad, cualidad que la hace muy útil para resistir a los choques.

2° Higrométricas, lo que ocasiona variaciones en sus dimensiones, producidas por la humedad y la sequedad; ésta propiedad se utiliza en la Explotación de Minas, etc. X debido, a que la humedad aumenta las dimensiones de las maderas perpendicularmente a sus fibras, no teniendo influencia ninguna en el sentido de su longitud. Con la sequedad se disminuyen sus dimensiones transversales sin que la longitud cambie sensiblemente, pero aumenta su dureza y fragilidad.

De la naturaleza del suelo donde crecen los árboles depende la calidad de la madera: en terrenos secos, áridos y pedregosos resultan maderas mas duras que en terrenos cenagosos. En fin, las maderas adquieren mas dureza y son mas resistentes cuando crecen alejadas unas de otras.

Las causas principales que determinan la destrucción de las maderas son:

a) Alternativas de sequedad y humedad, es decir las intemperies atmosféricas. La madera sometida a la influencia simultanea del aire y de la humedad se descompone a la larga, transformándose en una materia oscura o negra llamada "humus" que viene a ser el resultado de una fermentación producida por las materias Nitrogenadas que la savia ha depositado en su tegido. Las maderas resinosas son las que mejor resisten a esta causa de destrucción.

b) Cuando la madera se calienta o se irrita por el contacto con ye-

so, mortero o cualquier otra causa, se produce una fermentación de la savia y atrae ciertos insectos que depositan sus huevos los cuales dan nacimiento a una multitud de ellos que se ocupan en taladrarla en todos sentidos la madera acabando por desagregarla enteramente y convertirla en polvo: tales son las hormigas blancas, los escolitos, las polillas, etc.

La preservación de las maderas es materia que interesa grandemente, tanto a los Ingenieros Civiles como a los de Minas; a los primeros se les presenta el problema en diversas formas: deben ver cómo se economizan en un gasto representado por el consumo de traviesas en las vías férreas y además estudiar la economía en el precio de los materiales en las construcciones. Entre nosotros que tenemos maderas que no son atacadas por los insectos y que resisten un buen número de años, parece que no tuviera mayor importancia el asunto; pero si se considera que una pieza cualquiera de una de esas maderas vale generalmente el doble que otra igual de madera común, cabe preguntarse: será económico preparar las maderas comunes para que llenen las condiciones de las maderas finas? -existiendo unas pocas clases de madera que pudieran llamarse invulnerables a las pestes animales, no llegará el momento en que estas se agoten?

A la primera pregunta responderemos con una exposición sucinta de los metodos empleados en la preparación, con cuadros que muestran el consumo de maderas en Medellin y con algunas consideraciones mas o menos acertadas sobre la facilidad de establecer una empresa que llene tal objeto. Las conclusiones deduzcalas quien se interese por el negocio, teniendo en cuenta que no es solo la duración de las piezas lo que debe considerarse sino también si es económica la preparación en vista del costo de los tratamientos. El gasto remoción de las piezas, debe también tenerse en cuenta.

Muchas substancias se han preconizado para la preparaci3n de las maderas, entre las cuales podemos citar: Borax, Bicloruro de Mercurio, Cloruro de Zinc, Sulfato de Zinc, Sulfato de cobre, Sulfato de hierro Acetrato de plomo, acetrato de hierro, Cloruro de Calcio y como mas moderna la creosota. La aplicaci3n de soluciones salinas tiene el siguiente fundamento: al penetrar por todos los conductos de la madera expulsan el aire y la savia de sus tejidos, convirtiendo las partes solubles en substancias insolubles, libres de fermentaci3n, y destruyendo al mismo tiempo las larvas de los insectos que pueda tener al mismo tiempo vuelven las maderas mas densas, mas compactas y mas duras.

El empleo de la creosota presenta los inconvenientes de su olor desagradable y persistente, lo mismo que el de la inflamabilidad; tambien resulta que a una temperatura alta la madera exuda la creosota.

La penetraci3n de la madera por soluciones salinas se hace de varias maneras: 1° Aprovechando el movimiento ascensional de la savia cuando el 3rbol no ha sido cortado, que en virtud de la fuerza de aspiraci3n propia a los vegetales, la eleva desde las raices del 3rbol hasta sus extremidades. Para ello se practica en la base del 3rbol una incisi3n al rededor de la cual se adapta un saco de tela impermeable que recibe de un receptor colocado mas alto y por medio de un tubo el liquido que se expandir3 por todo el 3rbol. Presenta 3ste sistema el inconveniente de la p3rdida de soluci3n, que se inyecta en todos los brazos y hojas que naturalmente no se han de necesitar.

2° Por presi3n, fundado en el desplazamiento y expuls3n de la savia y la filtraci3n de la soluci3n salina. Para efectuar la operaci3n, se adapta en la extremidad de la pieza, que se mantendr3 vertical, un saco de tela impermeable que contendr3 la soluci3n que se va a inyectar, la cual penetrar3 por toda la pieza hasta salir por

la parte inferior. La solución que sale se ensaya para ver si es la misma que se ha vertido. Debido a las soluciones de continuidad que habrá en las fibras de la madera la solución no se exparcirá de una manera completa por todas las partes para ello sería necesario que la pieza no estuviese aserrada y así no se hálga por las caras, ^y que quede totalmente empapada. Se puede utilizar también la presión de una columna de líquido, caso en el cual se atornilla a la pieza un tubo de 3 a 4 metros de largo por el que se vierte la solución siendo la presión del líquido suficiente para hacerlo penetrar.

3° Proceso al vacío. Este método de saturación consiste en introducir las piezas de madera en cilindros de lamina de hierro completamente cerrados; allí se hace llegar vapor de agua que expulsa el aire haciéndose el vacío, momento en que se abre una llave que deja penetrar la solución la cual penetrará en las piezas.

4° Este procedimiento consiste en colocar la madera en extensos depósitos de solución preservativa y dejarla para que absorba por sí misma.

A primera vista se comprende que este último procedimiento sería el que más adaptable a nuestras condiciones, por las razones siguientes:

a) Poco gasto de instalación, toda vez que ésta consistirá simplemente en un tanque, que podría hacerse de madera, construido en el mismo edificio de depósito.

b) Poco gasto en la mano de obra para la preservación, pues un solo obrero sería capaz de la movilización de las piezas.

c) Las maderas aserradas se preparan tan bien como las mismas sin aserrar, lo que es importante, porque siempre es costoso y dispendioso prepararlas piezas enteras (cuando habrá de quedar inutilizada cerca de la cuarta parte) para ponerlas en estado de servir en la confección de armaduras, de muebles o cualesquiera otras la-

bores de carpintería.

d) Las piezas para preparar podían ser cortadas en trozos o tablas adecuadas para la venta y para ser puestas en la obra, a tiempo de introducirlas en el tanque. El aserrio de las maderas será siempre más difícil cuando están inyectadas de la solución, que cuando no lo están.

