

*Proyecto ITTO PD 37/88 revisión 3*  
*"Utilización Industrial de Nuevas Especies*  
*Forestales en el Perú" FASE I*  
**INFORME DE CONSULTORÍA**

---

*"Manual Para la Elaboración de Durmientes"*

*Elaborado por:*  
*Ing. Raúl González F.*

*Informe preparado para la:*



**ORGANIZACION INTERNACIONAL  
DE LAS MADERAS TROPICALES (OIMT)**

*Diciembre, 1991*

*Lima - Perú*

## INTRODUCCIÓN

En el proyecto ITTO PD 37/88 "Utilización Industrial de Nuevas Especies Forestales en el Perú", se considera lograr el uso apropiado para las nuevas especies estudiadas y de este modo contribuir a mejorar la oferta de productos de madera. Para lograr este objetivo general es necesario mejorar el nivel de conocimiento en las empresas madereras mediante la transferencia de tecnología; como parte de ese esfuerzo se desarrolló el presente trabajo.

Los durmientes de madera son una alternativa de uso final de grandes posibilidades para la industria forestal. Sin embargo existe un escaso desarrollo de la industria de elaboración de durmientes de maderas tropicales por desconocimiento de sus características tecnológicas, falta de información sobre las normas técnicas de producción, clasificación, o sobre los métodos de preservación y secado. Los factores mencionados restringen el abastecimiento de durmientes a nivel nacional a pesar de sus posibilidades, considerando la gran cantidad de maderas duras presentes en el bosque.

Como un aporte para la solución de dicho problema, se realizó el presente estudio, denominado "**Manual Para la Elaboración de Durmientes**". Esta publicación contiene una propuesta para la elaboración de durmientes de madera con especies forestales del Perú, mencionando las principales características técnicas que se deben respetar. También se presentan diferentes métodos de preservación y secado para durmientes, los cuidados que deben tomarse en la aplicación de los mismos, el control de calidad del producto elaborado, así como la capacitación del personal involucrado e inspección de los lotes producidos.

Finalmente, se hace una recopilación de información sobre estudios de tecnológicos de especies forestales peruanas que podrían, en forma potencial, cubrir la demanda de durmientes del mercado nacional y cumpliendo además con los requisitos para competir en el mercado internacional.

**CAPITULO I : PARTE GENERAL****ANTECEDENTES.-**

El durmiente, como parte fundamental de la estructura de la vía férrea, toma importancia en el Perú a raíz de un Decreto dado por Bolívar, el 20 de Julio de 1825, en Urubamba, Cuzco, para la creación del Ferrocarril del Sur, con el propósito de unir Arequipa, Cuzco y Puno.

La construcción de este ferrocarril se llevó a cabo por tramos, empezando por unir la Costa con el corazón de la Sierra en 1,660 km., que demandaron unos 2'700,000 durmientes de madera, importados de Estados Unidos de Norteamérica, bajo las especificaciones técnicas para pinos, por la "American Standards Association" que concordaban con las de casi todo el mundo.

Estas especificaciones, señalan que la madera seleccionada para tal propósito debía estar exenta de defectos que perjudiquen la solidez y durabilidad, tales como : podredumbres, agujeros, nudos y rajaduras. Además, clasificaban a la madera como de "albura", que era necesario preservar con creosota y como de "duramen" que se podía usar sin tratamiento protector. La creosota se inyectaba a la madera por el sistema Rüping, en autoclave.

El Ing. Enrique Meiggs, fue el encargado de construir los tramos más importantes del Ferrocarril, tanto del Sur como del Centro, pero lamentablemente falleció el 30 de Setiembre de 1877, sin que pudiera concluir su obra.

El Perú, para financiar la construcción del Ferrocarril había emitido bonos, que fueron adquiridos mayormente por los ingleses. Luego de la Guerra del Pacífico (1879 - 1882), al no contarse con las salitreras, cuyas rentas respaldaban la seguridad de los bonos, el Gobierno no pudo pagar los intereses que se habían generado y tuvo que transferir los derechos de propiedad a los ingleses, lo que ocurrió el 20 de Marzo de 1890 para lo cual, se formó "The Peruvian Corporation Ltd.", que se encargó de continuar los trabajos de expansión del Ferrocarril.

En 1972, por Decreto Ley Nº 19538 del 19 de Setiembre, se crea ENAFER PERÚ, con lo que el Perú recupera la tenencia de los Ferrocarriles.

Los técnicos de la Peruvian, para asegurarse la calidad y vida útil de los durmientes de madera, habían hecho sus propias especificaciones, basándose en la dureza y peso aparente de la madera, ya que hasta esos momentos, la regla general era que a maderas más pesadas, correspondía mayor vida útil.

Con el correr del tiempo y los avances de la ciencia forestal, se ha comprobado que esta regla tiene muchas excepciones, sobre todo, en la madera tropical; donde no hay una buena correlación

entre el peso y la resistencia biológica de la madera, como lo demuestran la caoba, el cedro y el tornillo, entre otras, que son maderas livianas, con peso específico de 0.43 a 0.50. En cambio, para citar un ejemplo, la madera del Quebracho blanco (Aspidosperma quebracho blanco), con peso específico de 0.89, se pudre rápidamente si está en contacto directo con el suelo, como es el caso de los durmientes.

Los durmientes, se adquirirían en forma directa, situación que se prolongó hasta fines de 1981. La nominación de especies maderables se hacía en base a los nombres vernaculares o comunes. Las maderas importadas hasta ese entonces fueron : Pino spruce, Abeto rojo y otras similares, aunque la información es muy vaga.

Los durmientes de madera nacional podían ser aserrados o azuelados y las especies provenían de los valles de Kosñipata y Marcapata, en el Sur y de Tingo María, Pucallpa, Selva Central y Costa Norte. A partir de 1981-82, ENAFER importa de Canadá durmientes de Pino preservados con Pentaclorofenol y de Bolivia, de Quebracho colorado, sin tratamiento alguno.

En 1982, ENAFER mediante Licitación Pública 005 solicita 465,000 durmientes de madera nacional preservada, pero por diversas razones, sólo se llegaron a entregar aproximadamente 75,000 unidades. Ante la necesidad urgente de mantener las vías, ENAFER recurrió a los durmientes de concreto pretensado y tipo biblock, pero esto no ha solucionado el problema y es por eso que la falta de durmientes aún es muy grande y se requiere de una vez por todas, estudiar profundamente la mejor solución.

El Perú, como muchos otros países en el mundo, tiene necesidades en durmientes, para conservar o renovar gran parte de sus vías, que prácticamente han llegado a límite de su vida útil, lo que hace que las condiciones de seguridad sean cada vez menores.

ENAFER, por no poder contar con los medios necesarios para cumplir con los planes de rehabilitación de sus vías, no dispone de durmientes.

Nuestra riqueza forestal, con más de 72 millones de hectáreas de Bosques Naturales y con alrededor de 2,500 especies, es capaz de proporcionar holgadamente las piezas que se requieren, sin tener que recurrir a las importaciones o a los durmientes de concreto, como ha venido sucediendo en los últimos años.

Naturalmente, la situación creada requiere de un análisis profundo y cuidadoso, para evaluar las demandas de ENAFER y de otros usuarios, como la Southern Perú y CENTROMIN Perú, entre otros, para ofertar por parte de los Madereros Nacionales, durmientes de buena calidad, capaces de competir con los importados y así, establecer una planificación adecuada que garantice el oportuno abastecimiento de los durmientes de madera.

## ROL QUE TIENE EL DURMIENTE DE MADERA EN EL SISTEMA FERROVIARIO NACIONAL.-

El durmiente juega un papel muy importante en la estructura de las vías férreas, por ser un elemento básico que garantiza la estabilidad y duración de los terraplenes y rieles, ya que ellos son los que reparten los esfuerzos que reciben de las cargas que soportan.

Los durmientes, como elementos estructurales de las vías, son colocados en forma cruzada e individualmente, con respecto a la dirección de los rieles. El apoyo sobre el lecho de la vía se produce cuando éste se encuentra relleno con grava, balastro o lastre. En consecuencia, el diseño de un durmiente deberá estar en función de los componentes de la estructura vial, que además de él, comprende a los rieles, seguros, grava y lecho o base de la estructura.

Todos estos elementos deben trabajar armónicamente para que la vía sea segura y de vida prolongada, de lo contrario, se producirá el deterioro de todo el conjunto, en forma progresiva.

Los durmientes, como piezas estructurales, son los que permiten directamente la conservación del lecho o trocha de la vía, porque ellos son los encargados de transmitir las cargas laterales, generadas por el movimiento de los trenes, así como de las cargas verticales, producidas por la compresión del riel sobre la vía, exigiendo estas piezas un gran esfuerzo de flexión y cohesión en general, que si fallan, traerían como consecuencia una afección total de la estructura, a partir de los terraplenes que sirven para armar el camino de la enrielladura y el funcionamiento del sistema. La trocha se abriría y los rieles se separarían, con peligro de originar graves accidentes, relacionados con la velocidad de los trenes.

Como es fácil de comprender, los durmientes del ferrocarril requieren una constante vigilancia de su estado físico,, sanitario y otros que puedan incidir sobre su vida útil.

Si bien es cierto que existen diversos materiales para la fabricación de durmientes, la madera, en nuestro medio, es el material más garantizado, debido a su gran elasticidad, solidez, trabajabilidad y disponibilidad. También tiene buena resistencia a la corrosión, a la capacidad para absorber el sonido y por sus propiedades electrolíticas. Sin embargo, debemos anotar que también presenta algunas limitaciones, como son:

- Su posible destrucción por acción de los hongos e insectos xilófagos, que le causan pudrición y perforaciones, respectivamente, lo que muchas veces obliga a la preservación.
- Su tendencia a sufrir grietas, rajaduras y deformaciones, debido a los cambios bruscos de humedad, lo que también afecta a sus propiedades de resistencia mecánica.
- La facilidad con que se dilata o contrae, por los efectos de la humedad, lo que obliga a tener que estabilizarla

mediante técnicas especiales de secado y además, que se tengan presente sus tres planos de orientación para el corte, es decir : axial, radial y tangencial, que son donde se manifiestan los defectos por contracción y expansión de la madera.

- La gran variedad de especies forestales que existen en el Bosque Tropical, requiere de conocimientos técnicos para poderlas aplicar en la industria, con buenos resultados, evitando así las sorpresas desagradables.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL DURMIENTE DE MADERA.-

Los durmientes de madera nacional, por tradición heredada de la Peruvian Corporation Ltd., respondían a la dureza y peso aparente del material, lo que daba lugar a una selección de especies por estas características, en grupos y clases. Además, por la forma en que se obtenían, se clasificaban en azuelados y aserrados. Los primeros se destinaban mayormente a las vías de trocha angosta, mientras que los segundos, a las vías de trocha ancha o standard.

En ambos casos, las dimensiones o medidas que se requerían eran las siguientes:

MEDIDAS	TROCHA ANGOSTA	TROCHA ANCHA
Espesor	6" ( 15 cm.)	6" ( 15 cm.)
Ancho	8" ( 20 cm.)	8" ( 20 cm.)
Largo	6' (180 cm.)	8' (240 cm.)
Volumen (pt)	24 (0.054 m3.)	32 (0.072 m3.)

Hoy en día, se conservan estas dimensiones.

Con algunas excepciones, las maderas tropicales, aptas para durmientes, deben cumplir con los siguientes requisitos técnicos:

- Gran resistencia a la compresión perpendicular, igual o mayor a 60 kg./cm<sup>2</sup>.
- Densidad básica entre 0.60 y 0.80 basada en el peso seco y volumen verde de la madera.
- Buena resistencia al cizallamiento, igual o mayor de 65 kg./cm<sup>2</sup>.
- Buena resistencia a la tracción perpendicular a las fibras, igual o mayor de 30 kg./cm<sup>2</sup>.
- Buena resistencia a la tenacidad (aptitud para soportar los efectos de golpes y vibraciones), igual o mayor a 2kg. - m.
- Buena dureza, recomendada arriba de 380 kg./cm<sup>2</sup>.
- Buena durabilidad natural o cierta facilidad para aceptar los tratamientos preservadores.
- Buen comportamiento al secado, con relación de estabilidad (T/R) igual o menor de 2.

- Estar libres de defectos que puedan perjudicar su solidez, tales como podredumbres, picaduras, rajaduras, separación de anillos y nudos.
- Se admitirá madera de albura sólo en el caso de que esté totalmente preservada.

Además de los requisitos técnicos, la madera para durmientes debe ser presentable, sana y proceder de árboles bien formados, es decir, que no tengan madera de compresión o tensión.

No puede admitirse un durmiente como de buena calidad si tiene defectos tales como :

- Acebolladura, que es la separación del leño entre dos anillos consecutivos de crecimiento.
- Nudos, en caras o cantos, sobre todo en la zona de asiento del riel, o agrupados en racimos.
- Encorvaduras o curvaturas, que son alabeos que sufre el durmiente en sus cantos, según su sentido longitudinal.
- Arqueaduras, que son torceduras de las caras, en sentido longitudinal. Arista faltante, que es la falta de madera en una o más aristas del durmiente.
- Rajaduras, que afectan a dos caras o cantos del durmiente, por separación de su masa, en una longitud mayor a 20 cm. para los de trocha ancha y de 10 cm. para los de trocha angosta.
- Agujeros, ocasionados por insectos o fallas mecánicas de la madera, que afectan al durmiente en la zona de asiento del riel o en lugares estratégicos, con diámetro y profundidad que excedan a los 3 y 2 cm., respectivamente.
- Madera tensionada, formada por la disposición excéntrica de la médula, caracterizada por su color, consistencia y diferentes propiedades mecánicas a las correspondientes a la especie forestal.
- Pudrición, en cualquiera de sus categorías, por significar la descomposición de los componentes estructurales de la madera, lignina y/o celulosa, por acción de los hongos xilófagos.

