



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



***“ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA  
TRANSFORMACIÓN DE LA MADERA, UTILIZANDO  
SIERRA DE CADENA, DE LA ESPECIE *Dipteryx odorata*  
Aublet. (SHIHUAHUACO) DE LA ZONA DE PUCALLPA.”***

***TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:  
INGENIERO FORESTAL.***

**JORGE MANUEL REVILLA CHÁVEZ**

**PUCALLPA-PERÚ**

**1999**

**14241**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

## FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

### ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

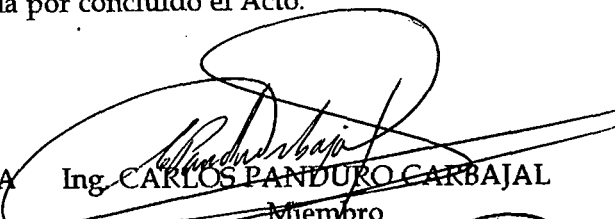
En la ciudad de Pucallpa, a los dos días del mes de Julio de Mil Novecientos Noventinueve, siendo las 11:20 a.m. horas, de acuerdo a lo dispuesto por el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali; se reunieron los integrantes del Jurado Calificador, nombrado por la Comisión de Grados y Títulos para proceder a la Sustentación Pública de la Tesis "ANALISIS TECNICO - ECONOMICO DE LA TRANSFORMACION DE LA MADERA, UTILIZANDO SIERRA DE CADENA DE LA ESPECIE *Dypteryx odorata* Aublet (Shihuahuaco) DE LA ZONA DE PUCALLPA", presentado por el Bachiller JORGE MANUEL REVILLA CHAVEZ, ante el Jurado Calificador conformado por los siguientes docentes:

PRESIDENTE : Ing. DAVID LLUNCOR MENDOZA  
MIEMBRO : Ing. CARLOS PANDURO CARBAJAL  
MIEMBRO : Ing. WILFREDO BONILLA SALAZAR  
ASESOR : Ing. MANUEL I.SALVADOR CARDENAS

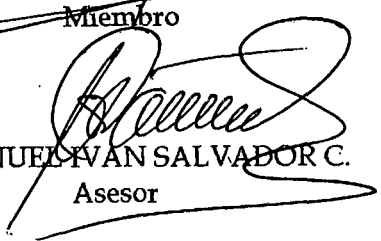
Finalizada la sustentación se procedió a la evaluación respectiva, seguidamente la Comisión deliberó llegando a la siguiente conclusión. La Tesis ha sido APROBADA por UNANIMIDAD quedando el Sustentante APTO para obtener el Título de Ingeniero Forestal, previa subsanación de las observaciones y sugerencias alcanzadas por el Jurado y los asistentes.

Siendo las 12:50 del mismo día, se da por concluido el Acto.

  
Ing. DAVID LLUNCOR MENDOZA  
Presidente

  
Ing. CARLOS PANDURO CARBAJAL  
Miembro

  
Ing. WILFREDO BONILLA SALAZAR  
Miembro

  
Ing. MANUEL IVAN SALVADOR C.  
Asesor

*A mi alma mater.*

*A la región Ucayali, tierra de mis padres.*

*A mis profesores, quienes me brindaron su conocimiento y sabiduría para contribuir al avance de la ciencia.*

*A los jóvenes universitarios, que con su esfuerzo y empeño buscan la superación, para ser en el futuro hombres de servicio y de bien.*

*A Jorge y Sadith, mis padres; mi eterna gratitud, por educarme sabiamente y hacer posible la culminación de mi carrera.*

## **AGRADECIMIENTO**

- **Al Ing. M. Sc. Iván Salvador Cárdenas, asesor de la presente tesis, por su apoyo incondicional y decidido a la realización del presente trabajo.**
- **A la Ing. Leticia Guevara Salnicov, co-asesora del presente trabajo, por su valioso aporte a la realización del presente trabajo de investigación.**
- **Al Sr. Julio Rengifo, empresario forestal, por colaborar con las instalaciones de su campamento para la realización del presente trabajo.**
- **Al Dr. Wilder Valenzuela, docente de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM, por su gran aporte y apoyo desinteresado a la elaboración del presente trabajo.**
- **A los Ingenieros Luis Del Carpio y Jorge Vigil, funcionarios de ENAFER S.A., por brindar información valiosa para la ejecución del trabajo.**
- **A los profesores de la FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
- **Al Ing. M. Sc. Víctor Araujo, docente de la facultad de ciencias forestales de la UNU, por el apoyo brindado en la identificación botánica de la especie forestal en estudio.**
- **A todas las personas que una y otra forma han colaborado para la ejecución del presente trabajo.**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>I- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1. Formulación del problema	11
1.2. Antecedentes	11
1.3. Objetivos	12
1.4. Justificación	13
1.5. Hipótesis y variables	14
<b>II- MARCO TEÓRICO</b>	<b>15</b>
2.1. Descripción de la especie	15
2.2. Características macroscópicas y microscópicas	21
2.3. El durmiente de madera	24
2.4. Características de selección de la materia prima y especies más utilizadas.	25
2.5. Proceso de transformación	26
2.6. Rendimiento de madera en durmientes	27
2.7. Defectos más frecuentes en durmientes	27
2.8. Clasificación de los durmientes	29
2.9. Costos de transformación	29
<b>III- METODOLOGÍA</b>	<b>30</b>
3.1. Ubicación geográfica	30
3.2. Método de investigación	30
3.3. Población y muestra	30
3.4. Procedimiento de recolección de datos	31
3.5. Tratamiento de datos	32

<b>IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES.</b>	<b>39</b>
4.1. Análisis del proceso de transformación de la madera en durmientes con sierra de cadena de la especie <i>Dypteryx odorata</i> Aublet. (shihuahuaco)	39
4.2. Del rendimiento de la materia prima en durmientes	45
4.3. Del grado de calidad de los durmientes obtenidos	53
4.4. De la frecuencia de los defectos	54
4.5. Del costo unitario de transformación en durmientes	56
<b>V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>59</b>
5.1. Conclusiones	59
5.2. Recomendaciones	61
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>62</b>
<b>Anexos</b>	<b>66</b>

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Rendimiento de madera en durmientes de la especie eucalipto	27
2. Defectos más frecuentes en durmientes de madera motoaserrada de la especie shihuahuaco	28
3. Durmientes de madera motoaserrada aceptados y rechazados de la especie shihuahuaco	29
4. Rendimiento de la madera de <i>Dypteryx odorata</i> Aublet. en durmientes.	45
5. Relación entre el volumen bruto y el rendimiento en durmientes de madera de shihuahuaco.	46
6. Relación entre el diámetro de troza y el rendimiento de la madera de shihuahuaco en durmientes.	47
7. Relación entre el diámetro de troza y las variables dependientes: rendimiento de la madera en durmientes y el volumen porcentual del defecto en la troza.	49
8. Relación entre el diámetro y las variables dependientes: rendimiento en la obtención de durmientes y volumen porcentual de residuos, en madera de shihuahuaco	50
9. Volumen total en sus componentes porcentuales	52
10. Durmientes aceptados y rechazados	53
11. Defectos más comunes en durmientes de shihuahuaco	55

<b>12. Resumen de cálculo del costo unitario de durmientes de madera de shihuahuaco</b>	<b>56</b>
<b>13. Análisis comparativo entre estructuras de costos implícitos en la transformación de madera por durmiente.</b>	<b>57</b>



## INDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
1. Muestra dendrológica de la especie <i>Dypteryx odorata</i> (Aublet) Willd.	17
2. El durmiente.	24
3. Proceso de fabricación de durmientes utilizando sierra de cinta, en función a los cortes aplicados.	26
4. Flujo de producción de durmientes de madera utilizando sierra de cadena	39
5. Proceso de tumbado y trozado de árboles en pié de <i>Dypteryx odorata</i> (Aublet) Willd.	42
6. Proceso de transformación de madera de <i>Dypteryx odorata</i> (Aublet) en durmientes.	44
7. Relación entre el volumen bruto y el rendimiento en durmientes de madera de shihuahuaco.	46
8. Relación entre el diámetro de troza y el rendimiento en la obtención de durmientes de madera de shihuahuaco.	48
9. Relación entre el diámetro y las variables dependientes: rendimiento y el volumen porcentual del defecto en la madera de shihuahuaco	49
10. Relación entre el diámetro y las variables dependientes: rendimiento en durmientes y magnitud de residuos.	51
11. Representación porcentual de los componentes del volumen bruto.	52

<b>12. Durmientes de shihuahuaco aceptados y rechazados por clasificación visual norma ENAFER (1998).</b>	<b>53</b>
<b>13. Defectos más comunes en durmientes acabados de madera de shihuahuaco.</b>	<b>54</b>
<b>14. Costos porcentuales implícitos en la determinación del costo unitario por durmiente de shihuahuaco</b>	<b>56</b>

### **INDICE DE ANEXOS**

- Anexo 1. - Norma para licitaciones públicas de durmientes de madera (ENAFER,1998).**
- Anexo 2. - Datos de campo para la obtención de componentes de la transformación de madera de shihuahuaco en durmientes.**
- Anexo 3. – Defectos causa de rechazo en durmientes de madera de shihuahuaco.**
- Anexo 4. – Defectos más comunes en durmientes terminados.**
- Anexo 5. – Estructura de costos para la determinación del costo por durmiente.**
- Anexo 6. – Costos implícitos de maquinarias y equipos para determinar costos fijos y costos variables(S/.)**

## INTRODUCCION.

El Perú como muchos otros países en el mundo, tiene necesidad de durmientes para conservar o renovar gran parte de sus vías, las que prácticamente han llegado al límite de su vida útil, lo que hace que las condiciones de seguridad se vean disminuidas. Esta situación motivó a ENAFER a que entre los años 1981 a 1987, por no disponer de durmientes en la cantidad y tiempo oportuno para cumplir con los planes de rehabilitación de las vías haga las gestiones necesarias para importar 214 500 durmientes del Canadá, preservados con Pentaclorofenol y 390 000 durmientes de Bolivia, sin tratamiento, debido a que la madera Quebracho Colorado (*Aspidosperma quebracho*), posee mayor durabilidad en forma natural y no lo requiere, creando con estas importaciones un descontento general entre los madereros nacionales, quienes consideran paradójico que el Perú con más de 72 millones de hectáreas de bosque natural y con alrededor de 2 500 especies forestales maderables, no se pueda autoabastecer de los durmientes que necesita y se vea en la necesidad de recurrir a las importaciones (GONZALES y DAVID, 1987).

Por consiguiente la Empresa Nacional de Ferrocarriles del Perú (ENAFER-PERU); el cual es el principal comprador de durmientes en el país; programe la inversión de US\$ 5 180 000,00 en la compra de 166 000 durmientes entre piezas de durmientes de línea ancha y durmientes de línea angosta todo esto para el año 1998 y cuya entrega deberá terminar en 1999; la adquisición de dicho lote será destinada a la instalación y cuidado de vías ferroviarias, los cuales deben ser mantenidas permanentemente; según información proporcionada por representantes de la misma institución. (GUEVARA, 1998)

En tal forma fue necesario realizar el estudio que nos permitió obtener la información necesaria para estimar las posibilidades que otorga el durmiente a los empresarios e industriales de la Amazonía, conociendo el costo real de su transformación, el proceso a seguir, dificultades para su transformación, defectos del producto final y calidad del producto al momento de la entrega; lo que brinda al empresario una herramienta de gran importancia, que contribuirá en el desarrollo de planes estratégicos para cubrir las necesidades del sector.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **1.1. Formulación del Problema.**

La industria del aserrío de la madera de Pucallpa no está produciendo durmientes de madera para líneas férreas; por su elevado costo de transformación y sus bajos rendimientos de la madera en durmientes. Razones por la cual los fabricantes de durmientes se han desplazado al bosque con la finalidad de emplear una técnica más simple, como el uso de la sierra de cadena en el aserrío y reducirlos costos de extracción, transporte y transformación de dicho producto. (GONZALES y DAVID, 1987).

Por tal sentido se hizo necesario analizar técnica y económicamente esta actividad para proporcionar información que será utilizada por los sectores ligados a esta actividad, los que contarán con herramientas útiles, que permitan estimar resultados valiéndose de procesos reales y aplicativos.

### **1.2. Antecedentes.**

En muchos países del mundo, existe una gran preocupación sobre el desabastecimiento de durmientes para la construcción y mantenimiento de las vías férreas, por lo que se han visto en la necesidad de definir sus procesos productivos a partir de los recursos que disponen; tal es el caso del estudio sobre producción de durmientes de Eucalipto llevado a cabo en Venezuela, que define como objetivo principal el conocimiento de sus actividades e implicancias en el lapso de transformación; donde se determinan rendimiento; proceso; aptitudes de la especie y valoración de defectos; también se han realizado estudios situacionales del durmiente en cada uno de sus ámbitos lo que hace de la información muy referencial. Además existen documentos donde se cita la valoración del proceso productivo de la fabricación de durmientes de especies latifoliadas realizados entre los años 1987-1991, donde dan a conocer los costos implícitos en la obtención de durmientes de madera por distintos procesos. (TUSET y GARCIA, 1987)

### 1.3. Objetivos.

- 1.3.1. Describir la transformación de la madera de *Dipteryx odorata* Aublet. (shihuahuaco) en durmientes utilizando sierra de cadena en la zona de Curimaná-Ucayali.
- 1.3.2. Determinar el rendimiento de la madera de *Dipteryx odorata* Aublet. transformada en durmientes con sierra de cadena.
- 1.3.3. Determinar el porcentaje de durmientes por grado de calidad de la especie *Dipteryx odorata* Aublet..
- 1.3.4. Identificar los defectos más frecuentes que presenta la madera de *Dipteryx odorata* Aublet. como durmiente.
- 1.3.5. Determinar el costo unitario de transformación de la madera de *Dipteryx odorata* Aublet. en durmientes en Ucayali.

#### 1.4. Justificación.

En la ciudad de Pucallpa se encuentra instalada la mayor cantidad de empresas forestales del país, debido a su ubicación estratégica en la amazonía peruana; cuya ventaja radica en la cercanía a los bosques naturales y cuenta con vías de comunicación, aérea y fluvial, que permite el transporte de la madera ya sea rolliza o aserrada. (DRAU, 1997)

Según DRAU (1997), los aserraderos de Pucallpa, procesan actualmente la madera de cincuenta especies forestales con características anatómicas, físicas, mecánicas y tecnológicas diferentes. Dentro de las cincuenta especies forestales que se mencionan, existe un grupo de especies forestales aptas para la fabricación de durmientes entre los cuales destaca el "Shihuahuaco" (*Dipteryx odorata* Aublet.), cuya producción anual en Ucayali es de 15 500 m<sup>3</sup>, especie que por sus características le permiten competir con los durmientes importados; sin embargo los aserraderos de Pucallpa en estos últimos dos años no producen durmientes para vías férreas por su elevado costo de transformación, bajo rendimiento de las especies forestales y elevado porcentaje de residuos.