Adoptando el sistema de preservación debemos estudiar ahora las condiciones de las diversas sales usadas para que el interesado deduzca cual es más conveniente.

Descartemos por el momento la creosota, por su elevado precio.

En realidad no se puede preconizar ninguna de las sustancias antes dichas, pues cada una tiene más o menos ventajas sobre las demás según el destino que se le ha de dar a la madera preparada. Por ejemplo para exposiciones húmedas se recomienda el procedimiento de "Barnettizing" que consiste en sumergir la madera en una solución de Cloruro de Zinc al 2%. Para situaciones comparativamente secas se aconseja el "Kyanizing" en el cual se empapa la madera con una solución de sublimado corrosivo (bicoloruro de mercurio) al 1%. Debe advertirse que el sublimado es muy deletéreo, es apto a la eflorescencia y el suso de la madera es así peligroso.

El Sulfato de Cobre también tiene su ventaja especial y es la de reducir el punto de inflamabilidad de la madera, lo cual es importante en las contrucciones, en caso de incendio. De esta propiedad goza también el Cloruro de Zinc.

Los precios más recientes de los reactivos empleados, puestos en Medellín son los siguientes:

Acetrato de hierro	\$ 0.30	el	Kilogramo
Cloruro de Zinc.	\$ 0.25	"	"
Sulfato ferroso.	\$ 0.10	"	"

Sulfato de cobre. \$ 0.24 el Kilogramo.

Bicloruro de Mercurio \$ 2.00 " "

Es de advertir que el precio de Bicloruro de Mercurio debe deducirse de la mitad, pues se emplea en solución de concentración inferior, en la mitad, a las anteriores. Las primeras se usan al 2% y la última al 1%.

Veamos ahora la comparación entre los precios de una pieza de madera fina y una de madera común preparada. Tomemos por caso un larguero de comino y uno de caraño. El primero vale hoy en nuestro mercado \$ 0.50 mas o menos y el segundo \$ 0.35 mas o menos.

Tratemos ^{con} Cloruro de Zinc. El gasto, por pié cúbico de madera, de sal seca es de 0.5 lbs. que vale según el dato anterior \$ 0.0625 o digamos \$ 0.06. Un larguero tiene estas dimensiones. 2"x4"x 3 $\frac{1}{2}$ varas que equivale a 0.634 de pié cúbico. Entonces si un pié gasta 0.5 lbs. o 0.634 gastará 0.3 lbs aproximadamente, lo que valdría \$0.018, podemos suponer que valga \$ 0.02; este valor agregado a \$ 0.35 costo inicial nos daría \$ 0.37. tomemos el caraño por ser madera muy usada entre nosotros y sería por consiguiente muy fácil encontrarla preparada. Hay otras maderas, como el marfil de magnificas condiciones de resistencia y todavía mas barata que el caraño, pues hoy vale un larguero \$ 0.30 y podría prepararse con buen éxito. (1)

(NOTA. Los precios de los reactivos fueron suministrados amablemente por D. Ernesto Vogt llegado recientemente de Suiza.)

Presentamos en seguida un cuadro de la vida aproximada de las maderas en las condiciones que existen, para las traviesas de ferro carriles.

(1) - Queda un margen muy amplio para tener en cuenta el precio de la mano de obra y la amortización del capital empleado en el montaje de la planta.

NOMBRE	Sin tratamiento años.	Con tratamiento años.
Long leaf pine	7	20
Douglas fir	6	15
Spruce	6	14
White pine	55	114
Helmsck	5	15
Red oak	4	20
Beech	4	20
Leagle	4	18
Loblolly pine	3	15

Este cuadro muestra el aumento de la vida de las maderas tratadas para EE.UU. Para las maderas muestras no podemos dar datos, pues no se encuentran, pero ocurre algo semejante.

Respecto a la resistencia de las maderas preparadas hice algunos ensayos que no dieron buen resultado pues no tenía modo de comparar exactamente. Así, si una pieza sin preparar se me rompe con 1 kilos sometida a la flexión, y otra preparada, con 1 kilos no sé si esa esa diferencia proviene de la preparación, de efectos de la pieza, o de poca exactitud en los aparatos de ensayo. No encuentro razón para que las piezas se debiliten por la preparación, naturalmente operando entre ciertos límites; por ejemplo cuando la solución de Cloruro de Zinc pasa del 3% la madera se vuelve quebradiza y disminuye su resistencia.

DENSIDAD DE ALGUNAS MADERAS

Infútil me parece hablar de la importancia de conocer la densidad de algunas de nuestras maderas, toda vez que con mucha frecuencia se están haciendo cálculos en que es necesario tener el dato; por tal motivo me preocupé del asunto y aunque son pocas las clases de maderas favorecidas asistimos al comienzo de lo que mas tarde ha-

brá de ser la industria de las maderas. Para ello tomé unas tablas de volumen conocido, 25 c.c. aproximadamente; hice escogencia de muestras sanas y secas (término muy relativo) y las sequé en estufas durante dos horas y a una temperatura que moderadamente hice subir a 70° C.

Luego se pesaron, e hicieron los cálculos del caso, dando el resultado final siguiente:

MADERAS	PESO EN GRAMOS	VOLUMEN EN CC/	DENSIDAD
Comino	14.682	23.750	0.618
Macana	25.227	22.954	1.099
Roble	20.928	23.514	0.890
Cedro	11.085	22.393	0.495
Sauce	9.163	25.035	0.366
Fresno	16.072	25.000	0.643
Pino	11.215	24.716	0.453
Cerezo	14.519	25.032	0.580
Canelo	15.573	25.698	0.606
Kimulá	14.686	24.947	0.587
Yolombó	14.586	25.000	0.583
Marfil	18.360	25.307	0.765
Chaquiro	10.198	23.771	0.429
Guano	20.257	25.000	0.583
Carasño	12.371	23,271	0.5316
Aguacatillo	14.126	24.652	0.573
Guacamaño	9.717	25.000	0.368
Palo-santo	11.607	24.231	0.479
Laurel colorado (indio-viejo)	10.997	24.546	0.448
Guacimo nogal	14.707	24.517	0.600

Los datos anteriores quedaban un poco dudosos debido a que no te-

nia modo de medir exactamente el volumen de las muestras; estas tenían la forma de prismas rectos cuyas aristas fueron medidas con una escala buena. Necesitaba entonces verificar los resultados y para ello emplee el método de la balanza hidrostática: como las muestras no se sumergían por sí en el agua toda vez que su densidad (menos 1/a macana) es menor, procedí de la manera siguiente:

Amarré a cada muestra, que llamaremos b, un cuerpo mas pesado S de tal densidad y masa que ambos cuerpos se sumerjieran en el agua. Sea W el peso del cuerpo b en el aire, Q el peso de ambos cuerpos en el aire, y q su peso combinado en el agua. Entonces $Q - q =$ peso de una masa de agua de igual volumen al de los dos cuerpos, y $Q - W =$ el peso del cuerpo amarrado, o lastre en el aire.