En las figuras 1 a 13, se ilustran algunos aspectos que inciden sobre la calidad de los durmientes, en la medida que se presenten tales anomalías y de la intensidad que tengan.

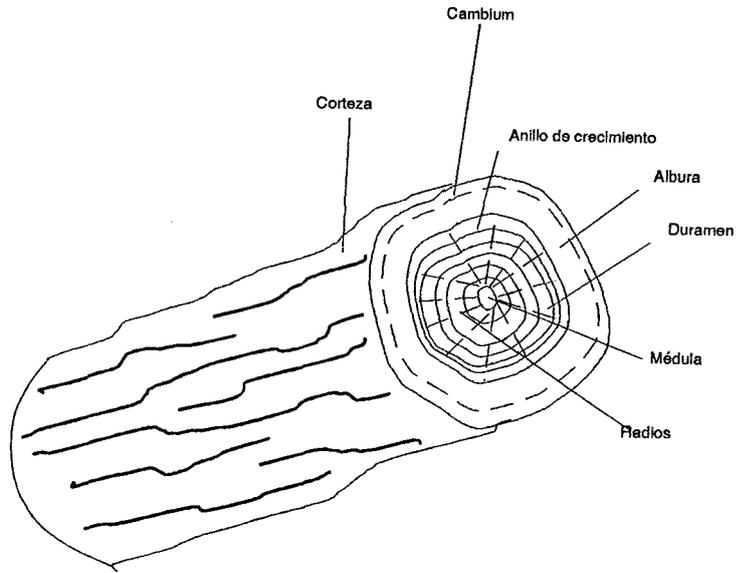


FIGURA Nº 1 PARTES DEL TRONCO

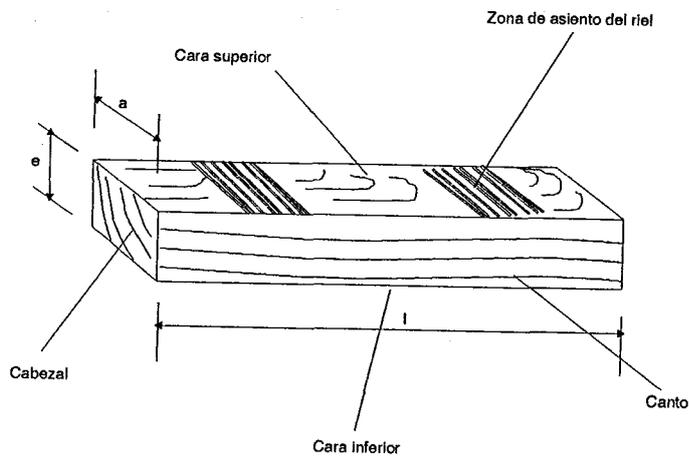


FIGURA Nº2 DURMIENTE DE MADERA  
l= longitud a= ancho e= espesor

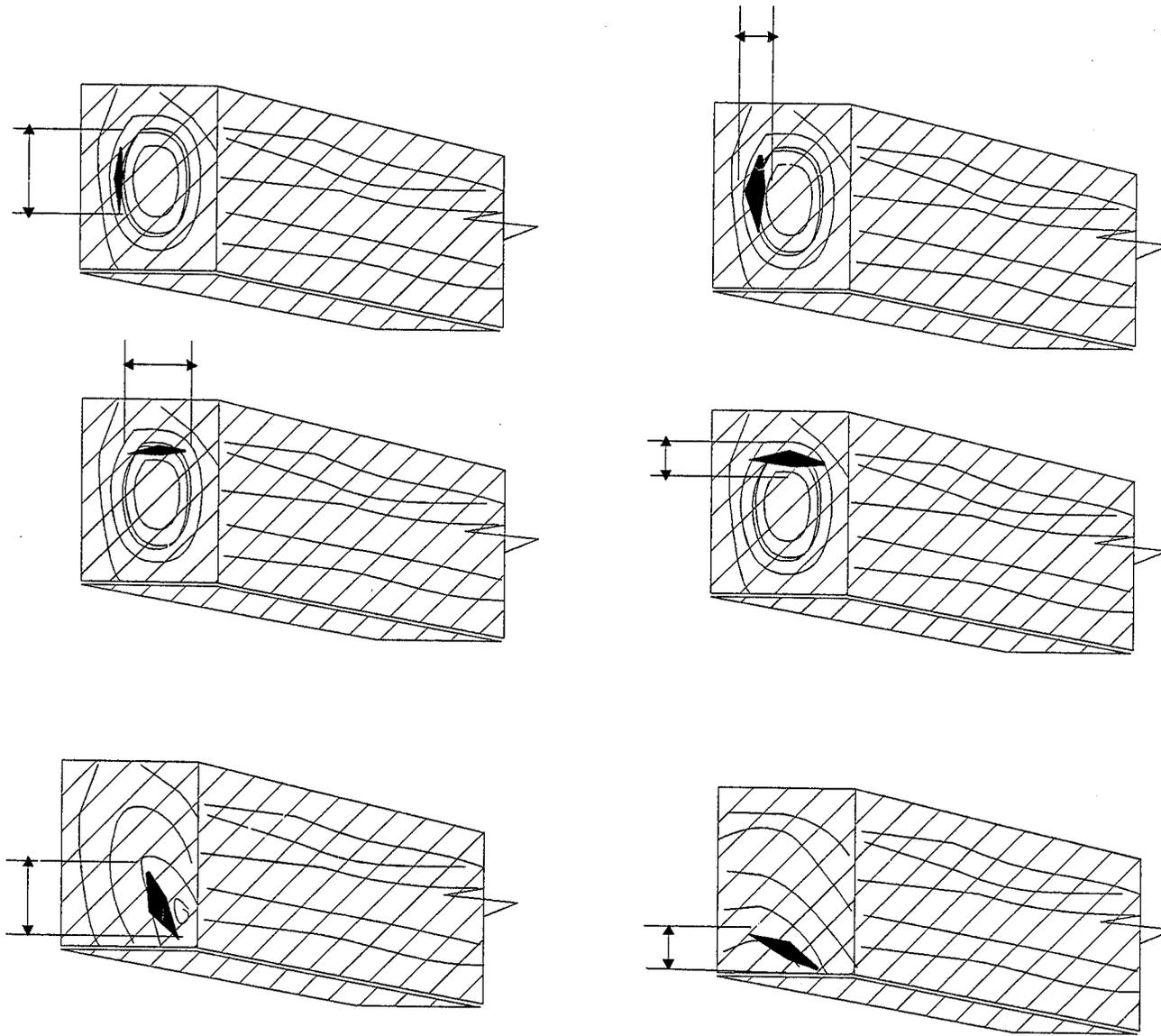
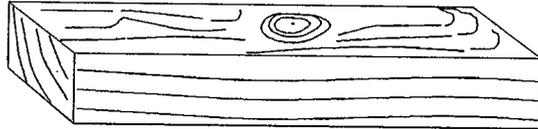
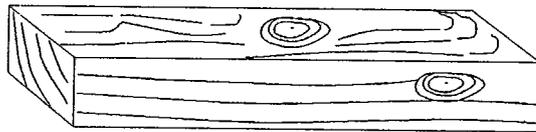


FIGURA Nº 3 ACEBOLLADURAS

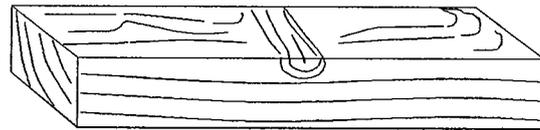


NUDOS EN LA CARA

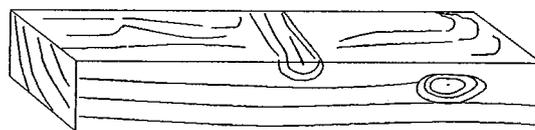


NUDOS EN LA CARA Y EL CANTO

FIGURA Nº 4 NUDOS



NUDOS TRANSVERSALES EN LA CARA



NUDOS TRANSVERSALES EN LA CARA Y EL CANTO

FIGURA Nº 5 NUDOS TRANSVERSALES

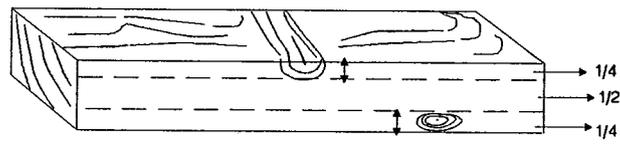


FIGURA Nº 7 NUDO EN EL BORDE DE LA CARA

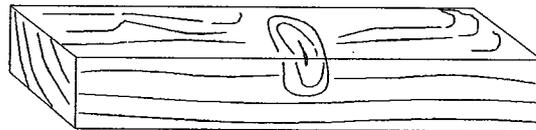


FIGURA Nº 6 NUDO EN EL BORDE DE LA ARISTA

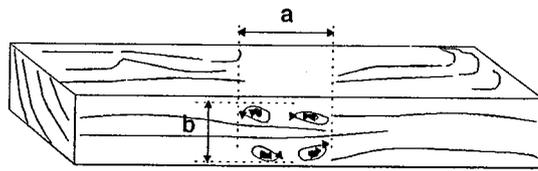


FIGURA Nº 8 NUDOS EN GRUPO

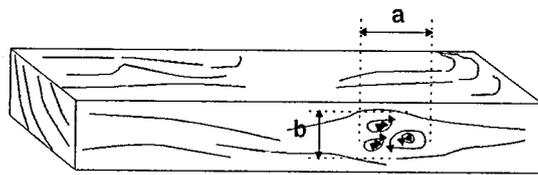


FIGURA Nº 9 NUDOS EN RACIMO

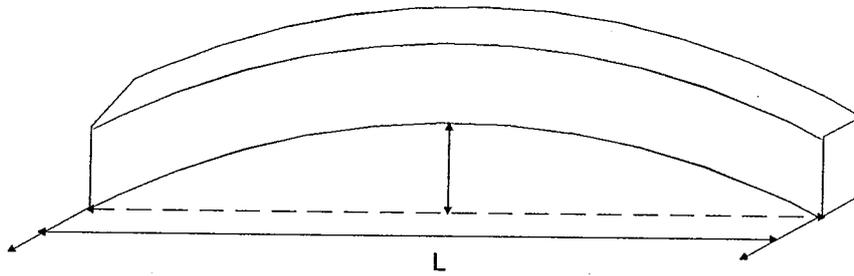


FIGURA Nº 10 ENCORVADURA O CURVATURA DE CANTO

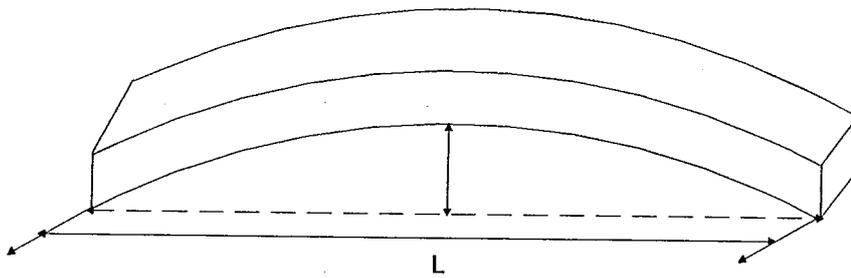


FIGURA Nº 11 ARQUEADURA O CURVATURA DE LA CARA

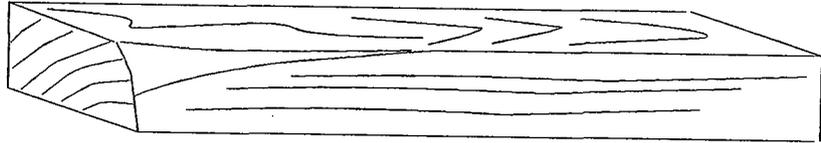


FIGURA Nº 12 ARISTA FALTANTE

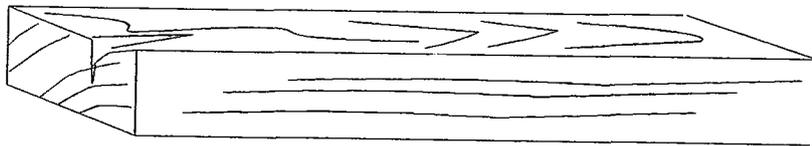


FIGURA Nº 13 RAJADURA

ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA VIAL.-

La estabilidad de la estructura vial, estará en función de la calidad de cada uno de sus componentes, entre los que se encuentran:

- Lecho y Grava.

El lecho o base de la vía, es el que determina el diseño de la estructura y el tamaño de los durmientes. La profundidad de la grava o balastro, incide sobre el espaciamiento de los durmientes y se calcula que 1 m<sup>3</sup>. de este material sirve para colocar 1 metro lineal de vía. Así, suelo y grava, dan fundamento para la amortiguación de las fuerzas verticales, laterales y longitudinales, que deben soportar los durmientes.