Para satisfacer el requerimiento promedio anual de 425 000 durmientes de madera que tiene ENAFER. (GONZALES y DAVID, 1987). Actualmente los productores de durmientes vienen obteniendo dichos durmientes en pleno bosque utilizando sierras de cadena (motosierra), y para ello han establecido una metodología de aserrío diferente a la de un aserradero, que aún no ha sido difundida que día a día se está constituyendo en una actividad que amerita un análisis en sus aspectos técnicos y económicos, a fin de obtener información seria, que muy bien puede ser utilizada por los que se encuentran inmersos en el negocio de los durmientes de madera y que les permita tomar decisiones rápidas y seguras. (GUEVARA, 1998).

## 1.5. Hipótesis y variables.

Existen en la región amazónica la especie *Dipteryx odorata* Aublet (Shihuahuaco) apta para la su transformación en durmientes y que está siendo transformado en el bosque con el uso de sierras de cadena, sin considerar los parámetros técnicos y económicos.

Las variables del presente estudio son el proceso de transformación de la madera en durmientes, rendimiento de la materia prima, el costo unitario de transformación de madera en durmientes, grados de calidad de durmientes según ENAFER (1998) y los defectos más comunes en durmientes terminados.

## II MARCO TEORICO.

### 2.1. Descripción de la especie.

#### 2.1.1. Taxonomía de la especie.

Según ENGLER y PRANT (1964), modificado por MELCHIOR (s.f), indica que la ubicación sistemática de la especie es la siguiente:

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Fanerógamas
División	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotyledoneae
Subclase	:	Archichlamydeae
Orden	:	Rosales
Familia	:	Leguminosae Syn. Fabaceae
Subfamilia	:	Papilionoideae
Tribu	:	Dalbergieae
Genero	:	<i>Diptryx</i> Schreb.
Especie	:	<i>Diptryx odorata</i> Aublet
Sinonimia	:	<i>Comarouna odorata</i> (Aublet) Willd.



### 2.1.2. Descripción dendrológica.

SPICHIGER et al (1989), describe a la especie *Dipteryx odorata* Aublet (Shihuahua), como: *Arbol grande*. *Ramas* tortuosas, glabras y de sección orbicular. *Hojas*: alternas, imparipinnadas, con 5 a 7 foliolos alternos. *Estípulas* no observadas. *Pecíolo* glabro, de (5-)7-8 cm de long., alado; las alas membranaceas miden 0,15-0,20 cm de ancho. *Raquis* de 7-9 cm de long. Glabro y alado, terminado por un mucrón bastante largo y afilado de 2,5-3,5 cm de long. *Peciolulo* de 0,4 cm de long. y 0,2 cm de ancho, glabro, canaliculado y comprimido. *Foliolos* asimétricos, elípticos, de (6,5)8,5-14,5 x 5-7,5 cm, muy coriáceos y espesos; base asimétrica, truncada y redondeada; ápice agudo a muy cortamente acuminado; las dos caras del limbo son glabras y de distinto color; en nervio principal, impreso en la haz, es prominente en el envés, los nervios secundarios y terciarios salientes en las dos caras. *Inflorescencia*, racimos axilares o terminales. *Flores*: caliz ferrugíneo-tomentoso, los dos lobos superiores son anchos y aliformes de 1-1,2 mm de long., los tres inferiores forman tres dientes cortos. Corola púrpura y violeta, de 5 pétalos, el estandarte es muy ancho y las dos alas levantadas. Estambres monadelfos en un número de 8 por aborto de dos de ellos. Ovario glabro, oblongo, con un solo óvulo. Las flores son perfumadas. *Fruto*: drupáceo, oblongo, comprimido, indehiscente y leñoso, de 6 cm de long., 3,5 cm de anchoy 2 cm de espesor. El fruto es monospermo y exhala un perfume agradable (cuando fresco). (Gráfico 1)

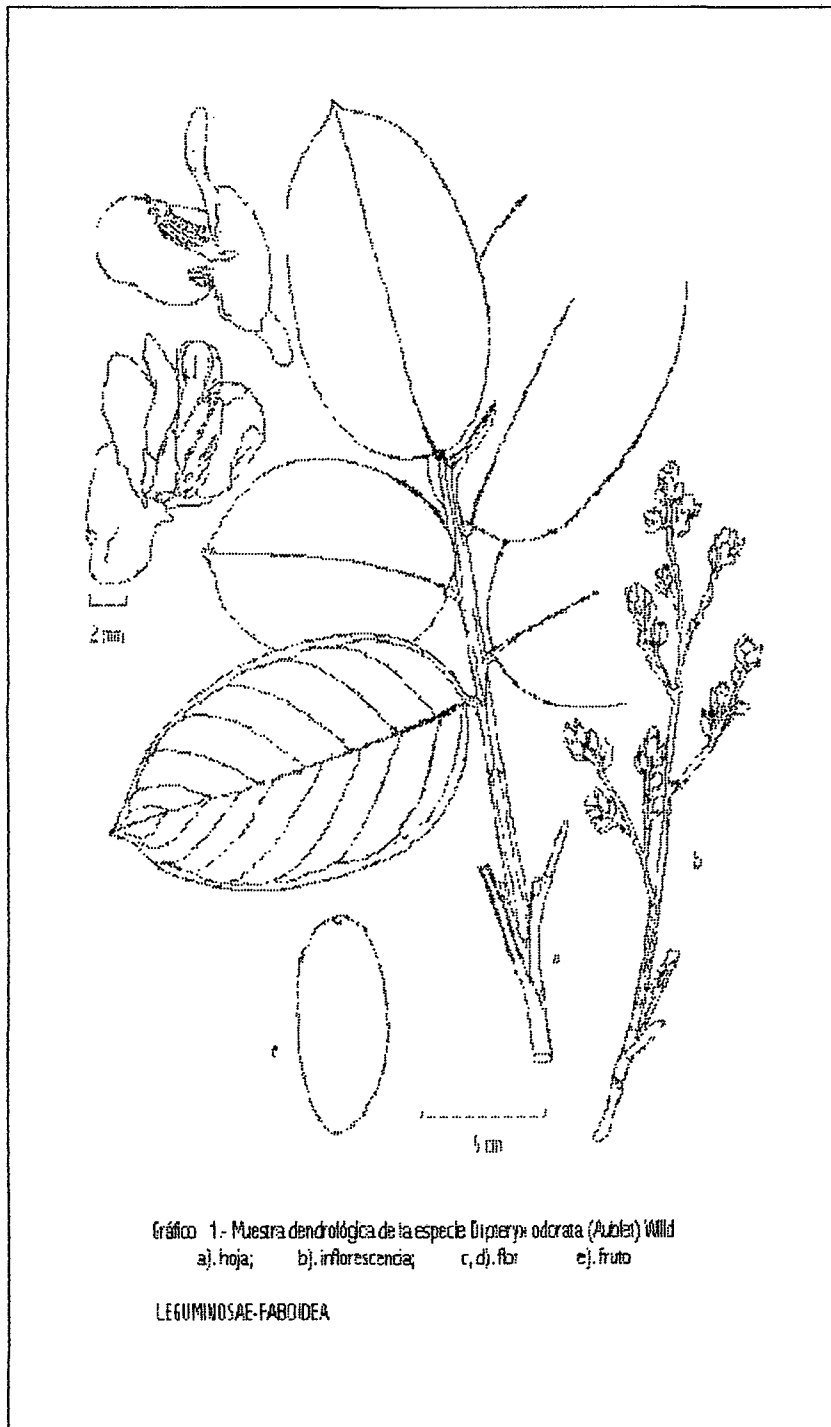


Gráfico 1.- Muestra dendrológica de la especie *Dipteryx odorata* (Aublet) Willd  
a). hoja; b). inflorescencia; c, d). flor e). fruto

LEGUMINOSAE-FABOIDEA

### 2.1.3. Procedencia y antecedentes.

ITTO-DGFF (1991), describe algunas características de la especie *Dipteryx odorata* Aublet. (shihuahuaco):

- a. Abundancia en el bosque tropical amazónico, según los resultados de los inventarios forestales disponibles y de acuerdo a las zonas, el volumen bruto de shihuahuaco varia entre 0,5 m<sup>3</sup>/ha a 3,0 m<sup>3</sup>/ha.
- b. Hábitat, el shihuahuaco se encuentra en los bosques primarios en terrenos con buen drenaje en la formación ecológica o zona de vida bosque seco tropical.
- c. Distribución, en la Amazonía de Perú, Brasil y Colombia hasta las Guayanas y el Orinoco. En el Perú se encuentra principalmente en los departamentos de Loreto, San Martín y Ucayali.
- d. Antecedentes, el shihuahuaco se comercializa localmente en Pucallpa como madera para pisos, construcción y durmientes.