Sumergiendo el cuerpo S solo, se encuentra el peso R de agua, igual en volumen a S solo = pérdida de peso de S debida a la inmersión. Entonces para el peso A de agua, de volumen igual al del cuerpo liviano b o la pérdida de peso de b debida a la inmersión será $A = Q - q - R$; y la densidad o gravedad específica D, del cuerpo liviano b, será

$$D = \frac{W}{Q - q - R} = \frac{W}{A}$$

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Peso del cuerpo S en el aire, constante para todos los casos
= 52.033 gr.

Peso del cuerpo S en el agua, constante para todos los casos
= 46.450 gr.

Pérdida de peso del cuerpo S debido a la inmersión = R = 5.583 gr.

Muestras	V/ de W cuadro ant.	V/s de Q	V/s de q	V/s de R	V/s de A	V/s de D
Comino	14.682	66.715	37.750	5.583	23.382	0.627
Macana	25.227	77.260	48.395	5.583	23.282	1.085
Roble	20.928	72.961	43.890	5.583	23.488	0.895
Cedro	11.085	63.118	35.250	5.583	22.285	0.492

Sauce	9.163	61.196	30.340	5.583	25.373	0.361
Fresno	16.072	69.105	37.330	5.583	25.192	0.637
Pino	11.215	63.248	35.560	5.583	22.105	0.507
Cerezo	14.519	66.552	36.730	5.583	25.239	0.598
Canelo	15.573	67.606	36.700	5.583	25.323	0.614
Kimulá	14.686	66.719	36.790	5.583	24.346	0.603
Yolombo	14.586	66.619	36.550	5.583	24.486	0.595
Marfil	18.360	70.393	40.335	5.583	24.475	0.750
Chaquiro	10.198	62.331	34.350	5.583	22.298	0.457
Guamo	20.257	72.290	43.350	5.583	23.357	0.867
Carafío	12.371	64.404	35.550	5.583	23.271	0.5316
Aguacati- llo	14.126	66.159	36.900	5.583	23.676	0.592
Guacama- llo	9.717	61.749	31.180	5.583	24.986	0.388
Palosan- to	11.607	63.640	34.100	5.583	23.957	0.484
Laurel Colorado	10.997	63.030	33.650	5.583	23.797	0.462
Guácimo	14.707	66.740	38.150	5.583	23.007	0.639

La comparación de los resultados de este cuadro con los del anterior da idea clara de que los métodos empleados son bastante exactos y los resultados muy precisos. Las mayores diferencias que se notan son en el Pino $0.507 - 0.453 = 0.054$, Kimulá $0.603 - 0.587 = 0.016$, Guamo $0.867 - 0.810 = 0.057$, Guácimo Nogal $0.639 - 0.580 = 0.059$ Son debidas a que las muestras estaban poco pulidas en sus caras y por consiguiente su volumen medido de la manera indicada, queda poco aproximado.

En resumen, vista la poca diferencia que hay entre los resultados de los dos métodos y sabiendo que en el primero existe mayor posibilidad de error que en el segundo; me parece racional adoptar los resultados dados en el último cuadro. Aunque es de advertir que la madera no tiene siempre la misma densidad; los datos son mejor expresión de la verdad que lo que hasta ahora se ha tenido.

RESISTENCIA DE LAS MADERAS

La determinación de los coeficientes de las maderas es de importancia, pues su uso es muy frecuente en el cálculo de las construcciones. Desgraciadamente esos coeficientes tal como se determinan en la práctica son inexactos y mas entre nosotros en donde no hay aparatos apropiados para el efecto. Veamos algunas de las causas que alteran esos coeficientes:

La teoría ordinaria de la flexión envuelve multitud de hipótesis que es necesario admitir para no complicar demasiado las expresiones que dan las cantidades dichas.

En la madera tenemos un material que lejos de ser amorfo presenta cualidades no isotropicas, en el cual cambia completamente su resistencia según que se opere a través de las fibras o a lo largo de ellas. Son también causas de variación de la resistencia la edad del árbol, la localidad donde éste crece; el punto de donde se corta la pieza, del grado de sazónamiento, etc.

En los procedimientos seguidos para determinar la resistencia de las maderas, el tamaño de la muestra juega un importante papel. Las muestras pequeñas tales como las usadas en nuestros ensayos de flexión y de tensión, son trozos escogidos en los cuales se eliminan muchos defectos que encierran las piezas grandes usadas en las construcciones. Es necesario además operar dentro de los límites elásticos y estos límites son en la madera puntos bien difíciles de determinar, y poco conocidos.

En los ensayos que hice para la flexión era de observar que con la aplicación de cargas inferiores al módulo de ruptura y dejando obrar por un tiempo largo estas, la flecha aumentaba, de suerte que el tiempo durante el cual permanecen aplicadas las cargas influye en los resultados.

El módulo de elasticidad a la flexión es, de la manera determinada, simplemente un factor empírico pues ni siquiera se tiene en cuenta la deflexión que el esfuerzo de cizallas, desarrolla; además se debería usar para el ensaye una viga en la cual fuera muy larga la luz comparada con el espesor para poder aplicar las fórmulas que se usarían en el cálculo.

La dirección de las fibras de la madera con relación a la de la fuerza aplicada, tiene también una influencia decisiva en los resultados; la resistencia es mucho mayor a lo largo de las fibras que a través de ellas. No hay teoría utilizable que indique cómo se ha de obrar en caso de materiales que como la madera cambia de resistencia con la dirección de sus fibras, es decir con materiales no isotrópicos. En la práctica es imposible determinar si las fibras son paralelas a la dirección de la fuerza ^{o normales} o no; también es imposible calcular que ángulo existe entre esas dos direcciones y calcular la componente de la carga a lo largo, que es el dato que en realidad debe tenerse en cuenta para proporcionar las dimensiones de un miembro de una estructura. $\epsilon(1)$

De las consideraciones anteriores puede deducirse que es imposible calcular una pieza de madera tal como debe ser. En la práctica no se necesita tanta precisión y además se emplean para los cálculos coeficientes de seguridad muy altos. (hasta 10)

En todo caso es mejor conocer algunos datos que ningunos para tener siquiera una idea de como trabaja la madera a la flexión y a la tensión. Para eso hice los ensayos siguientes.