- Rieles.

Ejercen una fuerza combinada de presión y torsión sobre los durmientes, principalmente en las zonas de curvas y según el radio de acción del momento de la curvatura.

Para lograr que los rieles afecten menos a los durmientes, se recomienda que, en la línea principal de la vía, se usen rieles cuyas soldaduras para las juntas no caigan sobre un durmiente, porque esto tiende a destruirlos. Para evitar esto, es necesario recurrir a las placas de asiento y a la colocación de bulones alternos y apropiados para la velocidad de los trenes.

La durabilidad de los durmientes es algo difícil de controlar, lo mismo que la de los accesorios de seguridad, por lo que hay que confiar en las especificaciones exigidas a los diversos materiales, que generalmente siguen lo estipulado en las normas técnicas ASTM, pero para el caso de la madera, los durmientes en su conjunto deben responder al trabajo que sobre los rieles se realice. Esto demanda madera de buena calidad, lo que se consigue con la selección de especies.

TOLERANCIA EN LAS DIMENSIONES.-

Las tolerancias en dimensiones para los durmientes, están en relación al trabajo de toda la estructura vial y por eso, deben ser extremadamente controladas, así: Para los durmientes de 6" x 8" x 8' y 6" x 8" x 6', las tolerancias en dimensiones son:

- Largo: + 2 Pulgadas  
          - 1 Pulgada
- Ancho: + 1 Pulgada  
          - 1/4 de Pulgada
- Alto: + 1/2 Pulgada  
          - 1/4 de Pulgada

ESPECIES ADMITIDAS PARA DURMIENTES DE FERROCARRIL.-

Por la ubicación de los ferrocarriles, Sur y del Centro, siempre ha existido para ENAFER una diferenciación de especies, cuya relación ha sido como sigue:

- Para el Ferrocarril del Sur.

Ana	Estoraque
Puca-puca	Amarillo
Huaca-aicha	Palo víbora
Azufrillo	Incienso
Quishuar	Bálsamo negro
Itauba	Romerillo
Bálsamo blanco	Mashonaste veta
Rapincho	Cuchi-ccara
Nazareno	Tahuarí
Chalanqui	Nogal Negro
Tarahuilca	Chanchi
Pama	Unca

- Para el Ferrocarril del Centro.

Alcanfor	Huayruro	Quina-quina
Azucar huayo	Huacamayo caspi	Quinilla colorada
Azufre	Manzano	Roble rosado
Cedro pashaco	Moena amarilla	Shihuahuaco
Ccasi	Nogal amarillo	Tornillo
Congona	Nogal negro	Tulpay
Chontaquiuro	Palisangre	Yacushapana
Ebano	Palo peruano	Yana corazón
Estoraque	Pumaquiuro	

En los últimos años, por un mejor conocimiento de la madera nacional, las especies aceptadas por ENAFER, por zonas o regiones, fueron :

- Pucallpa y Tingo María.

Cachimbo	<u>Cariniana domesticata</u>
Copaiba	<u>Copaifera officinalis</u>
Huayruro	<u>Ormosia coccinea</u>
Lagarto caspi	<u>Calophyllum brasiliense</u>
Pumaquiuro	<u>Aspidosperma macrocarpon</u>
Shihuahuaco	<u>Coumarouna odorata</u>
Tornillo	<u>Cedrelinga catenaeformis</u>
Tulpay	<u>Clarisia racemosa</u>

Selva Central	
Congona	<u>Brosimum alicastrum</u>
Moena amarilla	<u>Aniba amazonica</u>
Moena negra	<u>Nectandra</u> sp.
Nogal negro	<u>Juglans neotropica</u>
Quina-quina	<u>Lucuma</u> sp.
Roble corriente	Varias especies

- Cuzco y Madre de Dios.

Aguano	Estoraque	Palo víbora
Ajo-ajo	Huayruro	Pama blanca
Amarillo	Laurel	Pama colorada
Ana	Mata palo	Puca-puca
Bálsamo	Nazareno	Quina-quina
Copal	Ojé	Tahuarí

Como se puede observar, la relación de especies forestales aptas para durmientes, agrupa algunas maderas livianas, como el Tornillo, ó fáciles de descomponer, como la Copaiba. Es decir, que entre los requisitos técnicos y la relación de especies, siempre ha existido una mala relación por desconocimiento de la madera. Por otra parte, cuando se ha intentado destacar los beneficios de la preservación, para prolongar la vida útil de los durmientes, se han cometido errores muy graves, como pretender impregnar la madera con más de 45% de humedad, sin practicar incisiones o creer que las piezas de Tornillo se preservan totalmente, por ser de madera liviana, lo que no es así.

ITINTEC, recogiendo la información de ENAFER y de algunas investigaciones de la Universidad Nacional Agraria, propone en su Norma Técnica N° 251.065 una relación de 37 especies, que es como sigue:

Nº	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	D.B. g/cm2
01	Almendro	<u>Caryocar glabrum</u>	0.65
02	Asta de venado	<u>Tabebuia serratifolia</u>	0.92
03	Copaiba	<u>Copaifera officinalis</u>	0.61
04	Copal	<u>Dacryoides kukashcana</u>	0.56
05	Copal	<u>Protium</u> sp.	0.61
06	Cachimbo	<u>Cariniana domesticata</u>	0.59
07	Charapa caspi	<u>Pterocarpus rohrii</u>	0.75
08	Charichuelo	<u>Rheedia</u> sp.	0.60
09	Chontaquiuro	<u>Diploptropis martiusii</u>	0.72
10	Chimicua	<u>Pseudolmedia laevis</u>	0.71
11	Chuchuhuasa	<u>Heisteria pallida</u>	0.70
12	Chuchuhuasha negra	<u>Licania elata</u>	0.74
13	Estoraque	<u>Myroxylon balsamum</u>	0.77

Nº	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	D.B. g/cm2
14	Huacamayo caspi	<u>Sejubgua</u> sp.	0.65
15	Hualtaco	<u>Loxopterygium huasango</u>	0.68
16	Huayruro	<u>Ormosia coccinea</u>	0.61
17	Huayruro	<u>Ormosia schunkei</u>	0.57
18	Itauba	<u>Mezilaurus itauba</u>	0.68
19	Lagarto caspi	<u>Calophyllum brasiliense</u>	0.51
20	Machimango blanco	<u>Eschweilera</u> sp.	0.72
21	Manchinga o Congona	<u>Brosimum alicastrum</u>	0.68
22	Mashonaste o Tulpay	<u>Clarisia racemosa</u>	0.59
23	Moena amarilla	<u>Aniba amazonica</u>	0.56
24	Moena negra	<u>Nectandra</u> sp.	0.42
25	Palisangre	<u>Paramachaerium</u> sp.	0.70
26	Paujil ruro	<u>Pterygota</u> sp.	0.62
27	Pumaquiro	<u>Aspidosperma macrocarpon</u>	0.67
28	Purma caspi	<u>Laetia procera</u>	0.64
29	Quina-quina	<u>Lucuma</u> sp.	0.74
30	Shihuahuaco	<u>Coumarouna odorata</u>	0.87
31	Tahuarí	<u>Tabebuia heteropoda</u>	0.91
32	Tamamuri	<u>Ogcodeia</u> sp.	0.60
33	Tornillo	<u>Cedrelinga catenaeformis</u>	0.45
34	Uchumullaca	<u>Terminalia</u> sp.	0.69
35	Yacushapana	<u>Terminalia oblonga</u>	0.73
36	Yutubanco	<u>Driptes</u> sp.	0.71
37	Yutubanco	<u>Heisteria</u> sp.	0.71

Fuente : ITINTEC 251.065 (Tabla II)

De las 37 especies, sólo 25 están identificadas en género y especies. Además, en esta relación, podemos encontrar especies que son muy livianas como :

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	D.B g/cm2
Copal	<u>Dracryoides kukashcana</u>	0.56
Huayruro	<u>Ormosia schunkeii</u>	0.57
Lagarto caspi	<u>Calophyllum brasiliense</u>	0.51
Mashonaste	<u>Clarisia racemosa</u>	0.59
Moena amarilla	<u>Aniba amazonica</u>	0.56
Tornillo	<u>Cedrelinga catenaeformis</u>	0.45

Lo que reduce a 19 el número de especies identificadas y con buenas posibilidades para durmientes.

ENAFER nunca ha sido renuente para aceptar otras especies a las indicadas en las listas anteriores, siempre y cuando estén refrendadas por un informe técnico de la Universidad Nacional Agraria, La Molina, Departamento de Industrias Forestales, y cuenten con el visto bueno de su Departamento de Vías y Obras.

#### ENSAYOS SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA.-

Los ensayos técnicos sobre las Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera, con relación a los durmientes se hacen siguiendo normas establecidas por la investigación aplicada o de reconocidos centros especializados. Así tenemos, para los ensayos correspondientes lo siguiente :

#### Propiedades físicas.-

##### - Densidad Básica.

Determinada según ITINTEC 251.011

La densidad básica de la madera es la propiedad que se define como el resultado de la relación existente entre el peso seco al horno, de una probeta de madera y su volumen al estado verde (húmedo). La densidad influye significativamente en las propiedades mecánicas de la madera, tales como: flexión, dureza y otras. Cuando una madera tiene densidad alta, se la considera buena para estructuras, mientras que las que tienen baja densidad, son buenas como material aislante. Las maderas por su densidad,, se agrupan en 5 categorías:

1. Muy baja : Densidad inferior a  $0.30 \text{ g/cm}^3$ .
2. Baja : Entre  $0.30$  y  $0.40 \text{ g/cm}^3$ .
3. Media : Entre  $0.41$  y  $0.60 \text{ g/cm}^3$ .
4. Alta : Entre  $0.61$  y  $0.75 \text{ g/cm}^3$ .
5. Muy alta : Superior a  $0.75 \text{ g/cm}^3$ .

Para recurrir a la fabricación de durmientes de madera, las especies deben pertenecer a las categorías 4 y 5, debido a que éstas poseen características tecnológicas más apropiadas para este fin, tales como: textura fina, resistencia mecánica alta, especialmente a la flexión estática, buen comportamiento a la compresión, cizallamiento y dureza. Además, suelen tener buena durabilidad natural.

- Contracciones.

Determinada según ITINTEC 251.012

La contracción o expansión de la madera, se refiere a los cambios dimensionales que sufre ésta, por efectos de la humedad, en sentido radial, tangencial o axial, que son los planos de corte de toda madera. La suma de estas contracciones parciales nos da la contracción volumétrica. En la estructura celular, las contracciones empiezan cuando la madera ha llegado al punto de saturación de las fibras, que es aproximadamente el 30% de humedad y continúa secando. El agua que se encuentra por encima de este valor, se llama agua libre y no tiene valor o influencia sobre los cambios de dimensión, incidiendo sólo en el peso de la madera. Debido a las contracciones y expansiones de la madera, se originan en su interior ciertas tensiones que causan los defectos, tales como: grietas, rajaduras y deformaciones o torceduras, que son características para cada especie y se ven influenciados por la temperatura, tipo de corte (radial o tangencial) y las proporciones de dichas medidas o dimensiones de la madera. La relación de contracciones Tangencial (T) y Radial (R) o T/R, es el índice de estabilidad que tiene una pieza de madera. Cuando esta relación se acerca a 1, la madera es más estable y tiene buen comportamiento durante el secado. Las maderas más pesadas, por tener más agua en las paredes celulares, tienen mayor tendencia a contraer que las livianas.

- Contenido de Humedad.

Determinada según ITINTEC 251.010

La madera verde o húmeda al secar por debajo del punto de saturación de las fibras, aumenta el valor de casi todas sus propiedades mecánicas, por eso, es preciso señalar para cada ensayo físico o mecánico, el valor de la humedad de la madera ensayada. Sólo así se podrán tener valores comparables para las investigaciones.

Propiedades mecánicas.-

Son las que se refieren a la resistencia que ofrece la madera a los diferentes esfuerzos a que se la somete. Estas propiedades son: flexión estática, compresión paralela y perpendicular al grano, cizallamiento, dureza y tenacidad. Sus valores numéricos promedio se expresan en kilogramos por centímetro cuadrado y sirven para los cálculos estructurales de diseño.

- Flexión Estática.

Determinada según ITINTEC 251.017

La flexión estática es la resistencia que ofrece la madera a una fuerza (carga) que actúa sobre una viga. La resistencia depende de varios factores entre los que figuran: densidad, contenido de humedad, defectos de crecimiento como nudos, desviaciones de fibras, acebolladura y otros, entre los que se encuentra la temperatura y la duración con la que actúa la carga. Los valores numéricos promedio sirven para obtener bases de diseño para la distribución correcta de los durmientes en la vía. La flexión estática se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado, en los esfuerzos siguientes:

- Límite Proporcional.- que es cuando la carga aplicada a las fibras de la madera es proporcional a la deformación producida. En el momento que no se cumpla esta proporcionalidad, se producirá la falla (ELP).
- Módulo de Rotura.- que es el esfuerzo por el cual se produce la falla en la pieza de madera que se ensaya (MOR).
- Módulo de Elasticidad.- que es un índice de la facilidad o dificultad que tiene la madera para que se deforme. Cuando es mayor el Módulo de Elasticidad, menor será la deformación de la madera (MOE).