### 2.1.4. Descripción del árbol en pie.

ITTO-DGFF (1991), describe a la especie de la siguiente manera:

- a. El shihuahuaco es un árbol grande, alcanza hasta 35 metros de altura, el tronco de 60 a 150 cm de diámetro. Fuste recto y cilíndrico. Corteza externa marrón oscuro o rojiza, gruesa y fisurada pero compacta.
- b. Corteza interna amarilla rojiza a cremosa amarillenta, lisa y quebradiza.

**c. Descripción de la Madera.**

Albura	:	Diferenciada, pero de poco espesor.
Duramen	:	
(1) Color	:	Marrón
(2) Brillo	:	Medio alto
(3) Veteado	:	Característico
(4) Dureza	:	Alta
(5) Grano	:	Entrecruzado
(6) Textura	:	Gruesa
(7) Olor	:	No perceptible

**2.1.5. Propiedades físicas. (ITTO-DGFF, 1991).**

a. Densidad básica	:	0,87 g/cm <sup>3</sup>
b. Contracción tangencial	:	9,10 %
c. Contracción radial	:	5,50 %
d. Contracción volumétrica	:	15,00 %
e. Relación tangencial/radial	:	1,66

**2.1.6. Propiedades mecánicas. (ITTO-DGFF, 1991).**

a. Modulo de elasticidad en flexión	:	1286 kg/cm <sup>2</sup>
b. Modulo de rotura en flexión	:	672 kg/cm <sup>2</sup>
c. Compresión paralela (RM)	:	150 kg/cm <sup>2</sup>
d. Compresión perpendicular (ELP)	:	145 kg/cm <sup>2</sup>
e. Corte paralelo a las fibras	:	1353 kg/cm <sup>2</sup>
f. Tenacidad (resistencia al choque)	:	6,2 kg/cm <sup>2</sup>

RM = Resistencia máxima; ELP = Esfuerzo al limite de proporcionalidad.

**2.1.7. Características de la troza. (ITTO-DGFF, 1991).**

- a. Forma : Regular.
- b. Diámetros : Grandes mayores de 25 pulgadas.
- c. Defectos comunes: Agrietamientos internos y  
acebolladuras.

**2.1.8. Conservación (ITTO-DGFF, 1991):** Si las trozas permanecen durante varios meses en el bosque después del tumbado, hay riesgo de alteración de albura (manchas); por lo tanto convendrá evacuar las trozas en un espacio de tiempo razonable y si acaso, efectuar un tratamiento protector si se destinan a la exportación.

**2.1.9. Flotación (ITTO-DGFF, 1991):** Por su densidad en verde superior a 1, las trozas de shihuahuaco no pueden evacuarse de las zonas de extracción por flotación a no ser que vayan asociadas en balsas con maderas que flotan.

**2.1.10. Aserrió y secado. (ITTO-DGFF, 1991).**

- a. Aserrió : Difícil.
- b. Presenta grano entrecruzado y es de alta dureza, por lo que se recomienda estelitar las sierras.
- c. Secado : Buen comportamiento con un programa suave de 10 días para piezas de pequeñas dimensiones (parquet). Para piezas mayores, es difícil de secar, pues presenta problemas de alabeos.

### 2.1.11. Durabilidad natural y usos. (ITTO-DGFF, 1991).

- a. Durabilidad Natural : Resistente
- b. Preservación Recomendada : No requiere
- c. Usos : - Estructuras  
*Vigas*  
*Columnas*  
*Plisos*  
*Durmientes*  
*Otros*

## 2.2. Características macroscópicas y microscópicas.

RODRIGUEZ y SIBILLE (1996), describen las características anatómicas de especie *Dipteryx odorata* Aublet (shihuahuaco), de la siguiente manera:

### 2.2.1. Características macroscópicas.

#### a. Poros y líneas vasculares.

- Visibilidad : Visibles a simple vista
- Porosidad : Difusa
- Tipo y disposición : Solitarios y múltiples radiales (50% c/u).
- Forma y contenido : Ovalada, algunos presentan gomas.

#### b. Parénquima longitudinal.

- Visibilidad : Visible a simple vista.
- Cantidad : Regular.
- Tipo : Paratraqueal vascicentrico y aliforme.

**c. Radios.**

Visibilidad	:	Visibles con lupa de 10X.
Contraste característico:		Ausente.
Estratificación	:	Presente.

**2.2.2. Características microscópicas.**

**a. Poros/Vasos**

Tipo y disposición	:	Solitarios y múltiples radiales de 2 a 5 poros.
Platina de perforaciones	:	Horizontales, de tipo simple.
Aberturas de punteaduras	:	Incluidas, de forma redonda.
Punteaduras intervasculares	:	Alternas, de forma redonda.
Número promedio por mm <sup>2</sup>	:	Escaso, de 5 poros.
Diámetro tangencial prom.	:	Medianos, de 184 $\mu$ .

**b. Parénquima longitudinal.**

Tipo	:	Paratraqueal vasicentrico y aliforme.
Contenido	:	Presencia de cristales de forma romboide.
Estratificación	:	Ausente

**c. Radios.**

Tipo	:	Homogéneos.
Punteaduras radiovasculares	:	Similares a las intervasculares.
Número promedio por mm	:	Moderadamente numeroso de 7 radios.
Tamaño en número de células	:	Ancho : de 1 a 3 células Altura : de 5 a 19 células
Tamaño promedio en mm	:	Bajo de 0,33 mm.
Contenido	:	Ausente.

**d. Fibras.**

Forma	:	Fusiforime.
Septas	:	Ausentes.
Estratificación	:	Ausentes.
Longitud promedio	:	Largas (1 613 $\mu$ .)
Espesor de pared	:	6 $\mu$ .
Punteaduras	:	No se observaron.

**e. Inclusiones.**

Conductos gomíferos	:	Ausentes.
Sustancias orgánicas	:	Gomas en los vasos.
Sustancias inorgánicas	:	Cristales de forma romboide, se encuentran en el parénquima longitudinal.



### 2.3. El Durmiente de madera.

ITINTEC (1980), norma 251.061, define a los durmientes de madera como una pieza destinada a soportar y mantener a distancia fija y preestablecida los rieles en vías ferroviarias. De la misma forma en los durmientes se pueden distinguir las siguientes partes:

- 2.3.1. Cara superior, superficie correspondiente al ancho más alejado a la médula.
- 2.3.2. Cara Inferior, superficie correspondiente al ancho más próximo de la médula.
- 2.3.3. Canto, superficie correspondiente al espesor del durmiente.
- 2.3.4. Cabeza, superficie transversal extrema.
- 2.3.5. Zona de Asiento del Riel, zona que se ubica a una distancia de 25 cm a cada lado del eje del riel, a todo lo ancho de la cara superior.