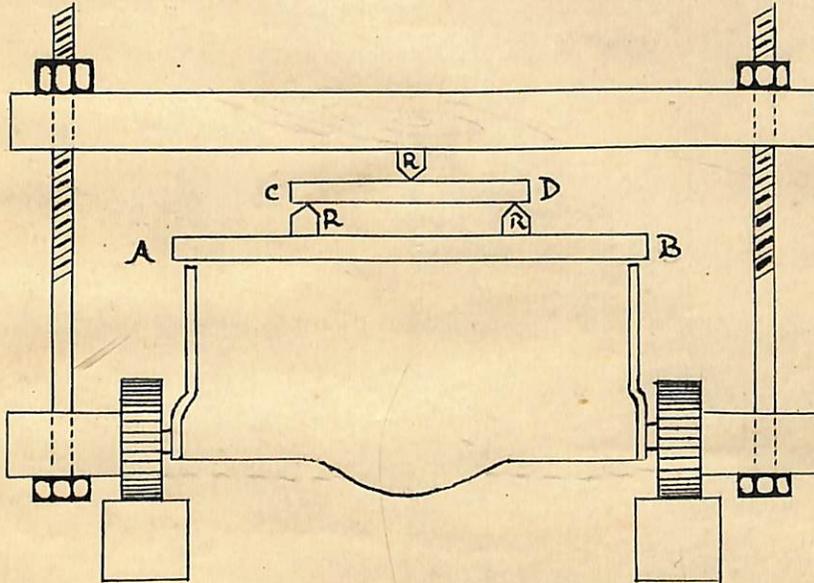
ENSAYE DE MADERAS A LA FLEXION

El objeto de este ensaye es computar el módulo de Ruptura y el módulo de elasticidad.

Las muestras usadas para el ensaye fueron varillas de forma prismática de 18 cm. de luz por 6.25 cm cuadrados de sección, generalmente

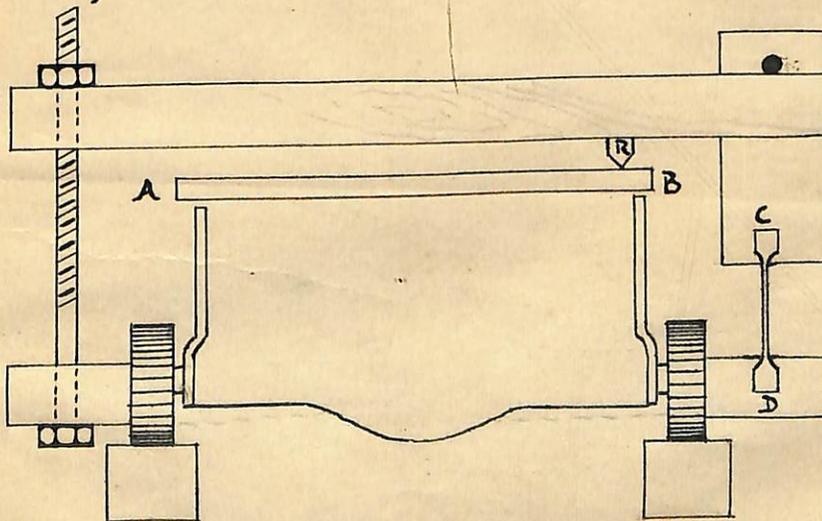
Aparato usado en los ensayos de flexión.

Escala = 1cm = 1.5 m.m.



AB - Mesa de la báscula
CD - Pieza sometida a la flexión
R-R-R - Pivotes de madera muy dura "Guayacán polvillo".

Aparato usado en los ensayos de tensión.



AB - Mesa de la báscula
CD - Pieza sometida a la tensión
R - Pivote de madera dura "Guayacán polvillo".

(algunas de ellas solo tienen 2.25 centímetros cuadrados); Esto debido a la poca capacidad del aparato que solo alcanzaba a 250 Kilos, que como se verá mas adelante fué insuficiente para romper ciertas maderas. La madera empleada era de buenas condiciones: seca, sazonada, etc.

El aparato empleado, ~~no~~ fué una báscula común con un aditamento muy sencillo. (Ver figura).

El modo de operar fué el siguiente: se colocaba la pieza sobre dos pivotes; por medio de los tornillos se ejercia sobre ella una fuerza que se registraba en la báscula. Las deflexiones se midieron para cada veinticinco libras, haciendo uso de una cuña que se introducía a medida que se aumentaba la carga. La cuña tenía forma rectangular y fué graduada de manera a obtener una aproximación de 0.2 m. m. -

(15)

Leurel blanco	11	2 x 2 x 20	Sana. Fibra normal.	$\frac{25}{0.2}$	$\frac{50}{0.4}$	$\frac{75}{0.7}$	$\frac{100}{1.00}$	$\frac{125}{1.5}$
id. id.	2	2 x 2 x 20	Id. id.	$\frac{15}{0.2}$	$\frac{50}{0.4}$	$\frac{75}{0.7}$	$\frac{100}{1.1}$	$\frac{125}{1.5}$
id. id.	3	2 x 2 x 20	Sana. Fibra no normal.	$\frac{25}{0.3}$	$\frac{50}{0.6}$	$\frac{75}{0.9}$	$\frac{100}{1.3}$	$\frac{125}{1.7}$
id. id.	4	2 x 2 x 20	Id. id.	$\frac{25}{0.3}$	$\frac{50}{0.6}$	$\frac{75}{0.9}$	$\frac{100}{1.3}$	$\frac{125}{1.7}$
Canelo	1	2 x 2 x 20	Nudos. Fibras a un ang. grado con la F.	$\frac{25}{0.2}$	$\frac{550}{0.5}$	$\frac{75}{0.8}$	$\frac{100}{1.2}$	$\frac{125}{1.6}$
id.	2	2 x 2 x 20	Sana. Id id.	$\frac{25}{0.2}$	$\frac{50}{0.6}$	$\frac{75}{1.1}$	$\frac{100}{1.5}$	
id.	3	2 x 2 x 20	id. id.	$\frac{25}{0.4}$	$\frac{50}{0.8}$	$\frac{75}{1.2}$	$\frac{100}{1.6}$	$\frac{125}{2.2}$
id.	4	2 x 2 x 20	Nudos. id.	$\frac{25}{0.2}$	$\frac{50}{0.5}$	$\frac{75}{1.1}$	$\frac{100}{1.5}$	$\frac{125}{2.00}$
Encenillo	1	2 x 2 x 20	Sana. Poco hilada	$\frac{25}{0.0}$	$\frac{50}{0.4}$	$\frac{75}{0.8}$	$\frac{100}{1.2}$	$\frac{125}{1.8}$
id.	2	2 x 2 x 20	Nudos. id. id.	$\frac{25}{0.2}$	$\frac{50}{0.6}$	$\frac{75}{1.00}$	$\frac{100}{1.5}$	$\frac{125}{1.00}$
id.	3	2 x 2 x 20	id. id.	$\frac{25}{0.0}$	$\frac{50}{0.2}$	$\frac{75}{0.7}$	$\frac{100}{1.2}$	$\frac{125}{2.2}$
id.	4	2 x 2 x 20	Sana. Id. id.	$\frac{25}{0.2}$	$\frac{50}{0.7}$	$\frac{75}{1.00}$	$\frac{100}{1.5}$	$\frac{125}{2.1}$
Comino de arriba	1	2 x 2 x 20	Sana. Fibra no normal	$\frac{25}{0.2}$	$\frac{50}{0.5}$	$\frac{75}{0.8}$	$\frac{100}{1.1}$	$\frac{125}{1.4}$
id. id.	2	2.4x1.4x20	id. id.	$\frac{10}{0.4}$	$\frac{20}{0.8}$	$\frac{30}{1.2}$	$\frac{40}{1.6}$	$\frac{50}{2.00}$
Comino de abajo.	1	1.4x1.4x20	Sana. Id. id.	$\frac{10}{0.8}$	$\frac{20}{1.4}$	$\frac{30}{2}$	$\frac{40}{3}$	
id. id.	2	1.4x1.4x20	id. id.	$\frac{10}{0.4}$	$\frac{20}{0.8}$	$\frac{30}{1.4}$	$\frac{40}{1.6}$	$\frac{50}{2.2}$
id. id.	3	1.4x1.4x20	id. id.	$\frac{10}{0.4}$	$\frac{20}{0.8}$	$\frac{30}{1}$	$\frac{40}{1.3}$	$\frac{50}{1.6}$
id. id.	4	1.4x1.4x20	id. id.	$\frac{10}{0.4}$	$\frac{20}{0.8}$	$\frac{30}{1.2}$	$\frac{40}{1.5}$	$\frac{50}{1.8}$
Roble	1	1.4x1.4x20	id. id.	$\frac{10}{0.5}$	$\frac{20}{0.7}$	$\frac{30}{1.00}$	$\frac{40}{1.3}$	$\frac{50}{1.6}$