- Compresión Paralela al Grano.-

Determinada según ITINTEC 251.014

La compresión paralela al grano, es la que ofrece la madera como resistencia a una fuerza que actúa en dirección paralela a las fibras del tejido leñoso. Tiene mucho valor para las piezas que se usan como puntal o columna. Se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado en los siguientes esfuerzos:

- Límite Proporcional.- que es cuando la carga aplicada es proporcional a la deformación producida. El punto en el que no se cumple esta condición, se conoce como ELP.
- Resistencia Máxima.- si se continúa cargando a la madera, luego del ELP, se producirá la falla. Ese punto, es el de RM a la compresión paralela al grano.

- Compresión Perpendicular al Grano.-

Determinada según ITINTEC 251.016

Es la resistencia que ofrece la madera a la carga que actúa en dirección perpendicular a las fibras. Este valor tiene gran importancia en durmientes, por cuanto expresa la transmisión de cargas. Al comprimirse la madera, disminuye su espesor, aumentando su densidad, razón por la cual soporta mejor la carga. Para calcular este valor se toma como base el ELP que se obtiene en los laboratorios.

- Cizallamiento.-

Determinado según ITINTEC 251.013

Es la resistencia que ofrece la madera a la acción de dos fuerzas paralelas, pero en dirección opuesta, que tienden a cortarla. Este esfuerzo, ocurre especialmente cuando hay unión de dos piezas de madera. Con un aumento de densidad, se incrementa la resistencia al cizallamiento.

- Dureza.-

Determinada según ITINTEC 251.015

La dureza es la propiedad por la cual un cuerpo se opone a que otro lo penetre. Se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado.

- Tenacidad.-

Determinada según ITINTEC 251.018

La tenacidad es la resistencia de la madera al impacto o choque. La madera de baja resistencia a la ruptura por golpe, falla presentando planos lisos y deformación pequeña. En cambio, la madera de buena tenacidad, lo hace

con astilladuras muy notorias. La tenacidad se expresa en kilogramos por metro lineal (Kg. - m).

En los cuadros que se presentan a continuación, figuran los valores que se tienen para las maderas que se han indicado anteriormente para la fabricación de durmientes, con el propósito de orientar mejor a la selección de especies, de acuerdo a los requisitos mínimos ya señalados en la parte general, minimizando así toda posibilidad de cometer error en la fabricación de durmientes de madera nacional.

La información que se proporciona, es el resultado de las investigaciones realizadas por el Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria, La Molina, que han sido publicados en diversos documentos por tratarse de estudios efectuados durante 25 años.

Analizando el cuadro, podemos notar que algunas especies no cumplen con los requisitos mínimos para calificar como aptas para la fabricación de durmientes, principalmente en lo que se refiere a densidad básica de la madera. En estos casos, si las especies se alejan del límite inferior de  $0.60 \text{ g/cm}^3$ . de densidad básica, sus maderas resultarán cada vez más livianas y los durmientes resultarán más débiles. En cambio, si las maderas se encuentran por arriba del otro límite,  $0.80 \text{ g/cm}^3$ ., serán cada vez más pesadas y aceptadas para durmientes.

Otro requisito que algunas especies no cumplen, es el de compresión perpendicular, que se pide igual o mayor de  $60 \text{ kg/cm}^2$ . como alcanfor, moena amarilla, tahuarí y tornillo. En este caso, igualmente, entre más lejos están de lo señalado, las maderas resultarán de inferior calidad.

En la dureza, no alcanzan el límite señalado las maderas de alcanfor y nogal amarillo, pero no se alejan mucho. En tenacidad no alcanzan el límite mínimo las especies de copal, chuchuhuasa negra y hualtaco, pero esta última está prohibida por la Ley Forestal, para cuidar de su conservación, ya que proviene de Tumbes.

Es decir, que recomendamos que se haga un buen análisis para la selección de especies, para que cada vez sea mejor la calidad de los durmientes.

## PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS MADERAS APTAS PARA DURMIENTES

NOMBRE COMÚN	PROPIEDADES FÍSICAS					PROPIEDADES MECÁNICAS									
	D.B gr/ cm <sup>2</sup>	CONTRACCIÓN (%)				FLEXIÓN ESTÁTICA (Kg/cm <sup>2</sup> )			COMPRESIÓN				Cizalla miento (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dureza (Kg/m)	Tenacidad (Kg/m)
		R	T	V	T/R	ELP	MOR	MOE	Parale. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendicular (ELP) (Kg/cm <sup>2</sup> )	ELP	RM			
Alcanfor	0.53	3.7	8.7	11.9	2.4	379	581	118	278	330	47	76	365	3.0	
Almendro	0.65	5.5	11.5	15.7	2.1	407	687	132	259	320	78	98	583	3.4	
Amarillo	0.92	5.7	8.9	13.8	1.6	872	1436	198	653	786	128	152	1403	6.5	
Bálsamo del Perú	0.78	4.2	6.5	10.0	1.5	889	1340	175	622	714	130	163	1143	6.6	
Cachimbo	0.59	5.0	7.6	12.1	1.5	429	735	131	260	342	66	84	468	3.9	
Copaiba	0.61	3.4	7.0	10.7	2.1	422	736	112	265	359	74	99	597	3.4	
Copal	0.56	4.5	5.3	10.3	1.1	441	731	116	262	350	62	105	545	1.9	
Charapa caspi	0.75	5.1	9.3	15.0	1.8	596	1086	170	311	484	97	129	881	2.4	
Chontaquiro	0.74	4.1	6.1	10.6	1.5	677	997	148	459	559	115	149	915	2.9	
Chuchuhuasa	0.70	4.0	8.3	12.7	2.1	441	820	132	233	366	66	98	673	2.5	
Chuchuhuasa negr	0.74	5.8	11.0	17.3	1.3	487	885	170	318	423	78	94	508	1.4	
Estoraque	0.74	3.8	4.9	10.0	1.3	787	1214	150	466	577	162	147	1007	5.7	
Huacamayo caspi	0.65	4.0	9.9	13.0	2.5	492	829	131	321	328	90	104	670	4.6	
Hualtaco	0.68	2.6	4.7	8.0	2.2	298	514	84	223	285	66	95	645	1.0	
Huayruro	0.61	3.2	6.3	9.4	2.0	543	838	136	361	443	71	105	650	3.7	
Huayruro	0.63	3.3	7.2	11.0	2.1	509	874	141	277	407	62	106	669	3.5	
Huayruro	0.57	3.7	7.9	10.5	2.1	435	706	122	291	279	68	85	561	3.1	
Itahuba	0.71	4.8	10.3	14.5	2.2	542	898	160	373	452	77	111	761	3.8	
Lagarto caspi	0.51	4.8	7.1	12.3	1.5	389	734	111	21	319	62	88	403	2.3	
Machimango blanc	0.72	5.4	8.3	12.9	1.5	518	923	133	347	462	102	106	634	5.1	
Manchinga	0.68	5.0	8.1	12.4	1.6	460	785	117	283	365	75	109	720	3.6	
Moena amarilla	0.56	4.3	9.0	9.4	2.1	421	699	130	278	389	57	87	430	2.2	
Nogal amarillo	0.64	4.8	7.9	12.7	1.6	795	1248	162	484	470	70	78	344	2.0	
Pumaquiro	0.67	4.1	8.1	12.4	2.0	626	950	146	434	522	95	117	738	4.0	
Quinilla	0.75	3.2	6.3	7.9	2.0	627	1076	132	411	589	157	128	734	3.4	
Quinilla colorad	0.87	6.8	11.0	15.8	1.6	684	1204	184	476	606	140	135	1090	6.6	
Shihuahuaco	0.87	5.5	9.1	10.0	1.6	728	1286	201	498	672	150	82	1353	6.2	
Tahuari	0.91	7.8	10.1	16.0	1.3	865	1579	205	438	686	121	136	1433	6.7	
Tahuari	0.52	3.7	5.0	9.2	1.4	320	572	91	202	270	51	72	462	3.4	
Tornillo	0.45	3.2	6.9	10.7	2.2	349	576	108	222	283	57	81	386	3.0	
Tulpay amarillo	0.59	2.6	6.3	8.4	2.3	593	926	139	475	536	76	100	690	2.9	
Yacushapana	0.73	4.9	8.6	12.3	1.7	530	807	127	387	472	96	111	768	5.3	

Fuente: Recopilación de Información Técnica, publicada por la UNALM en diversos documentos.

CANTIDAD DE DURMIENTES REQUERIDOS POR AÑO.-

De acuerdo a los informes recogidos, los principales usuarios de durmientes en el Perú, son: ENAFER PERÚ, CENTROMIN PERÚ y SOUTHERN PERÚ COPPER CORPORATION. Indudablemente, el más alto porcentaje de durmientes a usar, le corresponde a ENAFER, con 90% ya que actualmente posee unos 1,660 km. de vías, repartidas entre el Ferrocarril del Sur con 1,082 km. y el Ferrocarril del Centro con unos 578 km., lo que en conjunto dan unos 2'800,000 piezas. CENTROMIN, tiene tramos de vías que corren entre La Oroya y Cerro de Pasco y entre Pachacayo y Chacha, en Junín. La SOUTHERN opera en las Minas de Toquepala y Cuajone y la parte industrial de la Fundición de Ilo, lo que hace en su conjunto un total de 528,000 durmientes, o sea para el 10% restante.

De acuerdo a esto, se señala una necesidad prioritaria del orden de los 372,000 durmientes por año para ENAFER, en sus tramos de trocha estándar, con los que haría trabajos de enrielladura y mantenimiento, en ambos ferrocarriles. Para los mismos trabajos, pero con durmientes de trocha angosta, la necesidad por año es de 85,000 durmientes. Todo esto representa una atención de 220 km. de trocha normal y 50 km. de trocha angosta.

En cuanto a CENTROMIN y SOUTHERN, se estima que la necesidad mínima es de unos 30,000 durmientes por año y para cada uno de ellos.

Aproximadamente, considerando sólo a las especies de montaña que el maderero nacional ha utilizado para hacer durmientes, las cantidades entregadas a ENAFER, han sido:

AÑO	PARA TROCHA NORMAL (6" x 8" x 8')	PARA TROCHA ANGOSTA (6" x 8" x 6')
1973	47,000	3,000
1974	31,000	4,000
1975	25,000	6,000
1976	36,000	14,000
1977	88,000	14,500
1978	94,000	30,000
1979	65,000	17,500
1980	36,000	12,000
1981	53,000	16,000

Fuente : ENAFER PERÚ - 1987

De haber existido una mejor información estadística, se podría haber señalado las especies forestales que se destacaron en la producción de estos durmientes, pero lamentablemente parece que hasta ese entonces, la diferenciación de especies no era importante en su aspecto botánico o de reconocimiento técnico.

Si consideramos para un plazo de 2 años inmediatos, ENAFER necesitaría 724,000 durmientes de 8' y 170,000 de 6'. Para un plazo mediano de 2 a 5 años, la necesidad sería de 976,000 de 8' y 255,000 de 6'. Para el plazo mayor de 5 años, la necesidad es del orden de los 100,000 durmientes anuales.

## CAPITULO II : DURMIENTES PRESERVADOS

GENERALIDADES.-

A toda madera preservada, se le exige por Norma Técnica, un determinado comportamiento con respecto al uso que se le va a dar, por lo tanto, se deben diferenciar los métodos de tratamiento, preservadores y artificios que sean necesarios, como las incisiones, por ejemplo. Además, es preciso determinar en cada caso, las características de absorción y penetración de los preservadores en la madera tratada.

Los valores de absorción se basan en la siguiente escala:

Grado de Absorción	Preservador Absorbido (1/m3.)
Alta (AA)	más de 150
Buena (AB)	100 a 149
Pobre (AP)	50 a 99
Nula (AN)	menos de 50

Esta escala equivale para las Sales Preservadoras, lo siguiente:

Grado de Absorción	Preservador Absorbido (1/m3.)
(AA)	más de 10
(AB)	6 a 9
(AP)	3 a 5
(AN)	menos de 3

Para las Sales CCA (Cobre-cromo-arsénico), el Factor Oxido, que es el que mide la toxicidad, está por arriba del 70%, mientras que para la CCB (Cobre-cromo-boro), este factor es menor y por eso, se les pide un 40% más de Absorción. Así tenemos, que en promedio, mientras que para las sales CCA se pide de 8 a 10 Kg. por m3. de madera efectivamente tratada y para las sales CCB se pide de 12 a 14 Kg. por m3.

Como los durmientes son piezas de madera que deben estar en contacto directo con el suelo y a la intemperie, además, deben dar un servicio prolongado, se suele pedir algo más de absorción.

Para los valores de la penetración, la escala de clasificación, es como sigue:

Tipo de Penetración	Descripción
Penetración Total (PT)	Toda la sección transversal del durmiente preservada.
Parcial Periférica (PP)	Anillo más o menos uniforme en toda la sección del durmiente.

Tipo de Penetración	Descripción
Parcial Irregular (PI) Penetración Nula (PN)	No se forma anillo definido. No hay penetración significativa.