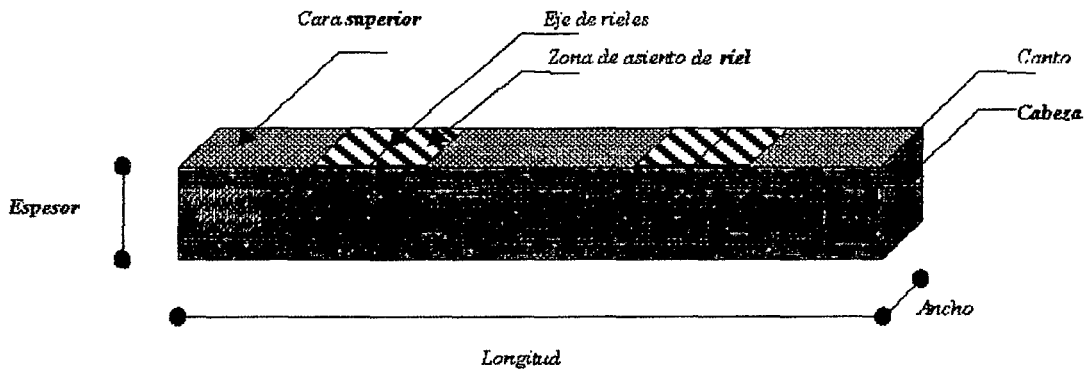


Gráfico 2.- El Durmiente de madera

## **2.4. Características de selección de la materia prima y especies más utilizadas.**

KELLER y HEURTEMATE (1967), señalan las características de calificación de la madera para la fabricación de durmientes las cuales deben presentar las siguientes características:

- 2.4.1.** Poseer buenas características de resistencia mecánica a la compresión perpendicular a las fibras (igual o mayor a 60 kg/cm<sup>2</sup>), a la tracción (igual o mayor a 30 kg/cm<sup>2</sup>), a la flexión y al shock transversal.
- 2.4.2.** Ser resistente a cizallamiento (igual o mayor a 35 kg/cm<sup>2</sup>), poco difícil de partir y poco tensionada.
- 2.4.3.** Buena resistencia a la tenacidad. Aptitud a soportar los efectos de los choques y de las vibraciones (igual o mayor a 2 kg.m).
- 2.4.4.** Buen comportamiento al secado (relación contracción T/R, igual o menor de 2,0; madera moderadamente estable)
- 2.4.5.** Presentar una durabilidad natural lo más elevada posible.
- 2.4.6.** Ser apta para someterse a tratamientos de impregnación.
- 2.4.7.** Debe presentar una buena trabajabilidad a la mano y a la maquina (no se recomienda maderas muy silíceas).

También presenta una relación de especies forestales de la región con aptitudes para su utilización en la fabricación de durmientes:

- a.** Pumaquiro
- b.** Palo Sangre
- c.** Mashonaste o Tulpay
- d.** Shihuahuaco
- e.** Chontaquiro
- f.** Azúcar huayo
- g.** Quinilla colorada
- h.** Estoraque
- i.** Huayruro
- j.** Azufre
- k.** Tahuari amarillo

## 2.5. Proceso de transformación.

Así mismo KELLER y HEURTEMATE (1967), describen procesos de fabricación en función a los cortes aplicados con sierra de cinta, para la obtención de un mayor rendimiento, como se muestra en el gráfico 3.

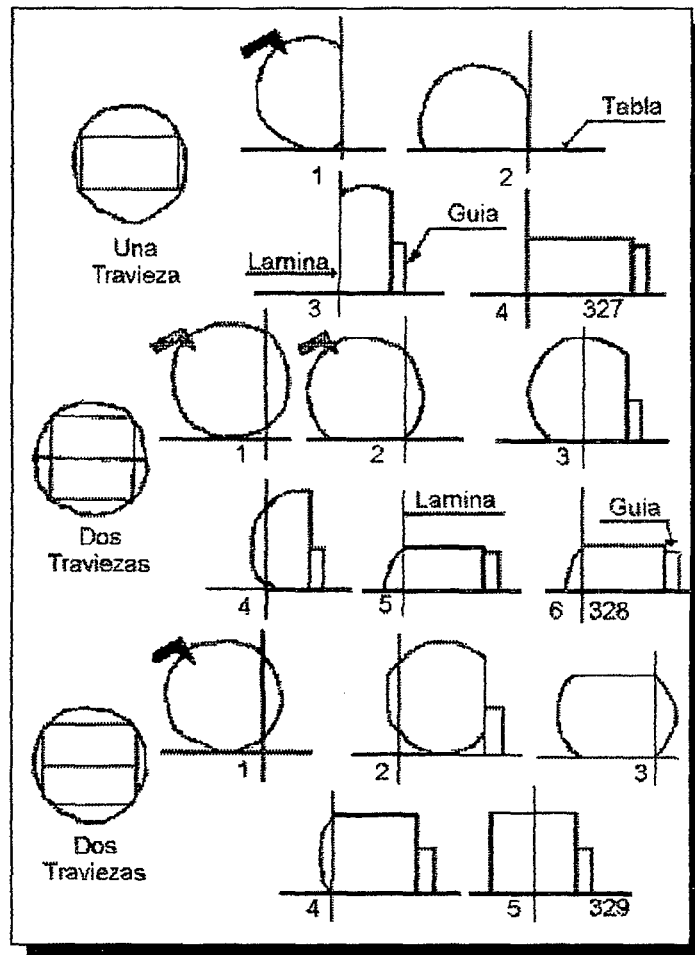


Gráfico 3. - Proceso de fabricación de durmientes utilizando sierra de cinta, en función a los cortes aplicados.

## 2.6. Rendimiento de madera en durmientes.

TUSET y GARCIA (1987), obtuvieron resultados sobre rendimiento de la transformación de madera de eucalipto en durmientes sin médula aserrados con sierra de cinta, por categorías diamétricas, resultados que se aprecia en el cuadro 1.

Cuadro 1.- Rendimiento de madera en durmientes  
de la especie de eucalipto

Categ. (cm)	Volumen bruto		Rend. en Durmientes		
	m <sup>3</sup>	%	Cant.	m <sup>3</sup>	%
30,1 a 40,0	0,25	100	0,25	0,02	7,24
40,1 a 50,0	0,41	100	2,45	0,18	42,93
50,1 a 60,0	0,62	100	3,10	0,23	36,38
60,1 a 70,0	0,86	100	4,75	0,34	39,92
<b>Total</b>	<b>2,15</b>	<b>100,0</b>	<b>10,55</b>	<b>0,77</b>	<b>---</b>
<b>Prom.</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>35,66</b>

## 2.7. Defectos más frecuentes en durmientes.

ENAFER (1998), en su norma para licitaciones publicas de durmientes de madera, señala las especificaciones técnicas para la fabricación de durmientes, así como los defectos y tolerancias permisibles. (Anexo 1)

GONZALES y DAVID (1987), define los defectos más comunes en durmientes de madera acabados.

**2.7.1. Acebolladura.-** Separación del leño entre los anillos consecutivos de crecimiento.

**2.7.2. Nudos.-** En caras, en cantos o agrupados en racimos, presentes generalmente en áreas en donde se bifurca el fuste, aglomeración de alta densidad de fibras concéntricas.