Promedio de carga de cedencia.

150
2.1

150 175
1.9 2.5

150
2.6

150
2.6

150 175 200
1.9 2.4 3.00

150
3

150 175
2.4 2.9

$w = 156.25$
 $f = 2.45$

$w = 156.25$
 $f = 2.6$

$w = 225$
 $f = 3$

$w = 80$
 $f = 3.4$

$w = 80$
 $f = 3.13$

175

200

175

175

225

—

—

—

150

150

150

150

237.5

90

60

90

90

90

100

200

237.5

200

200

285

125

175

175
200

200

200

187.5

175

250

100

80

105

110

100

110

181.25

181.25

Para esta madera (cañal) se tomó el promedio de las cargas de ruptura.

150

237.5

90

82.5

$w = 125$
 $f = 2.025$

Roble	2	1.4x1.4x20	Sana. Fibra no normal.	$\frac{10}{0.3}$	$\frac{20}{0.8}$	$\frac{30}{1.1}$	$\frac{40}{1.4}$	$\frac{50}{1.7}$	$\frac{60}{2}$
id.	3	1.4x1.4x20	id. id.	$\frac{10}{0.3}$	$\frac{20}{0.6}$	$\frac{30}{0.9}$	$\frac{40}{1.1}$	$\frac{50}{1.4}$	$\frac{60}{1.7}$
id.	4	1.4x1.4x20	id. id.	$\frac{10}{0.3}$	$\frac{20}{0.6}$	$\frac{30}{0.9}$	$\frac{40}{1.1}$	$\frac{50}{1.3}$	$\frac{60}{1.6}$
Marfil	2	2 x 2 x 20	Sana. Fibra no normal.	$\frac{25}{0.1}$	$\frac{50}{0.3}$	$\frac{75}{0.5}$	$\frac{100}{0.9}$	$\frac{125}{1.2}$	$\frac{150}{1.7}$
id.	3	1.4x1.4x20	id. id.	$\frac{10}{0.2}$	$\frac{20}{0.6}$	$\frac{30}{0.8}$	$\frac{40}{1.1}$	$\frac{50}{1.4}$	$\frac{60}{1.7}$
id.	4	1.4x1.4x20	id. id.	$\frac{10}{0.5}$	$\frac{20}{0.9}$	$\frac{30}{1.2}$	$\frac{40}{1.5}$	$\frac{50}{1.8}$	$\frac{60}{2.1}$

Nota. En la columna de cargas de cedencia se nota un vacío en los correspondientes al canelo; esto porque esta madera rompe súbitamente cuando comienza a ceder. Al "somino de arriba" le pasa lo mismo pero en grado inferior. Estas dos maderas, "somino de arriba" y canelo, son muy elásticas: casi inmediatamente que se les quita la carga, recobran su forma primitiva. Las demás si conservan su deformación por un tiempo mas largo.

El punto de cedencia corresponde a aquel en el cual la flecha no aumenta proporcionalmente a la carga, sino que hay un aumento brusco, aumento que es progresivo para un mismo valor de la carga. En todas las piezas era de notar que se aplastaban primero las fibras sometidas a la compresión que las de tensión.

Para sacar los esfuerzos unitarios tenemos:

Las reacciones son iguales entre si e iguales a:

$\frac{W}{2}$; entonces el momento máximo ocurren en el centro:

$$\frac{W}{2} \times \frac{l}{2} = \frac{Wl}{4} = M;$$

Ahora tenemos:

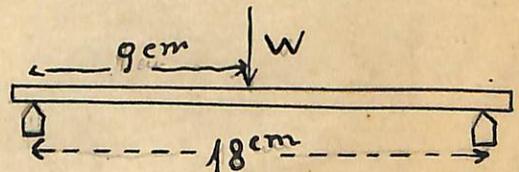
$$M = \frac{fl}{d_1} = fs = f \frac{bh^2}{6}$$

Despejando f tenemos:

$$f = \frac{6 W l}{4 b h^2} = \frac{3}{2} \frac{W l}{b h^2}$$

W = Carga concentrada en el centro

l = Luz de la viga



Carga de cedencia
kilos.

Carga de rup-
tura. Kilos.

Promedio de
las cargas de
cedencia de
flexiones -

125

155

125

155

125

150

125

150

100

120

75

120

75

100

100

120

150

200

150

200

175

212,5

175

200

150

175

150

225

175

200

175

187,5

125

87,5

162,5

162,5

w = 100

g = 1,15

w = 62,5

g = 1,30

w = 137,5

g = 2,375

w = 137,5

g = 2,15

$\frac{70}{2.6}$				80	100	
$\frac{70}{2.1}$	$\frac{80}{2.5}$		$W = 87.5$ $g = 2.8$	90	110	92.5
$\frac{70}{1.9}$	$\frac{80}{2.3}$	$\frac{90}{2.7}$		100	120	
$\frac{175}{2.2}$	$\frac{200}{3.4}$			225	250	225
$\frac{70}{2}$	$\frac{80}{2.6}$		$W = 80$ $g = 2.75$	90	105	90
$\frac{70}{2.4}$	$\frac{80}{2.9}$			90	115	

f = Intensidad de esfuerzo

z = Módulo de sección

b = h = Anchura y altura de la viga.