La madera preservada, por sus características de absorción y penetración, se clasifica para el tratamiento de acuerdo a la siguiente escala:

Clasificación de la Madera	Descripción del Tratamiento
Fácil de Preservar (FP)	Maderas que tienen AA y PT en albura y duramen.
Moderadamente Preservable (MP)	Maderas que tienen AB a AP y PT a PP, en albura y/o duramen.
Difíciles de Preservar (DP)	Maderas que tienen AP y PP a PI en albura y/o duramen.
Imposibles de Preservar (IP)	Maderas que tienen AN y PN en albura y/o duramen.

De acuerdo a estas escalas, podemos indicar para cada tipo de madera y tratamiento, las posibilidades de lograr éxito en la impregnación o la necesidad de recurrir a las incisiones.

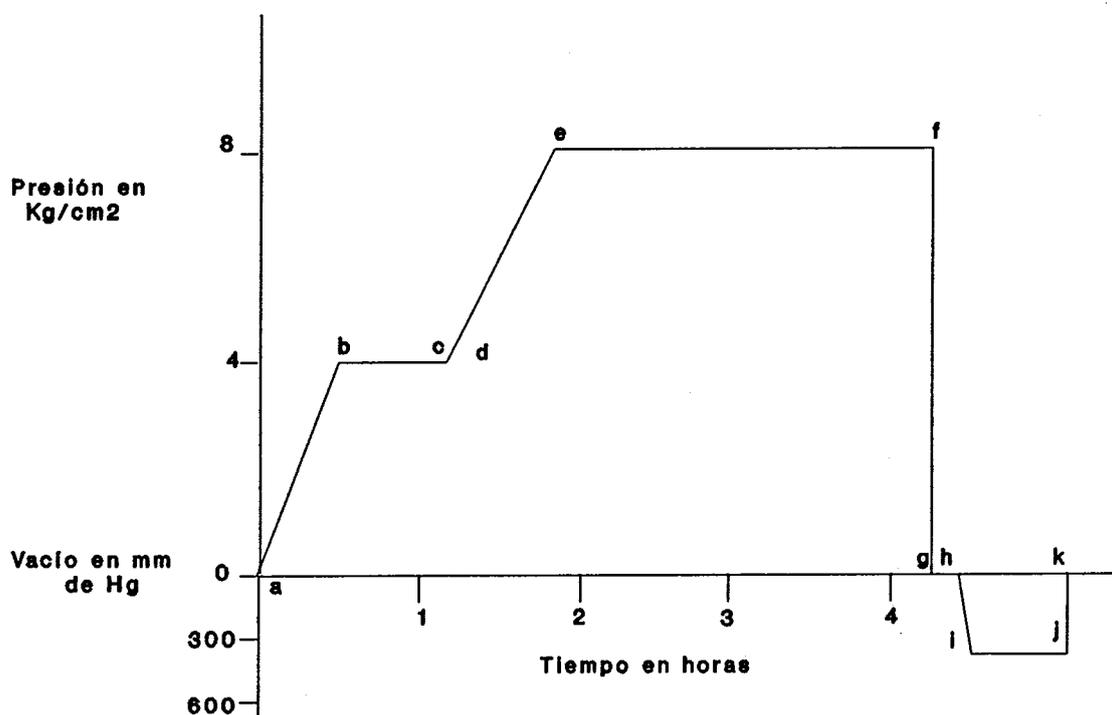
Las maderas difíciles de tratar por un determinado método, requieren un cambio de condiciones para hacer el proceso más riguroso con el fin de aumentar la absorción y la penetración.

Para el tratamiento de durmientes normalmente, se aceptan tres métodos o procesos : Rüping, para la Creosota; Bethel o Vacío Presión, para las Sales CCA o CCB; y Lowry (Célula Vacía) o Bethel para el Pentaclorofenol, admitiéndose cuando no hay equipos adecuados para el tratamiento por Baño Caliente y Frío, como su reemplazo.

#### MÉTODOS DE TRATAMIENTO.-

##### Proceso Rüping (Célula Vacía).-

El tratamiento consiste en introducir al autoclave los durmientes secos y preparados para la impregnación. Luego, se eleva la presión de aire a 4 kg/cm<sup>2</sup>.; se llena el autoclave con creosota y se incrementa la presión hasta 8 a 10 Kg/cm<sup>2</sup>., la que se mantiene constante el tiempo que sea necesario, de acuerdo a los tipos de madera que se traten. Finalmente, se restablece la presión atmosférica en el interior del autoclave y se evacúa el preservador remanente. Como operación complementaria, se podrá practicar un vacío final de 500 mm. de Hg., para la limpieza de la madera antes de retirarla del cilindro.

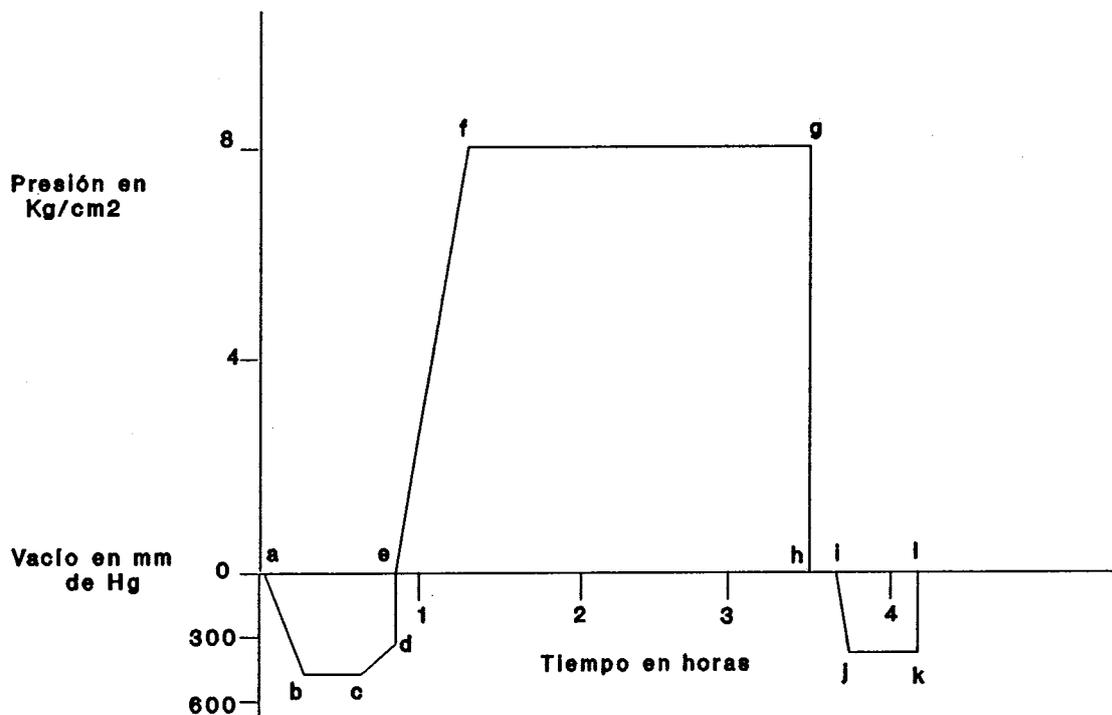


**DIAGRAMA DE TRATAMIENTO DE LA MADERA POR EL  
PROCESO DE RÜPING O DE CÉLULA VACÍA, CON CREOSOTA**

- a - d = Presión de aire inicial.  
d - f = Presión del preservador.  
f - h = Restablecimiento de la presión atmosférica y evacuación del preservador del autoclave.  
h - j = Vacío final de 500 mm. de Hg.  
j - k = Restablecimiento de la presión atmosférica y apertura de la puerta del autoclave para sacar la madera tratada.

### Proceso Bethell (Célula Llena)

El tratamiento consiste en introducir al autoclave los durmientes de madera para luego iniciar un proceso de vacío inicial de 600 mm. de Hg. como mínimo. Aprovechando este vacío, se llena el autoclave con el preservador salino (CCA o CCB) y se inicia la presión de trabajo hasta alcanzar 8 kg/cm<sup>2</sup>., según la clase de madera. Esta presión se mantiene constante el tiempo necesario. Luego, se restablece la presión atmosférica y se evacúa el preservador sobrante. Finalmente, se puede practicar el vacío final como en el caso anterior, antes de retirar la madera tratada.



#### DIAGRAMA DE TRATAMIENTO DE LA MADERA POR EL PROCESO BETHELL O DE CÉLULA LLENA, CON SALES HIDROSOLUBLES

- |       |   |  |
|-------|---|--|
| a - c | = | Vacío inicial de 600 mm. de Hg.  |
| c - d | = | Llenado del autoclave con el preservador.  |
| d - g | = | Presión de Trabajo.  |
| g - i | = | Restablecimiento de la presión atmosférica y evacuación del preservador salino del cilindro.   |
| i - k | = | Vacío final de 500 mm. de Hg.  |
| k - l | = | Restablecimiento de la presión atmosférica y apertura de la puerta del autoclave previa eliminación de líquido para sacar la madera tratada. |

Baño Caliente y Frío.-

Consiste en someter a la madera a dos baños sucesivos, uno caliente a temperatura mínima de 70°C y otro frío, a temperatura ambiente. El tiempo de duración de estos baños, depende de las características de la madera que se trata, pero con la indicación de que el baño frío debe ser de el doble de duración del baño caliente para que se produzca una buena absorción y penetración profunda. El ciclo de tratamiento de los dos baños no debe pasar de las 24 horas. Para este tratamiento, el preservador indicado es el Pentaclorofenol, al 5% de concentración en peso.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PRESERVADORES.-Creosota.-

Las características de la Creosota, según la Asociación Americana de Preservación de la Madera (A.W.P.A) son:

CARACTERÍSTICAS	Máximo	Mínimo
- Contenido de agua	-	3 %
- Materia insoluble en benzol	-	0.5%
- Densidad a 38° C comparada con la del agua a 15.5° C debe ser:	103	-
- Fracciones de Destilación: (deshidratada)		
0°C - 210°C	-	5 %
210°C - 235°C	5 %	25 %
235°C - 270°C	20 %	-
270°C - 355°C	60 %	85 %
- Residuo de Coque	-	2 %
- Temperatura de utilización	-	100° C

Todos los análisis que se realicen en la creosota deben hacerse sobre muestras representativas, siguiendo las Normas AWPA, ya que no hay Normas ITINTEC.

Pentaclorofenol.-

La eficacia de este producto está determinada por un contenido mínimo de 95% de fenoles clorados, por un máximo de 1% de materia insoluble en una solución acuosa normal de hidróxido de sodio y por un punto de cristalización no inferior a los 174° C.

Los análisis de este preservador se pueden hacer siguiendo las Normas ITINTEC correspondientes.

Sales Hidrosolubles CCA.-

Son preservadores compuestos por sales metálicas, solubles en agua. Al penetrar en la madera y cumplir su tiempo de fijación (4 a 6 semanas), quedan incorporadas a la madera en forma prácticamente indefinida, por lo tanto, no son lavadas por el agua de lluvia o por la humedad del medio.



El Factor Oxido, como medida del valor tóxico de la sal, sirve para expresar la absorción (retención) del producto en la madera. Se expresa en Kg/m<sup>3</sup> de madera tratada.

Cuando por características propias de la madera o del proceso preservador empleado no es posible alcanzar las retenciones de sal recomendadas por norma técnica, se recurre a ciertos artificios, como las incisiones, entre otros.

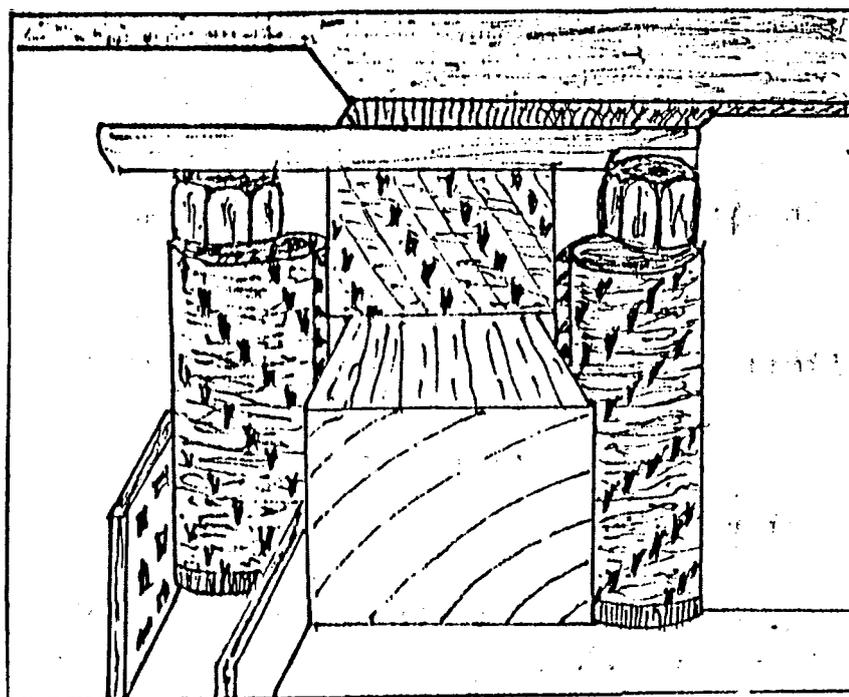
#### Incisiones.-

Consisten en hacer agujeros superficiales en la madera que se somete a tratamiento. El objetivo es lograr una mayor penetración del preservante, acompañada de una mayor absorción y la formación más homogénea del anillo protector.