**2.7.3. Encorvadura.-** Alabeo que sufre la madera en los cantos, en sentido longitudinal.

**2.7.4. Arqueadura.-** Torcedura de caras, en sentido longitudinal.

- 2.7.5. Arista faltante.-** Es la falta de madera en una o más aristas del durmiente.
- 2.7.6. Rajadura.-** Afecta dos caras o cantos opuestos.
- 2.7.7. Atabacado.-** En la zona del asiento del riel, en la cara superior sobre todo si es de tipo anular.
- 2.7.8. Agujeros.-** Causados por insectos xilófagos, polillas, u otros.
- 2.7.9. Madera tensionada.-** Anormal de madera, formada por la disposición excéntrica de la médula, caracterizada por su color, consistencia y diferentes propiedades mecánicas a las que corresponden a la especie.
- 2.7.10. Pudrición.-** Descomposición de componentes estructurales de la madera, lignina o celulosa, por acción de hongos xilófagos.
- 2.7.11. Fisuras.-** Hendiduras profundas de poco espesor ya sea en cara, canto o en ambas. (Anexo 4)

GUEVARA (1998), identificó los defectos más frecuentes en los durmientes de madera motoaserrada de la especie shihuahuaco:

Cuadro 2.- Defectos más frecuentes en durmientes de madera motoaserrada de la especie shihuahuaco.

Defecto	Shihuahuaco	
	Nro.	%
Fisuras en cara	201	39
Fisuras en canto	74	14
Fisuras cara/canto	24	5
Albura	103	20
Déficit de medida	54	10
Otros	60	12

## 2.8. Clasificación de los durmientes.

ENAFER (1998), en su norma de licitaciones públicas de durmientes de madera, define que la clasificación de los durmientes en dos categorías: durmientes aceptados y durmientes rechazados. (Anexo 1)

GUEVARA (1998), presenta los resultados de la clasificación de durmientes de madera motoaserrada de la especie shihuahuaco en el cuadro 3:

Cuadro 3.- Durmientes de madera motoaserrada aceptados y rechazados de la especie shihuahuaco.

Defecto	Shihuahuaco	
	Nro.	%
Durmientes recepcionados	1 667	100
Durmientes aceptados	1 151	69
Durmientes rechazados	516	31

## 2.9. Costos de transformación en durmientes.

ANONIMO (1990), calcula el costo de S/. 32,13 (\$US 9,59) por durmiente de 6"x 8"x 8' (32 pt). Todo esto considerando los costos de materia prima, proceso de transformación, procesos complementarios (manipuleo, movimiento para inspección, carga y descarga del durmiente), otros (canon forestal y canon de reforestación, transporte, gastos administrativos y financieros).

AEMRU (1998), define el costo por durmiente motoaserrado puesto en vía de acceso, sin incluir pago por derechos forestales ni fletes, aun precio de S/.39,64 (\$US. 11,83).

### III. METODOLOGIA.

#### 3.1. Ubicación geográfica.

El estudio se realizó en el área que comprende el Bosque Nacional Alexander Von Humboldt, entre los km. 18 y 26 de la carretera Neshuya-Curimaná.

- Región Ucayali.
- Provincia de Padre Abad.
- Distrito de Curimaná.

#### 3.2. Método de investigación.

Para el desarrollo de la investigación se tuvo en cuenta el método tradicional de obtención de durmientes con sierra de cadena practicado en la zona; Así mismo se realizó un estudio y control de los factores que generalmente implican una variación en el rendimiento de los productos terminados; para ello fue necesario determinar las dimensiones y calidad de la muestra (materia prima), los defectos presentes en las diferentes etapas de producción; maquinarias y equipos que intervienen en el proceso y clasificación de los productos terminados.

#### 3.3. Población y muestra.

La capacidad de procesamiento de la brigada se estimó en aproximadamente 150 trozas de shihuahuaco por año constituyendo la población. Del cual se obtuvo una muestra en 45 trozas, aplicando la fórmula presentada por TIERRE (1956):

$$N = CV^2T / E^2$$

Donde:

$N$  = Tamaño de muestra.

$CV$  = Coeficiente de variabilidad.

$T$  = Valor tabular al 95% de probabilidad.

$E$  = Error de la muestra al 10%.

### **3.4. Procedimiento de recolección de datos.**

**3.4.1.** La toma de datos se inició describiendo cada etapa del proceso de transformación, desde la selección del árbol en pie hasta la clasificación de los durmientes.

**3.4.2.** Para determinar el rendimiento de la madera en durmientes se procedió a obtener el volumen rollizo de las trozas, para ello se realizaron dos mediciones del diámetro en cada uno de los extremos de la troza, luego se prosiguió a medir la longitud de la troza para que de esta forma determinar finalmente el volumen rollizo, utilizando la formula de Smalian.

Luego se realizó la medición de los defectos, tomando dos mediciones del diámetro del defecto en cada uno de los extremos de las dos secciones de la troza, para que luego de medir su longitud determinar el volumen que ocupa el defecto en la troza.

El volumen de los durmientes se determinó obteniendo el volumen del durmiente estándar (152,4mm x 203,2mm x 2,44m;  $0,076m^3$ ), para luego multiplicarlo por las unidades obtenidas al final del proceso y por relación con el volumen rollizo obtener el rendimiento.

**3.4.3.** En el patio de acopio de los durmientes (borde de la carretera), se realizó la clasificación de los durmientes de madera teniendo en cuenta las normas de clasificación de durmientes ENAFER (1998), los que clasificaron los durmientes obtenidos por la peor cara del mismo para luego determinar su aceptación o rechazo.

**3.4.4.** La identificación de los defectos más frecuentes se realizó paulatinamente a la clasificación, mediante la medición de los mismos y determinando su tolerancia. La diversidad de combinación entre los defectos más frecuentes, hizo necesaria la nominación del defecto por el de mayor preponderancia.



**3.4.5.** Para determinar el costo unitario de los durmientes puesto a la orilla de la carretera, se utilizó la metodología presentada por el PROYECTO PNUD/FAO/PER/78/003, (1979), las que para aplicar las fórmulas se tomaron los siguientes precios: de la materia prima, de las maquinarias y equipos, de los insumos; así como los costos de la mano de obra, derechos forestales e imprevistos, así como un costo generado por el rechazo, producto de la clasificación visual de los durmientes. Todo ello se acumulará para ser dividido entre la producción por año o turno, obteniéndose de esta forma el costo unitario por durmiente.

### **3.5. Tratamiento de los datos.**

**3.5.1. Del campamento.-** Se describió el proceso de transformación de madera en durmientes en el campo, con el que se obtuvo el flujo real del proceso de transformación de la madera en durmientes.

**3.5.2. Del rendimiento de la materia prima.-** Se determinó calculando el volumen rollizo de las trozas, empleando la fórmula de Smalian; posteriormente se obtuvo el volumen de los durmientes y el rendimiento se determinó con la siguiente relación:

$$R = \frac{\text{Volumen de durmientes}}{\text{Volumen de troza}} \times 100$$

Donde:

$R$  = Rendimiento en %

Estos valores nos permitieron establecer una relación entre el diámetro (factor independiente) y el rendimiento de la materia prima en durmientes (factor dependiente). Así mismo se estableció otra relación entre el volumen de la materia prima (factor independiente) y el rendimiento de la materia prima (factor dependiente); estas relaciones se determinaron teniendo en cuenta el comportamiento de las variables en cada uno de los

análisis, siendo estos ajustados a una función matemática que fue la que más se ajustó a los resultados obtenidos.

**El volumen porcentual del defecto**, se determinó utilizando la fórmula de Smalian, aplicada solo a la zona afectada por defectos en la troza, el cual se obtuvo por la siguiente relación:

$$Vd = \frac{\text{Volumen de defecto}}{\text{Volumen de troza}} \times 100$$

Donde:

$Vd$  = Volumen del defecto en %

Del cual se hizo el análisis de correlación existente entre el diámetro de troza (factor independiente) y el volumen porcentual del defecto (factor dependiente), y así mismo se determinó el comportamiento de los defectos en función al diámetro de la troza utilizando la función ecuación matemática que más se ajuste a los resultados.