Para W se tomó el promedio de las cargas de cedencia de las muestras ensayadas. Es de observar que los resultados no son exactos debido a ciertas irregularidades; por ejemplo en el "comino de abajo" la muestra n° 1 dió una carga de cedencia de 60 Kga, muy inferior a la de las otras muestras y por consiguiente rebaja mucho el promedio. Esta inferioridad de carga fué debida a anomalías de la pieza.

Por via de ejemplo hagamos las operaciones que dan a f para el cedro caobo. Tenemos:

$$f = \frac{3 W l}{2 b^3}$$

W = 250 lbs. l = 18 cm. b³ = 8 cm.

$$f = \frac{3 \times 250 \times 18}{2 \times 8} = \frac{125 \times 27}{4} = \frac{3375}{4} = 843.75 \text{ lbs.} \times \text{cm.}^2$$

$$\frac{843.75}{0.155} = 5.443.5 \text{ lbs} \times \text{pulgadas cuadradas.}$$

Como resultados finales de las operaciones, tenemos los siguientes, en lbs. por pulgada cuadrada.

Cedro caobo = 5433.5	Douglas fir	6100
Cedro blanco = 3810.5	Longleaf pine	6500
Carafio = 7076.6	Loblolly and Short leaf pine	5600
Laurel amarillo = 7076.6	White pine	4400
Laurel blanco = 7893	Spruce	4900
Canelo = 7893	Norway pine	4200
Encenillo = 6532.3	Tamarack	4600
Comino de arriba = 10917	Western hemlock	5800
ba.	Red wood	5000
Comino de abajo = 10484	Bald cypress	4800
Marfil = 10144.9	Red cedar	4200
Roble = 5872	White oak	5700

Como término de comparación pongo el valor de f para algunas maderas de los EE.UU., expresado en la misma unidad. El procedimiento parece que no sea muy inexacto pues basta hacer la comparación entre 5872 y 5700 que representan la existencia del roble según dato de carteras y según el dato de nuestro ensayo, para ver la poca diferencia.

DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD

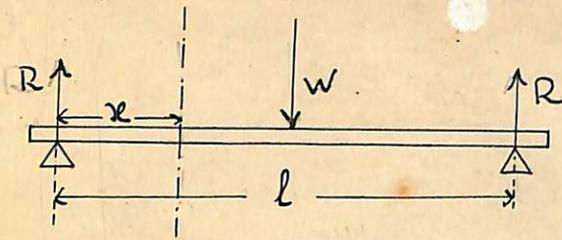
Elasticidad es la tendencia de los cuerpos deformados a volver a su forma primitiva, cuando cesa la causa que produce la deformación.

Límite elástico es el límite de esfuerzo dentro del cual desaparece la deformación totalmente después de suprimir el esfuerzo. En otras palabras es el esfuerzo unitario dentro del cual los esfuerzos de deformaciones son directamente proporcionales. El módulo de elasticidad es la relación del incremento del esfuerzo unitario al incremento de la deformación unitaria dentro del límite elástico.

Tenemos que la fórmula fundamental para encontrar la deflexión de una viga apoyada en sus extremos es:

$$M = EI \frac{d^2 y}{dx^2}$$

(18)



Esta ecuación es exacta solamente cuando las deflexiones son pequeñas; en otras palabras, cuando ellas son producidas por deformaciones dentro del límite elástico.

La reacción R en cada extremo será: $R = \frac{W}{2}$.

El valor general del momento es:

$$M = EI \frac{d^2 y}{dx^2} = R x$$

Integrando:

$$EI \frac{dy}{dx} = R x \, dx = \frac{R x^2}{2} + C \quad (1)$$

Integrando de nuevo:

$$EI y = \frac{R x^3}{6} + C x + B \quad (2)$$

Para averiguar las constantes tenemos que

$$\frac{dy}{dx} = 0 \text{ para } x = \frac{l}{2}$$

Entonces de (1)

$$0 = \frac{R l^2}{8} + C \quad \therefore \quad C = -\frac{R l^2}{8}$$

Reemplazando en (2)

$$EI y = \frac{R x^3}{6} - \frac{R l^2 x}{8} + B \quad (3)$$

Para averiguar el valor de B, tenemos que para

$$y = 0, \quad x = 0.$$

De donde: reemplazando en (3)

$$0 = 0 + B \quad \text{de donde} \quad B = 0$$

Reemplazando:

$$EI y = \frac{R x^3}{6} - \frac{R l^2 x}{8} + 0$$

Esto es máximo para

$$x = \frac{l}{2} \quad (\text{allí ocurre la deflexión máxima})$$

$$EI y = \frac{R l^3}{48} - \frac{R l^3}{16}$$

$$EI y = -\frac{2 R l^3}{48}$$

Pero

$$R = -\frac{W}{2}$$

$$Ely = \frac{Wl^3}{48} \quad \text{de donde} \quad E = \frac{Wl^3}{48yl}$$

Si la sección es cuadrada

$$E = \frac{Wl^3}{4yb^4}; \text{ ésta fué la fórmula empleada para}$$

determinar el módulo y se obtuvieron los siguientes resultados, expresados en libras por pulgada cuadrada:

Cedro caobo	= 671.889	Douglas fir	= 1.510.000
Cedro blanco	= 419.930	Longleaf pine	= 1.610.000
Carafío	= 680.730	Lobleally and short- leaf pine	= 1.480.000
Laurel amarillo	= 701.969	White pine	= 1.180.000
Laurel blanco	= 749.876	Spruce	= 1.310.000
Canelo	= 706.614	Norway pine	= 1.190.000
Encenillo	= 725.009	Tamarack	= 1.220.000
Comino de arriba	= 1.016709	Western hemlock	= 1.470.000
Comino de abajo	= 1254.193	Red wod	= 800.000
Roble	= 1050.967	Bald cypress	= 1.150.000
<i>Mayil</i>	= 687.813	Red cedar	= 860.000
		White oak	= 1.150.000

Por via de ejemplo, hagamos los cálculos correspondientes al "Cedro caobo"

$$E = \frac{Wl^3}{4yb^4}$$

$$W = 200 \text{ Lbs.}$$

$$l = 18 \text{ cm.}$$

$$b = 2 \text{ cm.}$$

$$E = \frac{200 \times 18 \times 18 \times 18}{4 \times 0.475 \times 16} = \frac{25 \times 729}{0.175} = 104\,142.857 \text{ Lbs.} \times \text{cm. cuadrado}$$

$$\frac{104.142-857}{0.155} = 671.889 \text{ Lbs} \times \text{pulgada cuadrada.}$$

Para W se tomó el promedio de las cargas máximas para las cuales la flecha se mantenía constante durante un periodo corto de tiempo.