Para que las incisiones sean efectivas, deben ser de 15 a 18 mm. de profundidad por 3 mm. de ancho y practicadas en la dirección del grano de la madera o a lo largo de las caras y cantos del durmiente.

La ventaja principal de la incisión, es que hace posible mejorar notablemente el tratamiento preservador sin tener que modificar las condiciones del tratamiento.

Las incisiones se deben practicar con máquina apropiada y no pueden hacerse a mano, con instrumentos corto punzantes.



### CAPITULO III : EQUIPOS E INSTALACIONES PARA LA PRESERVACIÓN DE DURMIENTES

#### CONDICIÓN DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES.-

Las plantas de preservación para los tratamientos de la madera así como todas las instalaciones relacionadas, deben estar siempre en buenas condiciones para poder garantizar la máxima calidad del producto tratado. Además, debe ser posible registrar eficientemente las condiciones y etapas de la impregnación.

#### Tratamiento a Presión.-

Son los que se realizan en autoclaves, bajo una presión de trabajo de varias atmósferas o kilos por  $\text{cm}^2$ . (8  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . como mínimo). Estos tratamientos pueden ser por Célula Vacía o por Célula Llena.

#### - Por Célula Vacía.

Existen variantes según el Proceso Rüping o Lowry.

#### - Equipo Rüping.-

##### - Equipo Básico.

Autoclave con sistema calefactor.  
Tanque Rüping (4 a 5 kg. de presión de aire)  
Tanque de Medida.  
Tanque de Reserva.  
Compresor acumulador de Aire Comprimido.  
Elementos de control y seguridad.

##### - Equipo Complementario.

Bombas de Vacío, Presión e Hidráulica.  
Generador de Vapor.  
Tuberías, válvulas y llaves.  
Termómetros, manómetros y vacuómetros.  
Aparatos de medida y registradores.  
Carros y rieles para la madera a tratar.

##### - Autoclave.

Es el tanque de acero, generalmente cilíndrico horizontal, cerrado herméticamente por medio de puertas, en uno o sus dos extremos, en el cual se realiza la impregnación de la madera a presiones diferentes a la atmosférica; está provisto de serpentines de calefacción y válvulas de seguridad con manómetros y vacuómetros, entre otros medidores.

- Tanque Rüping.

Es otro cilindro horizontal y cerrado, que se coloca sobre el autoclave. En su interior, contiene creosota a una presión de 4 a 5 kg/cm<sup>2</sup>. para alimentar al autoclave durante el tratamiento, por lo tanto, está unido a él.

- Tanque de Medida.

Es un tanque generalmente vertical y calibrado, desde el cual se mide la cantidad de preservador que se utiliza en el tratamiento de la madera, lo cual se hace por la diferencia de lecturas entre los niveles del preservante, antes y después del tratamiento.

- Tanque de Reserva.

Es el tanque o depósito que abastece de creosota a toda la planta de tratamiento.

- Compresora.

Es la que puede hacer vacío o presión en el interior del autoclave y Tanque Rüping, según el caso lo requiera.

- Equipo Lowry.-

Es similar al equipo anterior, pero no cuenta con tanque a presión, como es el Rüping. Debe tener sistema de calefacción para poder trabajar con Pentaclorofenol, por lo tanto, la empaquetadura de la puerta debe ser apropiada para el trabajo con aceite a temperatura elevada.

- Por Célula Llena.

- Equipo Básico.

Autoclave.  
Tanque de Mezcla.  
Tanque de Reserva.  
Tanque de Medida.  
Bombas de Vacío y Presión.  
Tuberías, válvulas y llaves.

- Equipo Complementario.

Bomba de Transporte.

Manómetros, vacuómetros, tuberías, llaves y otros.

Aparato Registrador del proceso.

Carros y rieles.

- Autoclave.

A lo indicado anteriormente podemos agregar que en esta caso, el cilindro no necesita de calefacción ni de empaquetaduras especiales, ya que se trabaja con preservador hidrosoluble (agua). Debe tener tubos de nivel, manómetro, vacuómetro y válvulas de seguridad.

- Tanque de Mezcla.

Es el tanque donde se prepara la solución preservadora, por lo tanto, debe estar equipado con agitadores que permitan la disolución de las sales hidrosolubles.

- Tanque de Reserva.

Similar al ya indicado, pero sin serpentín calefactor.

- Tanque de Medida.

Es un cilindro vertical que tiene aproximadamente la tercera parte del volumen del autoclave y puede estar equipado con niveles, manómetros, vacuómetros y válvulas de seguridad. Mide el preservante que se va a inyectar a la madera durante el tratamiento.

- Bomba de Vacío.

Hace el vacío dentro del autoclave. Debe ser apta para realizar un vacío casi total, es decir de 600 mm. de Hg o del 90% del total, que es de 760 mm. de Hg.

- Bomba de Presión.

Es la que ejerce una presión hidrostática sobre el líquido de tratamiento. Mediante ella, se inyecta el preservante a la madera que se trata, por lo tanto debe ser capaz de dar un mínimo de  $8 \text{ kg/cm}^2$ , aunque hay casos en los que se requiere  $14 \text{ kg/cm}^2$ . (como es el caso de las maderas duras e impermeables).

- Bomba de Transporte.

Es la que puede homogenizar la solución preservadora y transportarla a los distintos lugares de la planta de impregnación. Sirve también para evacuar el autoclave al final del tratamiento.

Tratamiento sin Presión.-

Es el que se realiza en tanques abiertos, es decir la presión atmosférica. Para durmientes, el tratamiento indicado es :

- Baño Caliente y Frío.

- Equipo Básico.

Tina para baño caliente.  
Tina para baño frío.  
Sistema de calefacción.  
Tanque de Mezcla.  
Tanque de Reserva.

- Equipo Complementario.

Tuberías, válvulas y llaves.  
Bomba de transporte.  
Termómetros y niveles.  
Equipos varios para el manipuleo de la madera.

- Tina para Baño Caliente.

Es un tanque abierto, de metal o manpostería, provisto de serpentines de calefacción y sistemas antiflotación de la madera, para que durante el tratamiento se asegure que toda la carga de madera esté sumergida siempre, en el líquido preservador.

- Tina para Baño Frío.

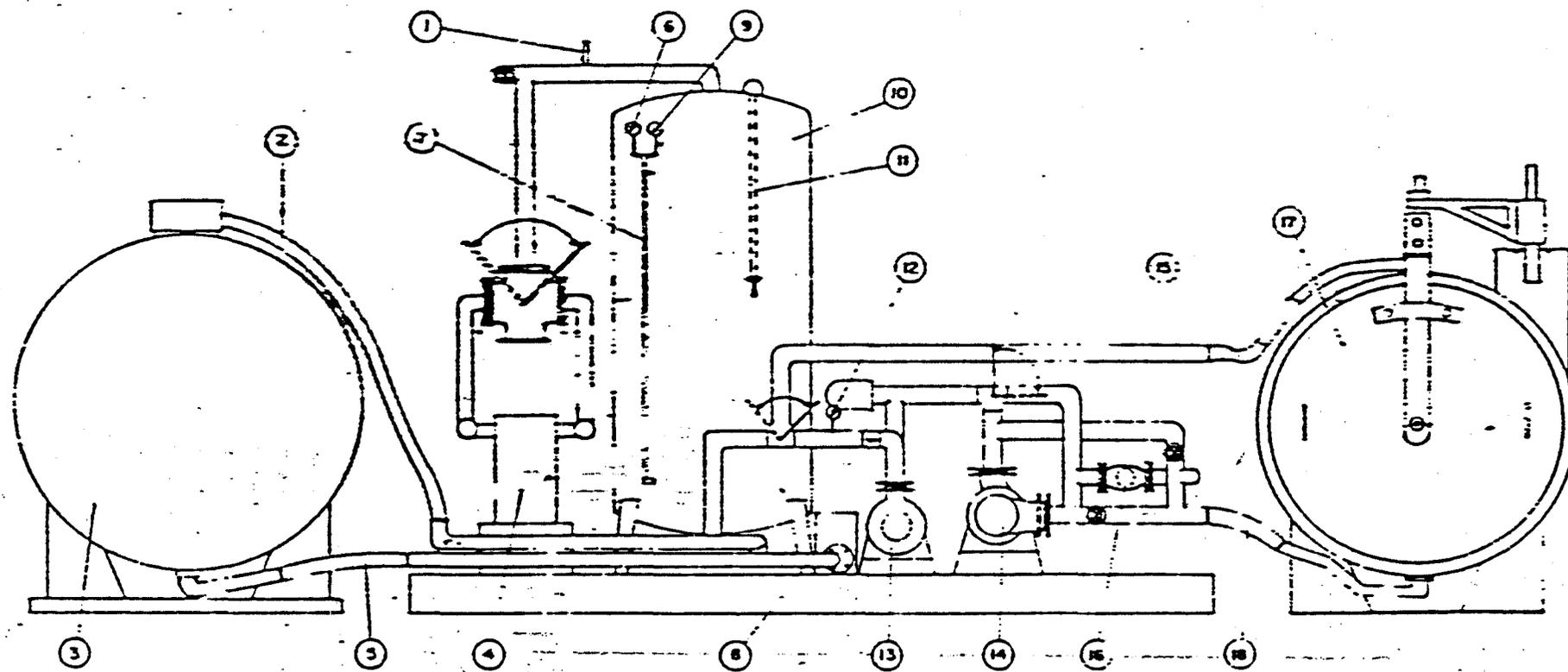
Es similar a la anterior, pero sin serpentín de calefacción, ya que se trabaja a temperatura ambiente.

Las otras partes señaladas para este método de tratamiento ya han sido descritas en los casos anteriores.

Equipos para Incisiones.-

Son máquinas capaces de practicar en la madera perforaciones de una pulgada de profundidad o más. Pueden estar provistas de 2 a 4 cilindros de revolución, que contienen los estiletes de corte o dientes perforadores. Los cilindros 2 a 2, giran sobre sus ejes verticales u horizontales para favorecer la penetración de los estiletes en la madera. Los dientes van montados en ranuras y se ajustan mediante llaves especiales, de manera que si se gastan o malogran, pueden ser reemplazados por otros nuevos. Los cilindros se mantienen apretados a la madera mediante aire a presión y pueden ser ajustados según las medidas de los durmientes. Cada durmiente pasa por la máquina a una velocidad de 30 metros por minuto. Para mejor idea, se presenta un gráfico ilustrativo.

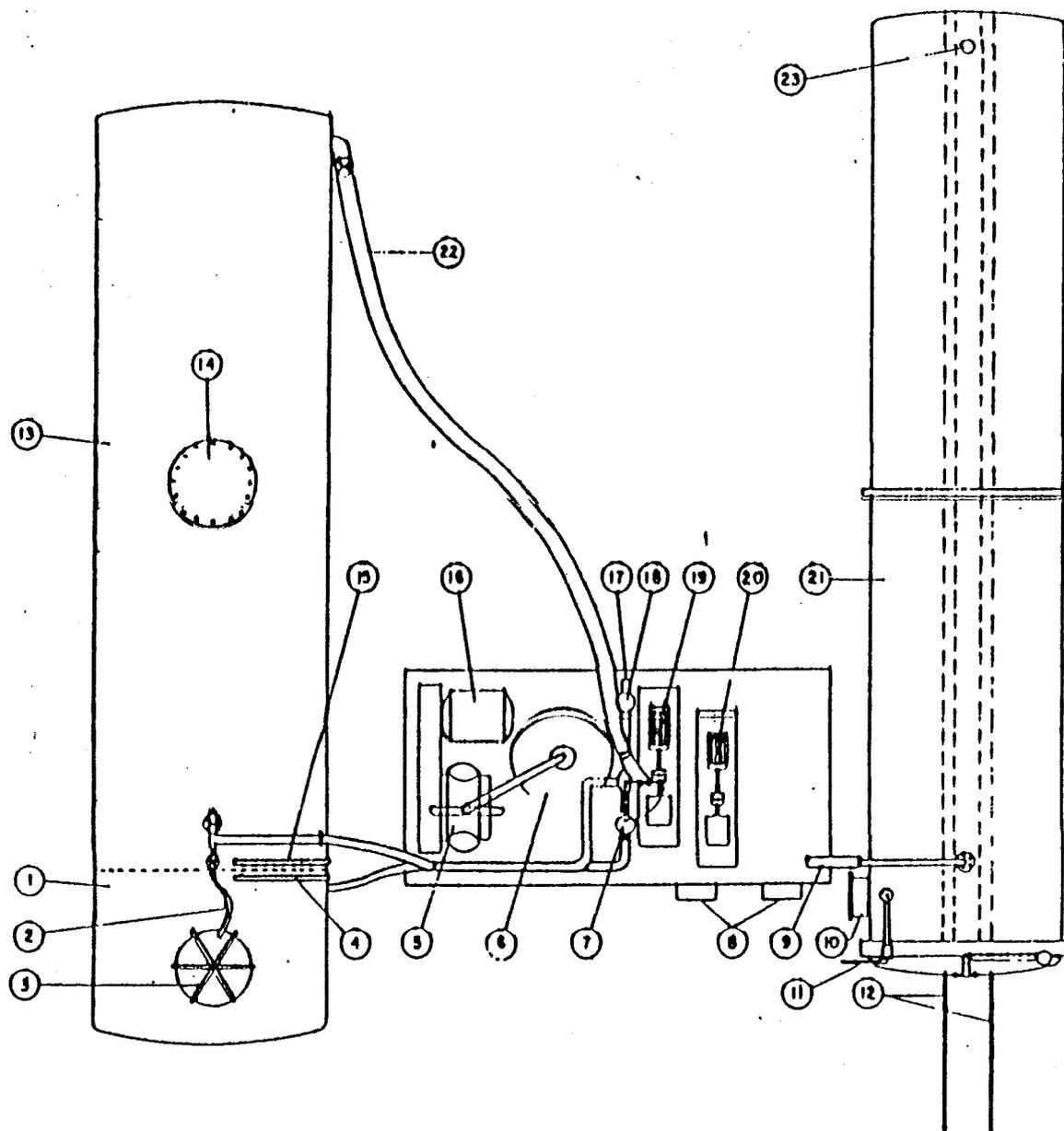
PLANTA DE IMPREGNACIÓN DE MADERA A PRESIÓN  
(CORTE NORMAL AL EJE DEL AUTOCLAVE)



- 1.- Válvula de seguridad.
- 2.- Manguera de baja presión que conecta la bomba de circulación con la parte superior del tanque mezcla y el de reserva.
- 3.- Tanque de mezcla y de reserva.
- 4.- Compresor.
- 5.- Manguera de baja presión que conecta la bomba de circulación con el fondo del tanque de mezcla.
- 6.- Manómetro.
- 7.- Nivel de vidrio.
- 8.- Bomba de circulación.