**El volumen porcentual de los residuos**, se determinó por diferencia, mediante la siguiente relación:

$$Vr = 100 - (R + Vd)$$

Donde:

$Vr$  = Volumen de residuos en %

$R$  = Rendimiento en %

$Vd$  = Volumen del defecto en %

De los resultados obtenidos se pudo encontrar la relación existente entre el residuo (factor dependiente) y el diámetro de la troza (factor independiente), obteniéndose una función matemática la cual es la que más se ajusta a la observada en los resultados.

**3.5.3. De la clasificación de los durmientes.-** Se realizó utilizando las normas de la clasificación de durmientes según grados de calidad la Norma de Licitaciones Públicas para la Adquisición de durmientes de madera ENAFER (1998) (Anexo 1), la cual clasifica a los durmientes en dos: Durmientes aceptados y durmientes rechazados, la definición de estos dependieron de la magnitud del defecto en la totalidad del durmiente, esto implicó la identificación y medición de cada uno de los defectos y de esta forma se definió el porcentaje de durmientes producidos por unidad de volumen según su clasificación.

La determinación del porcentaje de durmientes aceptados se realizó por la siguiente relación:

$$Da = \frac{\text{Durmientes aceptados} \times 100}{\text{Durmientes recepcionados}}$$

Donde:

$Da$  = Durmientes aceptados en %

Del mismo modo la determinación del porcentaje de durmientes rechazados se realizó por la siguiente relación:

$$Dr = \frac{\text{Durmientes rechazados} \times 100}{\text{Durmientes recepcionados}}$$

Donde:

$Dr$  = Durmientes rechazados en %.

**3.5.4. La identificación de los defectos.-** Se realizó, cuantificando la ocurrencia de los defectos en los durmientes acabados con características más saltantes, los que fueron motivo de rechazo.

La determinación de la frecuencia del tipo de defecto se hizo utilizando la siguiente relación:

$$FDef = \frac{\text{Frecuencia de defecto causa de rechazo} \times 100}{\text{Durmientes rechazados}}$$

Donde:

$Fdef$  = Frecuencia del defecto en %.

**3.5.5. Del costo unitario por durmiente.-** Se determinó según el PROYECTO PNUD/FAO/PER/78/003, (1979), acumulando los costos fijos, costos variables, imprevistos y costo por rechazo. La obtención del costo unitario por durmiente se realizó utilizando las siguientes fórmulas:

**a. Costos fijos.-** Se determinan por suma de las depreciaciones más el interés de la inversión media anual:

$$CF = D + IMA$$

Donde:

$CF$  = Costo fijo

$D$  = Depreciación

$IMA$  = Interés sobre la inversión media anual

**Depreciación (D):** Se refiere a la depreciación de las maquinarias y equipos por concepto de pérdida de valor producido por el uso y/o la obsolencia.

$$D = \frac{VA - VR}{N \times P}$$

Donde:

- $VA$  = Valor actual del ítem por depreciarse.
- $VR$  = Valor residual del ítem al final de su vida útil.
- $N$  = Vida útil en años de trabajo efectivo
- $P$  = Producción anual en pies tablares o metros cúbicos.

**Interés sobre la inversión media anual (IMA):** es el costo por el uso o la renta del capital total invertido tomando en cuenta su depreciación anual. Formula:

$$IMA = \frac{\left[ \left( \frac{(Vt - Rt)(N + 1)}{2N} \right) + Rt \right] i}{P}$$

Donde:

- $i$  = Tasa de interés expresada en decimal.
- $Vt$  = Monto total del capital invertido.
- $Rt$  = Valor residual total de planta.
- $P$  = Producción anual

- b. **Costos variables.**- Se determinaron con la suma de los costos de operación, entre los que destacan los siguientes: repuestos y limas, combustibles, canon forestal y de reforestación, materia prima, mano de obra, beneficios sociales, entre otros, el cual se calcula por la siguiente fórmula:

$$CV = \sum \frac{Cv}{P}$$

Donde:

- $CV$  = Costo variable total.  
 $Cv$  = Costo variable.  
 $P$  = Producción por turno.

- c. **Imprevistos.**- Se determina sobre la base de los costos fijos y costos variables, para el cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = (CF + CV) \times 0,06$$

Donde:

- $I$  = Imprevistos (6%)  
 $0,06$  = Factor de imprevistos (6%)

- d. **Costo por rechazo de durmientes.**- Se determina por el costo que genera el rechazo de los durmientes producto de la clasificación visual de los durmientes, expresado por la siguiente fórmula:

$$Cr = ((CF + CV) \times 0,06) \times 0,16$$

Donde:

- $Cr$  = Costo por rechazo  
 $0,16$  = Factor de rechazo

El factor de rechazo obtenido para determinar el costo por rechazo de los durmientes al momento de la clasificación, se determinó, por la siguiente fórmula:

$$Dr = \frac{\text{Durmientes rechazados}}{\text{Durmientes recepcionados}}$$

- e. **Costo unitario.**- Se determina sumando todos los costos que involucrados en el proceso productivo, donde intervienen los costos fijos, costos variables, imprevistos y costos por rechazo de durmientes, calculado por la siguiente fórmula:

$$CU = CF + CV + I + Cr$$

Donde:

$CU$  = Costo unitario

$CF$  = Costo fijo

$CV$  = Costo variable

$I$  = Imprevistos

$Cr$  = Costo por rechazo

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

##### 4.1. Análisis del proceso de transformación de la madera en durmientes con sierra de cadena de la especie *Dipteryx odorata* Aublet. (shihuahuaco).

Del proceso observado en el campo, se ha obtenido el presente flujograma, el mismo que define las etapas del proceso productivo.

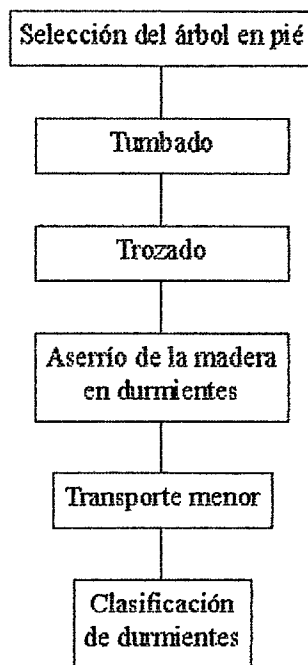


Gráfico 4. - Flujo de producción de durmientes de madera utilizando sierra de cadena.

La descripción gráfica del flujo productivo como proceso, son descritos a continuación, en donde se precisan los detalles en cada una de las fases.

##### 4.1.1. Selección del árbol en pie.

Se seleccionaron los árboles con un diámetro mínimo de 100 cm (40 pulg.). Los árboles deberán estar ubicados de preferencia próximos a una vía terrestre o fluvial que permitan el transporte de los durmientes a patios de clasificación.



#### 4.1.2. Tumbado.

- a. Se realiza la limpieza de los alrededores del árbol en un radio de no menos de 2 m. Luego construir las rutas con una dirección diagonal, opuesta a la dirección de caída, formando un ángulo aproximado de  $45^\circ$  con la línea de caída.
- b. Se realiza las muescas o corte de dirección, en el mismo lado del árbol hacia donde va a caer tal como se puede apreciar en el gráfico 4-b y 4-c. El trabajo consiste en hacer un corte oblicuo de aproximadamente  $45^\circ$ , y uno horizontal, que al unirse permita extraer una cuña de madera.
- c. El corte de caída, se realiza a 10 a 25 cm por sobre la muesca, para evitar desviaciones por debajo del corte horizontal de la muesca (gráfico 4-c). El corte de caída se termina dejando una franja de madera sin cortar de aproximadamente un décimo del diámetro del árbol, que se denomina bisagra, y que tiene la misma función que una bisagra de una puerta.