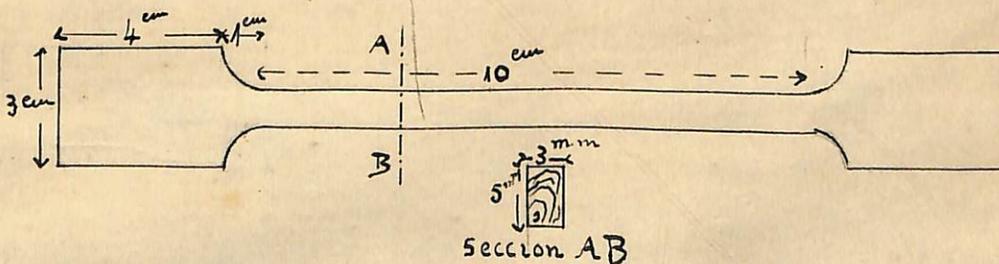
Para l se tomó el promedio de esas flechas.

Nota. Las denominaciones "Comino de arriba" y "Comino de abajo" corresponden al procedimiento del Conca (Concordia. Unas etc) para el 1º y al procedimiento del Nus etc ha. el 2º

ENSAYOS A LA TENSION----MODULO DE RUPTURA.

El objeto de este ensayo es determinar el coeficiente de Elasticidad a la tensión y resistencia máxima del material. En nuestro caso es imposible determinar el primero pues carecemos en absoluto de aparatos apropiados para medir las deformaciones; además puede substituirse este coeficiente por el valor hallado para la flexión toda vez que éste es simplemente el para piezas sometidas a esfuerzos de tensión y compresión. Como era imposible operar dentro de los límites elásticos, pues que no había modo de conocer la tasa de deformación; nos contentamos con observar con qué carga se rompe el material de sección dada y hacer luego las operaciones, que nos dieran el dato en Libras por pulgada cuadrada. La madera usada para el ensayo no fué escogida con condiciones especiales, sino de la clase común que se expone en los depósitos; de manera que no tenemos datos acerca de su edad, sequedad etc.

La forma de las piezas ensayadas fué la siguiente:



La sección de la pieza es en realidad muy pequeña para que pueda sacarse un resultado suficientemente exacto. Hicimos el ensayo con piezas de un centímetro cuadrado de sección pero no dió resultado, debido a que el aparato no era apropiado para ejercer ni para registrar las cargas de ruptura.

El aparato usado fué una simple báscula con un aditamento semejante al usado en los ensayos de flexión. Está representado en la fig.

El modo de operar fué simplemente el de colocar la pieza en su ~~ca~~ ca e ir ejerciendo la presión por medio del tornillo; el esfuerzo re-

sulatante en el pivote era registrado en el brazo de la báscula con el cual se hacia equilibrio.

El resultado del ensaye fué el siguiente:

NOMBRES	N° de la muestra	Carga registrada en la Báscula.	Promedios.
Cedro blanco	I	150 Kilos.	150 Kilos
Cedro caobo	II	140 "	
" "	III	130 "	135 "
Comino de arriba	I	150 "	
	II	200 "	175 "
Comino de "abajo"	I	150 "	
" " "	II	225 "	
" " "	III	160 "	175 "
" " "	IV	165 "	
Roble blanco	I	245 "	
" "	II	195 "	216.7
" "	III	210 "	
Marfil	I	80 "	
"	II	155 "	
"	III	175 "	122.5
"	IV	80 "	
Lurel blanco	I	125 "	
" "	II	135 "	130
Caraño	I	165 "	
"	II	145 "	155
Encenillo	I	125 "	125
Canelo	I	65 "	
"	II	70 "	68.4
"	III	70 "	



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

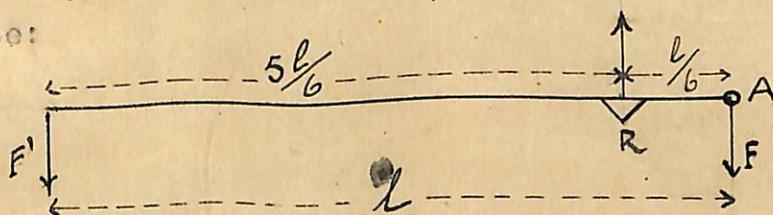
División de Investigación y Estudios
Calle 44 No. 100 - Bogotá - Colombia

Todas las piezas eran sanas y mas o menos hiladas.

Era de observar en casi todas las piezas que la parte debil, es decir por donde se reventaban era por la garganta, debido esto probablemente al cambio, casi brusco, de seccion.

El N° de piezas ensayadas fuere 40; 10 clases de maderas y 4 muestras de cada clase. Aunque solo dieron resultado satisfactorio las enumeradas; las demás cedian al esfuerzo de cizallas antes que al de tension.

Teniendo las anteriores datos, el cálculo del módulo se hizo de la manera siguiente:



Tomando momentos en el punto A tenemos: $F'l = \frac{Rl}{6}$ de donde

$F' = \frac{R}{6}$. Ahora como la barra está en equilibrio resulta que:

$$F + F' = R \quad \text{ó} \quad F = R - \frac{R}{6} = \frac{5R}{6}$$

Como el valor de R es conocido (lo dá directamente la Bascula) podemos determinar el valor de F o sea el esfuerzo de tension ejercido en la pieza. Como ejemplo, calculemos el valor de F para el cedro caobo.

Tenemos: $R = 270$ libras $F = \frac{5 \times 270}{6} = 225$ Lbs. x 15 mm. cuadrados

de seccion. Para una pulgada

$$\frac{225 \times 645}{15} = 9.678.3 \text{ Lbs x pulgadas cuadra}$$

El resultado obtenido fué el siguiente:

Cedro blanco	10750	Lbs por pulgada cuadarada
Cedro caobo	9678.3	id. id. id.
Comino de "arriba"	12543	id. id. id.
Comino de "abajo"	12543	

		Ebs. por pulg. cuadrada
Roble blanco	15539.88	
Marfil	8788.88	id. id. id.
Laurel blanco	9313.80	id. id. id.
Carafio	11106.90	
Encenillo	8956.90	
Canelo	4902	

La resistencia máxima de algunas maderas de EE.UU. es la siguiente:

	=		Lbs. por pulg. cuadrada.
Alder	=	14000	id. id. id.
Tedar, Bermuda	=	7600	id. id. id.
" Guadalupe	=	9500	id. id. id.
Cypress	=	6000	id. id. id.
Fir or spruce	=	10000	id. id. id.
Oakk	=	10000	id. id. id.
Pine	=	10000	id. id. id.
Pear	=	10000	id. id. id.
Elur	=	6000	id. id. id.

hanta

RELACION de las maderas aserrada y redonda, recibida en la Estación Medellín, del F.C. de Amagá, durante el año de 1919.