- 9.- Vacuómetro.
- 10.- Tanque de medida (vacío - presión)
- 11.- Válvula de interrupción del sistema eléctrico.
- 12.- Manómetro.
- 13.- Bomba de presión.
- 14.- Bomba de transporte.
- 15.- Manguera conectada al autoclave por la parte superior.
- 16.- Válvula reguladora de presión.
- 17.- Autoclave.
- 18.- Manguera de alta presión conectada al fondo del autoclave.

PLANTA DE IMPREGNACIÓN DE MADERA A PRESIÓN  
(CORTE PARALELO AL EJE DEL AUTOCLAVE)



- 1.- Tanque de mezcla.
- 2.- Manguera de 1.3 cm de dimensión.
- 3.- Cesto para sales.
- 4.- Tubo nivel del tanque de mezcla.
- 5.- Compresor.
- 6.- Tanque de medida (vacío-presión).
- 7.- Bomba de circulación.
- 8.- Llaves de arranque.
- 9.- Manguera de alta presión.
- 10.- Aparato registrador.
- 11.- Seguro de la puerta
- 12.- Rieles.

- 13.- Tanque de almacenamiento ó reserva.
- 14.- Boca de hombre.
- 15.- Tubo nivel del tanque de almacenamiento.
- 16.- Motor del compresor.
- 17.- Entrada de agua.
- 18.- Medidor de agua.
- 19.- Bomba de presión.
- 20.- Bomba de transporte.
- 21.- Autoclave.
- 22.- Manguera de 7.5 cm. de dimensión.
- 23.- Válvula de seguridad.

## CAPITULO IV : SECADO DE LA MADERA

### ASPECTOS GENERALES DEL SECADO DE LA MADERA.-

La madera es un material higroscópico. Al secarse, se contrae y mejora sus propiedades técnicas en forma considerable. Esta reducción del contenido natural de agua es indispensable para conseguir la buena calidad de los productos que con ella se hagan. Si la madera se humedece, se hincha o dilata. Pero entre estos dos estados de la madera, seco y húmedo, existe un "equilibrio higroscópico" que es dinámico, es decir que fluctúa dentro de ciertos límites, pero que obedece a las condiciones de temperatura y humedad de cada lugar.

Cuando exponemos la madera al medio ambiente, para que se seque en forma natural, llegamos a un equilibrio higroscópico que es independiente del tipo de madera. A este punto de equilibrio, las especies maderables pueden llegar en distintos períodos de tiempo, pero al mismo contenido de humedad. En cambio, cuando colocamos a la madera en equipos especiales, como los hornos, el secado puede ser muy efectivo y así, el contenido de humedad que se llega alcanzar es muy bajo, 8 a 10 %.

Para escoger el tipo de secado que más convenga a nuestra madera, debemos establecer claramente el objetivo del secado. Por ejemplo, si secamos para preservar luego, el contenido de humedad que debemos alcanzar es de 25 a 28 %; si lo que deseamos es madera para carpintería de obra, la humedad final estará entre los 18 a 20 % y si se trata de trabajos finos, que requieren de un buen acabado, la humedad será de 12 a 16 %.

En la madera, el agua se encuentra en tres formas diferentes:

- Agua Libre, contenida en las cavidades celulares.
- Agua Higroscópica, que está retenida en las paredes celulares, por lo que se le llama también agua de inhibición o agua ligada.
- Agua de Constitución, que es la que forma parte de la composición de la madera y no se puede eliminar durante el secado. Sólo la ceniza está exenta de agua o su valor es 0%.

Aproximadamente, el 30% de la cantidad de agua está absorbida o retenida dentro de las paredes celulares y el resto, es agua libre. A este valor del 30% de humedad se le llama "punto de saturación de las fibras". La pérdida de humedad a partir de este punto es lenta y la madera empieza a contraerse hasta alcanzar su punto de equilibrio con la humedad del medio que la rodea. El porcentaje de humedad de la madera, se determina por medio de la siguiente fórmula :

$$\%CH = \frac{Ph - Ps}{PS} \times 100$$

donde :

%CH = Contenido de humedad, en %.  
 Ph = Peso húmedo de la madera, en gr.  
 Ps = Peso seco de la madera a  $103 \pm 2^{\circ}C$ , en gr.

El agua se moviliza en la madera en dos etapas:

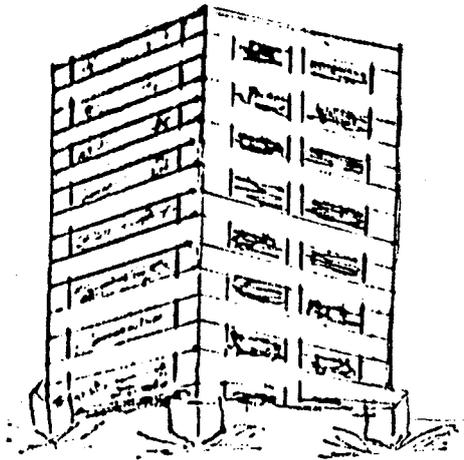
- Moviéndose del interior hacia la superficie.
- Evaporándose de la superficie.

#### Secado Natural.-

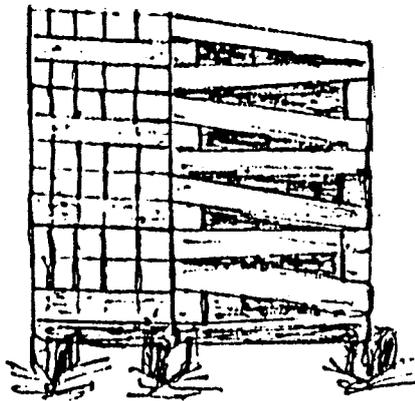
Es el que se logra por exposición de la madera a la atmósfera, en áreas abiertas de aserraderos, patios de acopio y otros. La madera se apila en forma tal, que permita la libre circulación del aire alrededor de cada pieza. La evaporación del agua y su difusión en forma de vapor, depende de las propiedades del aire, afectado por la temperatura y humedad relativa.

Esta forma de secar la madera es práctica y muchas veces la más económica, tal es el caso de los durmientes. Sin embargo, para afirmar categóricamente esto, habría que hacer estudios.

Los requisitos para que el secado al aire sea efectivo son que el patio de estacionamiento sea apropiado y que la circulación del aire sea libre. Estos patios generalmente son rectangulares y en ellos, se hacen calles perpendiculares con las cargas de madera, favoreciendo así la circulación y velocidad del aire. El apilado horizontal de la madera es el más generalizado, pero para el caso de los durmientes, existen sistemas de apilado especiales, como los que se muestra en la figura que sigue:

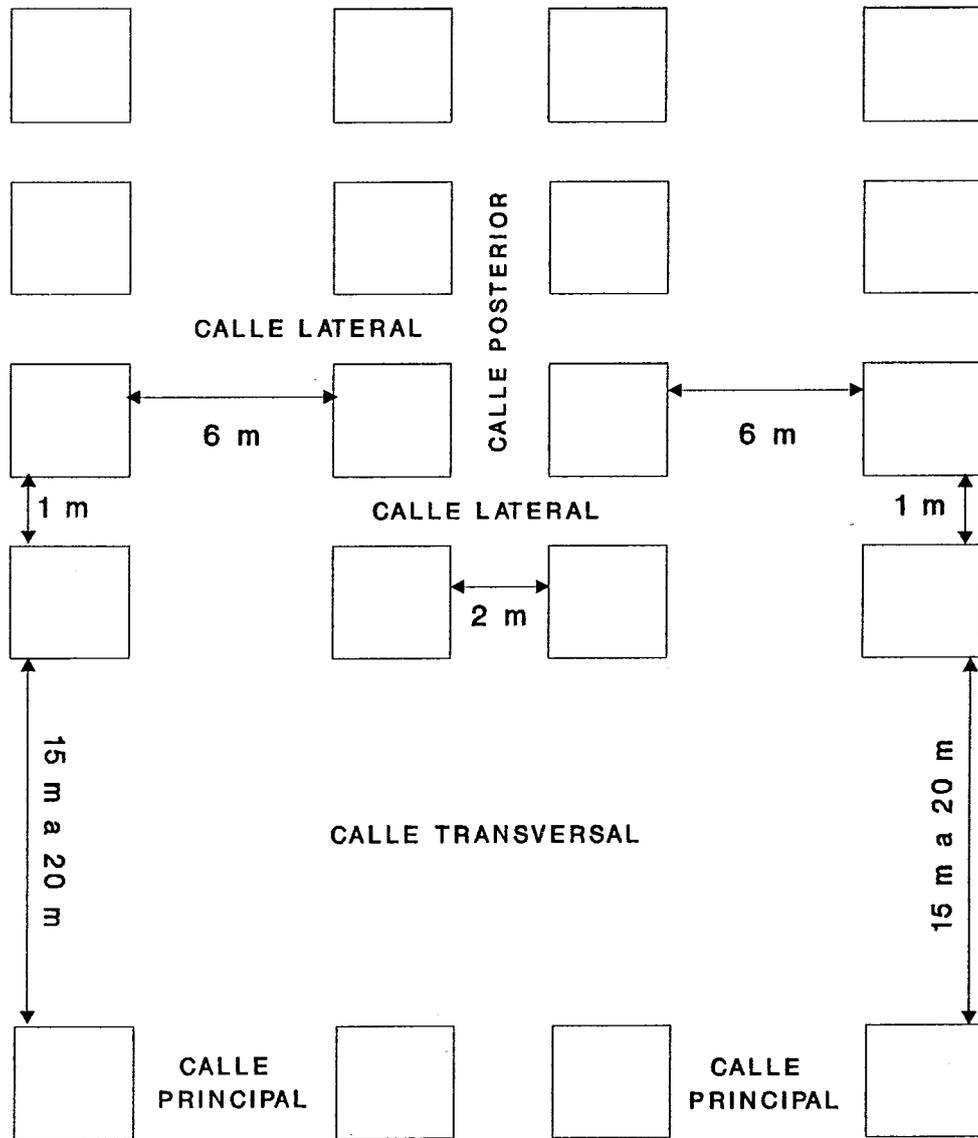


APILADO DE DURMIENTES POR LOS EXTREMOS 1 : 1  
CON DURMIENTES INTERMEDIOS COMO SEPARADORES



APILADO DE DURMIENTES POR LOS EXTREMOS 2 : 2

PATIO DE SECADO



### Cuidados de la Madera durante el Secado.-

Los durmientes a secar, se deben sellar en sus extremos o colocárseles placas metálicas anticuardeo, para evitar las rajaduras. A su vez, es conveniente aplicar productos químicos para el control de hongos e insectos de la madera.

Para hacer los cálculos finales de humedad, se procede así:

1. Se determina el porcentaje de humedad inicial del durmiente, ya sea por fórmula o por detector eléctrico.
2. Se calcula el peso seco del durmiente por medio de la siguiente fórmula :

$$P_{sc} = \frac{Ph}{100 + \%CH_i} \times 100$$

donde :

$$\begin{aligned} P_{sc} &= \text{Peso seco calculado (Kg).} \\ Ph &= \text{Peso húmedo del durmiente (Kg).} \\ \%CH_i &= \text{Porcentaje inicial de humedad del durmiente.} \end{aligned}$$

3. Conocido el  $P_{sc}$ , se fija un contenido final de humedad, por ejemplo, del 25% para durmientes preservados.
4. Se calcula el peso del durmiente para cuando llegue al 25% de humedad, aplicando la siguiente fórmula :

$$Ph = \frac{P_{sc} (100 + \% CH_f)}{100}$$

donde :

$$\%CH_f = 25\% \text{ (para durmientes a preservar)}$$

5. Cuando el durmiente testigo o muestra representativa del lote apilado ha llegado al Peso húmedo deseado o calculado, la madera apilada se encontrará apta para recibir el tratamiento preservador definitivo.

### Ejemplo Aclaratorio.-

Supongamos que de un lote de 50 durmientes a secar al aire, sacamos 3: uno de la parte baja de la pila, otro de la parte media y, otro de la parte de arriba de la pila. A estos durmientes les calculamos la humedad inicial y la promediamos. Supongamos que sea 60%, ahora pesamos cada durmiente:

- a. 80.430 kg.                      b. 83.225 kg.                      c. 81.560 kg.

Entonces:

$$\begin{aligned}
 1. \quad P_{sc_a} &= \frac{80.430}{100 + 60} \times 100 = 50.269 \text{ kg.} \\
 2. \quad P_{sc_b} &= \frac{83.225}{100 + 60} \times 100 = 52.125 \text{ kg.} \\
 3. \quad P_{sc_c} &= \frac{81.560}{100 + 60} \times 100 = 50.975 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

Sabemos que la humedad final será de 25%, por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 Ph_a &= \frac{50.269 (100 + 25)}{100} = 62.836 \text{ kg.} \\
 Ph_b &= \frac{52.125 (100 + 25)}{100} = 65.156 \text{ kg.} \\
 Ph_c &= \frac{50.975 (100 + 25)}{100} = 63.719 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

Cuando los durmientes, control de humedad, han llegado a los pesos esperados de : 62.836 kg; 65.156 kg; 63.719 kg, la pila o lote de durmientes estibados estará en promedio en el 25% de humedad y podrá recibir el tratamiento preservador adecuadamente.

#### Secado Artificial de la Madera.-

Es el proceso por el cual se elimina el exceso de agua en la madera mediante el empleo de equipos especiales, capases de controlar la temperatura, humedad y velocidad del aire, que son los factores que intervienen en el secado.

Los equipos especializados, como los hornos, deshidratadores, secadores al vacío o heliófilos, son muy variados y no es nuestro propósito entrar en amplias explicaciones.

Pero, es conveniente indicar que para secar la madera en estos equipos especializados, hay que contar con programas de secado apropiados para cada especie o tipo de madera.

Por otra parte, debemos indicar que el tiempo de secado está en función de las medidas de la madera. Así por ejemplo, para secar madera de una pulgada de espesor, el tiempo de secado normal está entre 5 y 7 días; pero esta misma madera, si es de dos pulgadas de espesor, demorará 15 a 20 días y no 10 a 14 días,

como muchas veces se piensa. Es decir, que a medida que aumentan las proporciones de la pieza de madera, el secado se hace más prolongado. De esto resulta, que es imposible secar un durmiente en 7 días, como muchas veces se ha pretendido.

Un programa de secado puede ser: fuerte, moderado o suave, según

el tiempo que dure y los extremos de temperatura que tenga.

#### PROGRAMA DE SECADO FUERTE

% Humedad	Temperatura °C		Depresión	% Humedad Relativa
	Bulbo seco	Bulbo Húmedo		
Verde	48.5	44.0	4.5	75
60	48.5	43.0	5.5	70
40	51.5	43.0	8.5	60
30	54.5	43.0	11.5	50
25	60.0	46.0	14.0	45
20	68.0	51.0	17.0	40
15	76.5	58.0	18.5	40

#### PROGRAMA DE SECADO SUAVE

% Humedad	Temperatura °C		Depresión	% Humedad Relativa
	Bulbo seco	Bulbo Húmedo		
Verde	48.5	46.0	2.5	85
60	48.5	45.0	3.5	80
40	54.5	50.5	4.0	80
30	60.0	55.0	5.0	75
25	71.0	63.5	7.5	70
20	76.5	64.0	12.5	55
15	80.0	64.0	16.0	45

Si observamos estos dos Programas de Secado, podemos notar que las condiciones de humedad para la madera son iguales, pero la temperatura del bulbo seco es más alta en el "Suave" que en el "Fuerte", lo mismo que en el bulbo húmedo, lo que origina una menor depresión en cada uno de los pasos del secado para ir bajando la Humedad relativa del interior del horno. Si esta depresión fuera constante, la madera no secaría, aún cuando eleváramos siempre la temperatura.

Las altas humedades relativas que deben usarse durante las primeras etapas del secado, sirven para controlar las tensiones en la superficie de la madera. Las temperaturas bajas, al

comienzo del proceso, se utilizan para evitar el efecto debilitante en el interior de la madera. Con el avance del secado, las condiciones de humedad relativa y temperatura, se irán invirtiendo, hasta que al final, la madera habrá secado sin presentar defectos.

La experiencia que se tenga en el manejo de programas de secado y conocimiento acerca de la madera que se seca, darán los resultados finales de la operación.

Si el secado es muy rápido o fuerte, lo que se lograr en la madera es una cementación o costra, que sólo endurece la parte superficial de la madera debido a que sus capas superficiales estarán en compresión (secas), mientras que el interior estará en tensión, por estar aún húmedo.

Una vez terminado el secado propiamente dicho, hay todavía variaciones de humedad en la madera, por este motivo, al final del proceso, debe darse a la madera un período de equilibrio o acondicionamiento, para homogenizar la humedad de toda la carga y así, disminuir las tensiones. Esto se consigue regresando al paso anterior del Programa y manteniendo estas condiciones durante un tiempo determinado para cada especie, según las pruebas del control de secado.

## CAPITULO V : CONTROL DE CALIDAD

### FUNCIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD.-

El control de calidad se basa en que, el hacer un producto inaceptable puede evitarse en alto grado.

Sabemos que la inspección conlleva al control de calidad como valioso aporte para alcanzar la máxima eficacia en la producción de un determinado producto.

Al buscar la mejor calidad en los durmientes de madera nacional, se irán coordinando todas las acciones para que el producto que se ofrezca sea de lo mejor, llevándolo a niveles económicos para que proporcionen una entera satisfacción.

Las etapas necesarias para lograr esta función son:

- Establecimiento claro de los objetivos, planes y procedimientos para el control de calidad.
- Tener una estructura de organización bien definida en funciones, responsabilidades y autoridad.
- Selección y entrenamiento del personal que participa.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.-

Su propósito, es orientar adecuadamente al proceso de producción. Por lo tanto, sirve al productor y al consumidor.

Una vez que las especificaciones han sido aceptadas en forma oficial por todas las partes comprometidas, se convierten en Ley o reglamento y deben cumplirse lo mejor posible si se desea evitar la confusión y el caos. Si por alguna razón se hace necesario desviarse de los acuerdos tomados, toda modificación debe ser autorizada para que siempre exista una sola Ley. Por otra parte, las especificaciones no deben dejar nada suelto para evitar la libre interpretación. De ser así, se irá corrigiendo poco a poco.

El empresario debe tener la suficiente libertad para escoger el método más adecuado para producir sus durmientes, pero siempre deberá estar encuadrado dentro de las especificaciones.

### OBJETIVOS, PLANES Y PROCEDIMIENTOS.-

El objetivo fundamental es cubrir la demanda de durmientes de madera nacional de buena calidad. Luego, el pensamiento imperante de todos los participantes debe ser el control de calidad. De hecho, el programa de control de calidad no se encontrará completo si falta el pensamiento o conciencia de lo que es calidad.

La promoción del concepto de calidad no debe tener límites y conviene practicarse a todo nivel. A veces, será necesario concertar criterios para definir las características de los durmientes que se desean. Si el productor sabe que va a ser inspeccionado, se preocupará de la calidad y tratará de cumplir con las especificaciones.

Entre los principales planes de control de calidad, están:

- Juzgar los sistemas de producción de los ofertantes.
- Evaluar las empresas y sus sistemas de producción, si son regulares o irregulares.
- Calificar a los proveedores.
- Calificar a los durmientes producidos.

El procedimiento para determinar en cada caso la capacidad de la empresa y la calidad del producto deberá ser cuantitativo, mediante el análisis de los siguientes factores:

- Instalaciones, equipos y medios de producción.
- Competencia y preparación del personal.
- Existencia de un sistema integral de calidad, formalmente documentado y operativo.
- Laboratorio de análisis para los ensayos específicos.

El mérito o resultado de las evaluaciones nos dará la idea más completa de las posibilidades de mayor o menor éxito en la producción de los durmientes de madera nacional.

Sabemos que es muy difícil que exista un proceso que nos permita obtener siempre productos idénticos uno de otro. Aunque el proceso sea muy preciso, siempre habrá una pequeña variación y así, el molde del proceso va quedando determinado por las mediciones o controles que hagamos en él. Este molde se puede calificar por la distribución normal de frecuencias. La desviación standard ( $\sigma$ ) es la medida de dispersión y nos indica si las variaciones normales del proceso son permitidas o no. El promedio aritmético puede fijar el nivel adecuado de tolerancia, si se fija previamente.

Además de conocer el molde del proceso, también nos interesa conocer su estabilidad o lo que es lo mismo, la seriedad del proceso. Un aumento o disminución periódica en la dispersión o un cambio en el proceso, nos indica que es inestable. Pero si el proceso es controlado frecuentemente, debe ser estable. Entonces, se dice que el proceso está operando bajo un sistema constante de control.

#### DELIMITACIÓN DE FUNCIONES.-

Tan pronto como se tenga listo el cuadro de personal que se encargará del control de calidad, se deberán indicar por escrito las funciones de cada uno de ellos, con esto se persigue

establecer un perfecto orden de funciones. Así, si el durmiente elaborado no cumple las especificaciones, será separado de los demás para no crear problemas futuros. Debe existir un plan o procedimiento muy claro para la calificación correspondiente de los durmientes terminados, antes de ser entregados a la inspección definitiva.

#### SELECCIÓN Y ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL.-

El personal asignado al control de calidad debe funcionar como una unidad. No cabe entre sus miembros las contradicciones, aunque sí las tolerancias, de acuerdo a las especificaciones. Para evitar esto, los durmientes no deben ser calificados dos veces y el personal que intervenga debe hacer un informe detallado en cada caso. El informe debe incluir las apreciaciones personales que sean tendientes a mejorar el proceso de fabricación. Cada informe deberá estar numerado y fechado, para que sirva de antecedente.

El jefe del equipo de control de calidad deberá estar en contacto periódico con el resto del personal, para entrenarlo y corregirlo en todas las deficiencias que pudiera tener.

## CAPITULO VI : DE LA INSPECCIÓN

### FUNCIONES GENERALES.-

La Inspección determina las condiciones de aceptación o rechazo de los durmientes producidos. Esto será regido por las especificaciones técnicas que norman la calidad de los durmientes.

Los inspectores serán designados por el Comprador, en concordancia con el Productor, obrando de buena fe. Los inspectores deberán tener acceso a las instalaciones donde se elaboran los durmientes y contar con libertad para desplazarse a lo largo de todo el proceso de fabricación, siempre y cuando no interfieran en el funcionamiento o trabajo normal de la empresa. El empresario o su representante a cargo de la planta, deberá dar toda la información que se requiera para facilitar el trabajo del inspector. Esto significa que entre ambas partes exista plena participación para poder cambiar ideas en la búsqueda del mejor entendimiento con el objeto de lograr los mejores resultados.

Durante la inspección, pueden presentarse tres casos:

- Que el lote a inspeccionar sea pequeño.
- Que el lote a inspeccionar sea mediano.
- Que el lote a inspeccionar sea grande.

### Inspección de un Lote Pequeño.-

Se realizará sobre la totalidad de durmientes, examinando los atributos de todas las unidades del lote (100%).

### Inspección de un Lote Mediano.-

Se podrá basar en el muestreo. En este caso, las muestras se tomarán al azar, en un número que sea representativo del lote y guarde relación con el tamaño de éste.

### Inspección de un Lote Grande.-

Se procederá por muestreo al azar o se podrán dividir en lotes más pequeños, según convenga.

### La Muestra.-

Es el grupo de unidades extraídas del lote totalmente al azar. De ella, se saca la información necesaria que permita apreciar las características del lote, para tomar una decisión sobre él.

El Lote.-

Es la cantidad especificada de durmientes de características similares. Es el caso de los durmientes de una misma especie y que van a ser sometidos a un mismo tratamiento. Por lo tanto, para los efectos de la inspección, debe considerarse como un conjunto unitario.

TAMAÑO DE LA MUESTRA

Tamaño del Lote	NIVELES DE INSPECCION					
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
2 a 8	-	100	-	-	-	-
9 a 15	-	100	-	-	-	-
16 a 25	-	100	-	-	-	-
26 a 50	-	100	-	-	-	-
51 a 90	-	-	5-9	10	-	-
91 a 150	-	-	10-17	11	-	-
151 a 280	-	-	18-34	12	-	-
281 a 500	-	-	37-65	13	-	-
501 a 1,200	-	-	-	-	70 - 168	14
1,201 a 3,200	-	-	-	-	180 - 480	15
3,201 a 10,000	-	-	-	-	512 - 1,600	16
10,001 a más	-	-	-	-	1,700	17

RESPONSABILIDAD DE LA INSPECCIÓN.-

Los inspectores deben conocer íntegramente las especificaciones y demás acuerdos que puedan existir entre el Productor y el Comprador. Como es el caso del control de humedad, de los controles sanitarios o los controles de la preservación, principalmente en lo que se refiere a escalas y aplicación de fórmulas para el cálculo de absorción y análisis químicos. El inspector sólo debe responder por los aspectos que debe inspeccionar y no por los que no estén determinados.