MESES	MADERA ASERRADA bultos Kilos.		MADERA REDONDA bultos--kilos.	
Enero	1540	31501	214	4807
Febrero	1614	24377	1412	31478
Marzo	6405	76121	313	13966
Abril	2609	36266	123	9313
Mayo	4137	62617	504	13936
Junio	3704	53958	150	4393
Julio	398	37252	154	5330
Agosto	3144	29475	230	5509
Septiembre	5277	61387	438	9794
Octubre	4489	96530	231	5844
Noviembre	3466	87528	907	21826
Diciembre	2807	42787	347	22101
	<u>39589</u>	<u>639799</u>	<u>5623</u>	<u>148297</u>

TOTAL DE LA MADERA ASERRADA Y MADERA REDONDA EMBARCADA POR EL F.C. DE
 EN 1920 a la estación Medellín

MESES	MADERA ASERRADA		MADERA REDONDA/	
	Bultos	Kilos	bultos	kilos.
Enero	1351	24221	752	19474
Febrero	2248	70669	115	5352
Marzo	3650	68471	658	25692
Abril	2838	74236	115	6214
Mayo	2663	65415	258	5464
Junio	3143	70947	22	7402
Julio	5860	94751	114	28500
Agosto	6690	79462	3498	51549
Septiembre	3862	51042	2094	28603
Octubre	4175	56636	383	61189
Noviembre	3352	43322	689	66638
Diciembre	2090	35337	373	16197
Sumas	41922	7733509	19072	262274

TRANSPORTADA EN EL FERROCARRIL DE ANTIOQUIA

1919	M. Redonda		M. Aserrada		M. Redonda.		Totales.	
Meses							Btos. Kilos.	
	Btos.	Kilos	Btos.	Kilos.				
Enero	198	4085	13787	257304	697	24562	14940	293767
	499	20477	1153	36463				
Febrero	111	1833	77448	143776	467	7462	9669	1193847
	356	5629	2221	553071				
Marzo	200	3539	13248	252165	356	6238	14102	271214
	156	2699	854	19049				
Abril	149	2153	10999	232826	149			
	-	-	795	12918				
Mayo	212	4848	10029	220932				
	486	10974	643	16338				
Junio	309	5253	14847	319592	3439			
	654	15265	2031	28926				
Julio	-	-	15489	365004				
	691	17915	2337	45164				
Agosto	234	4209	12799	264493				
	267	11966	2075	37161				
Septiembre	-	-	11700	244159				
	5	195	2215	55702				
Octubre	-	-	12723	279746				
	224	3144	4909	109294				
Noviembre	-	-	13971	353154				
	1763	39294	3472	80764				
Diciembre	114	1824	25797	717911				
	1948	79477	3144	80210				
Resumen	1527	27744	155837	3650663				
	7049	207035	25749	574860				

1920 Meses.	Madera redonda.		Madera aserrada.		Traviesas cambiadas.
	Btos.	Kilos	Btos.	Kilos.	
	-	-	18736	509076	
Enero	-	-	4860	115142	
	-	-	21438	591630	
Febrero	2251	52617	5874	132081	
	395	14304	19935	540117	
Marzo	3556	95385	5207	108021	
	-	-	13145	316178	
Abril	4583	107323	4210	92922	
	-	-	28691	689057	
Mayo	552	13409	6420	131836	
	-	-	35732	679891	
Junio	1206	30204	4936	102920	2443
	34	668	27342	667105	
Julio	3294	77226	4749	105224	
	-	-	22608	577427	
Agosto	2947	84810	7420	173164	
	-	-	19097	459193	
Septiembre	2065	57998	5839	120710	
	-	-	11493	287764	
Octubre	519	23437	2432	63916	
	-	-	12607	300744	
Noviembre	577	13053	3508	64270	
	-	-	7555	225379	
Diciembre	-	-	-	-	
Diciembre.	422	9470	4218	98775	
	429	14972	238379	5863571	
Resumen	21977	565432	59673	1309991	

En los cuadros representativos de la madera transportada por el F.C de Antioquia queda incluida el movimiento de maderas en las estaciones intermedias entre Santiago y Medellin -
No fue imposible hacer la clasificacion en clases, porque en los Ferrocarriles no hacen diferencia y en los depositos no llevan estadística -

- FIN -

CANALON Y RIFFLES.

Prácticamente los canalones son encanoados de diseño especial hechos con el objeto de hacer correr en ellos arrastrado por el agua el material desintegrado, el cual contiene el oro que debe ser segregado de la masa en virtud de su gran peso específico y recogido en el fondo del canalón con la ayuda de los riffles.

Los canalones se construyen comúnmente en secciones de 10 a 12 pies de largo, cada una de las cuales es llamada "una caja de canalón".- Uno de los extremos de dichas cajas se hace más angosto que el otro con el objeto de que la colocación de la serie de cajas, el extremo angosto de una caja enchufe en el extremo más ancho de la caja adyacente.

Las dimensiones de los canalones dependen de la cantidad de agua de que se dispone y del carácter del material que se trabaja. Se ha admitido como un principio general, que cuanto menor sea la velocidad del agua y más delgada la capa de material que corre por los canalones el máximo porcentaje de oro será recogido en ellos. De lo dicho se deduce que canalones anchos en los cuales el material puede estar extendido en una capa delgada son más eficientes para la recolección del oro fino que los canalones angostos. Pero esto no puede conseguirse siempre porque la capa de agua en los canalones debe ser suficiente para cubrir completamente las piedras más grandes que corran por ellos, las cuales algunas veces alcanzan a 12 pulgadas y aún más.

El ancho de los canalones varía de 3 a 6 pies, y la altura de los lados de 2 a 3 pies.

La pendiente que debe dársele a un canalón depende de la caída de que se disponga para el descargue de las colas, carácter del material transportado y cantidad de agua disponible.

Anteriormente dijimos que el máximo de eficiencia en la recolección del oro se obtiene con pequeña velocidad del agua y por lo tanto con poca pendiente; pero por otra parte, mientras menor sea la velocidad del agua en el canalón menor será el yardaje o sea la cantidad de aluvión trabajado por unidad de tiempo. Entonces la elección de la pendiente en los canalones está gobernada por dos factores opuestos; la rapidez del trabajo que pide pendiente fuerte, y la eficiencia en la recolección del oro que pide poca pendiente.- Lo mejor es determinar la pendiente por medio de experimentos previos.

La pendiente en los canalones varía de 2 a 14 pulgadas de caída para una caja de 12 pies de largo.

Por regla general será al canalón una pendiente mayor en la parte superior y se va disminuyendo hacia la cola del canalón.- Pero debe ponerse especial cuidado en que la pendiente sea uniforme en cada una de dichas secciones puesto que una sección en la cabecera del canalón con menor pendiente que las demás regula el poder de transporte del material en toda la longitud del canalón.-