#### 4.1.3. Trozado.

- a. El trozado, se inicia despejando el área que ocupa el fuste para facilitar los trabajos de seccionamiento del fuste del árbol (trozado), el seccionamiento del fuste se efectúa en trozas de 2,45 m de longitud con una tolerancia de mas o menos 0,01 m.. Del fuste de un árbol se obtienen entre 4 y 7 trozas dependiendo de las dimensiones del árbol y de la presencia de defectos (ver gráfico 4-d y 4-e).

#### 4.1.4. Del aserrió de la madera en durmiente.

- a. Se da inicio a la transformación nivelando la troza en forma horizontal, para ello se requiere de 4 a 6 tacos por troza; que proporciona mayor estabilidad a la troza.
  
- b. Una vez asegurada la troza, se marca una línea paralela a la corteza de la troza utilizando delineador de cuerda pigmentada de aproximadamente 3m, por donde se debe efectuar el primer corte evitando de esta manera los desvíos (gráfico 5-c). Luego el operador de la sierra procede a realizar un corte paralelo al eje de la corteza de la troza, en uno de sus cantos, de tal forma que se obtenga una cantonera de un espesor mínimo de 9" en la parte más ancha de dicha pieza; libre de defectos (rajaduras, galerías de termitas, nudos podridos, nudos huecos, grietas, entre otros), de esta manera se puede aprovechar la madera en el mayor porcentaje posible, para esta fase es necesario contar con cuñas de metal o madera para forzar la separación de la pieza; las cuñas son introducidas en las hendiduras con la ayuda de martillos o combas hasta lograr desprender la cantonera de la troza. (Gráfico 5-b).
  
- c. Obtenida la cantonera, se procede a nivelar la misma, con la sección plana hacia arriba, para luego proceder a diagramar la dirección que debe seguir la sierra para la posible obtención de durmientes; el diseño de la dirección del corte debe estar orientado a obtener piezas ya sea en función al ancho (202 mm; 8 pulg.) o al espesor (152 mm; 6 pulg.) del durmiente; para ello es necesario instalar sobre la parte plana de la cantonera el riel que permitirá a la sierra de cadena guiar el corte (Gráfico 5-c).

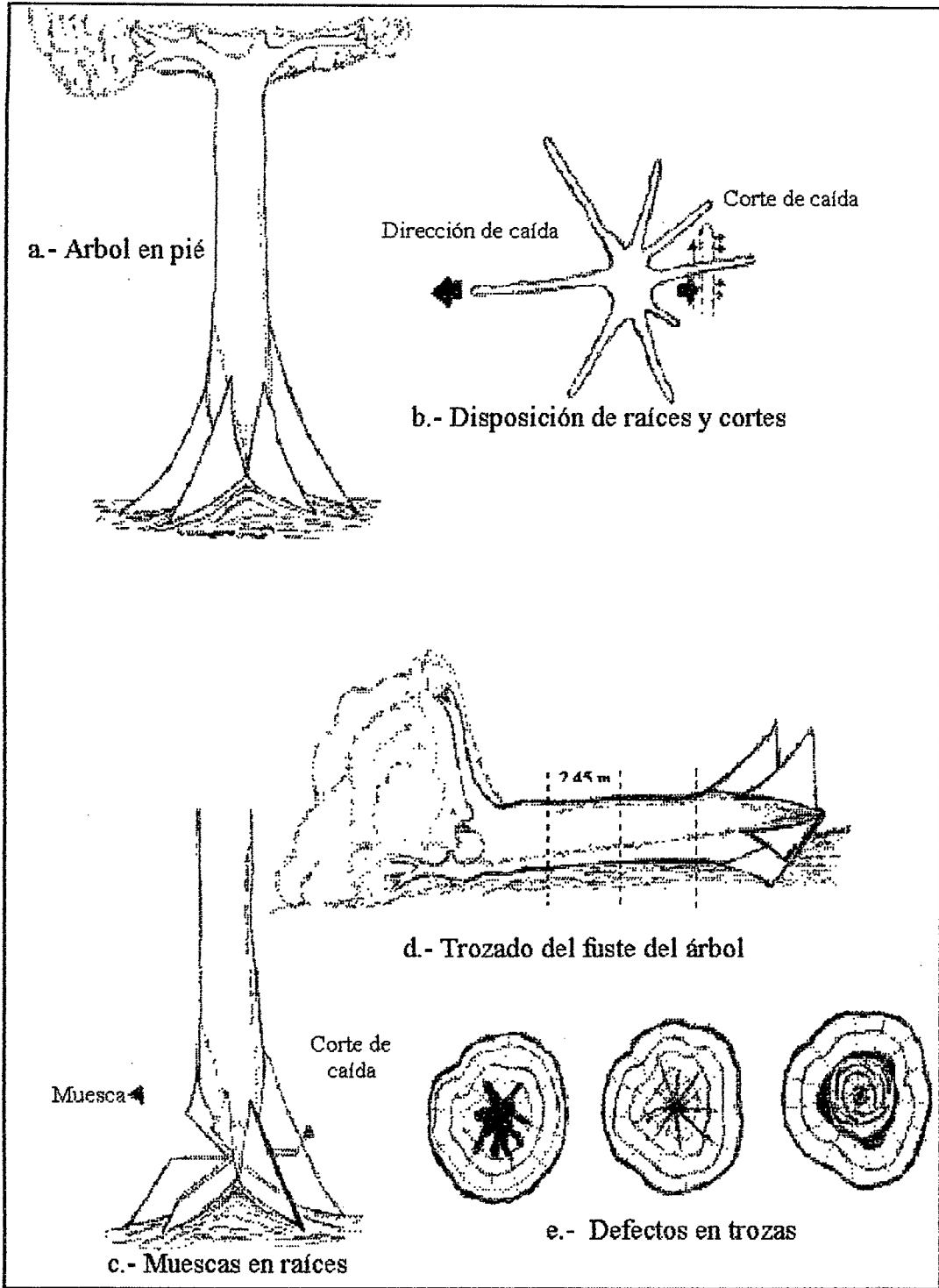


Gráfico 5. - Proceso de turnbado y trozado de árboles en pie de *Dipteryx odorata* Aublet (Shihuahuaco).

- d. La cantonera es aserrada totalmente (gráfico 5-d) hasta obtener piezas con tres lados escuadrados y uno irregular. Generalmente de este proceso se obtienen de 2 a 4 tablones por cantonera. Para luego proceder al canteado (gráfico 5-e).
- e. Una vez culminado el escuadrado total la pieza, se procede al despuntado, para obtener el durmiente final y luego llevarlo al patio de acopio.
- f. Del mismo modo se procede con las demás cantoneras de la troza, (gráfico 5-f, g, h). Siendo el rendimiento de entre 5 a 7 durmientes por día. Dependiendo del diámetro de la troza, de la magnitud de los defectos en la troza, de los factores climáticos, estado anímico del personal, entre otros.

#### **4.1.5. Del transporte menor.**

- a. El transporte menor de los durmientes se realiza en forma manual, desde el patio de acopio hasta la orilla de las vías de acceso, las distancias de transporte fluctúan de entre 100 a 1000 m. El rendimiento de transporte menor de durmientes por día es de entre 5 -20 durmientes.

#### **4.1.6. De la clasificación.**

- a. La clasificación de los durmientes lo realizó el personal de la empresa compradora (ENAFER S.A.). Utilizando las normas para licitaciones públicas de ENAFER S.A. 1998, (Anexo 1), determinando su aceptación o rechazo, guiado por la peor cara del durmiente.

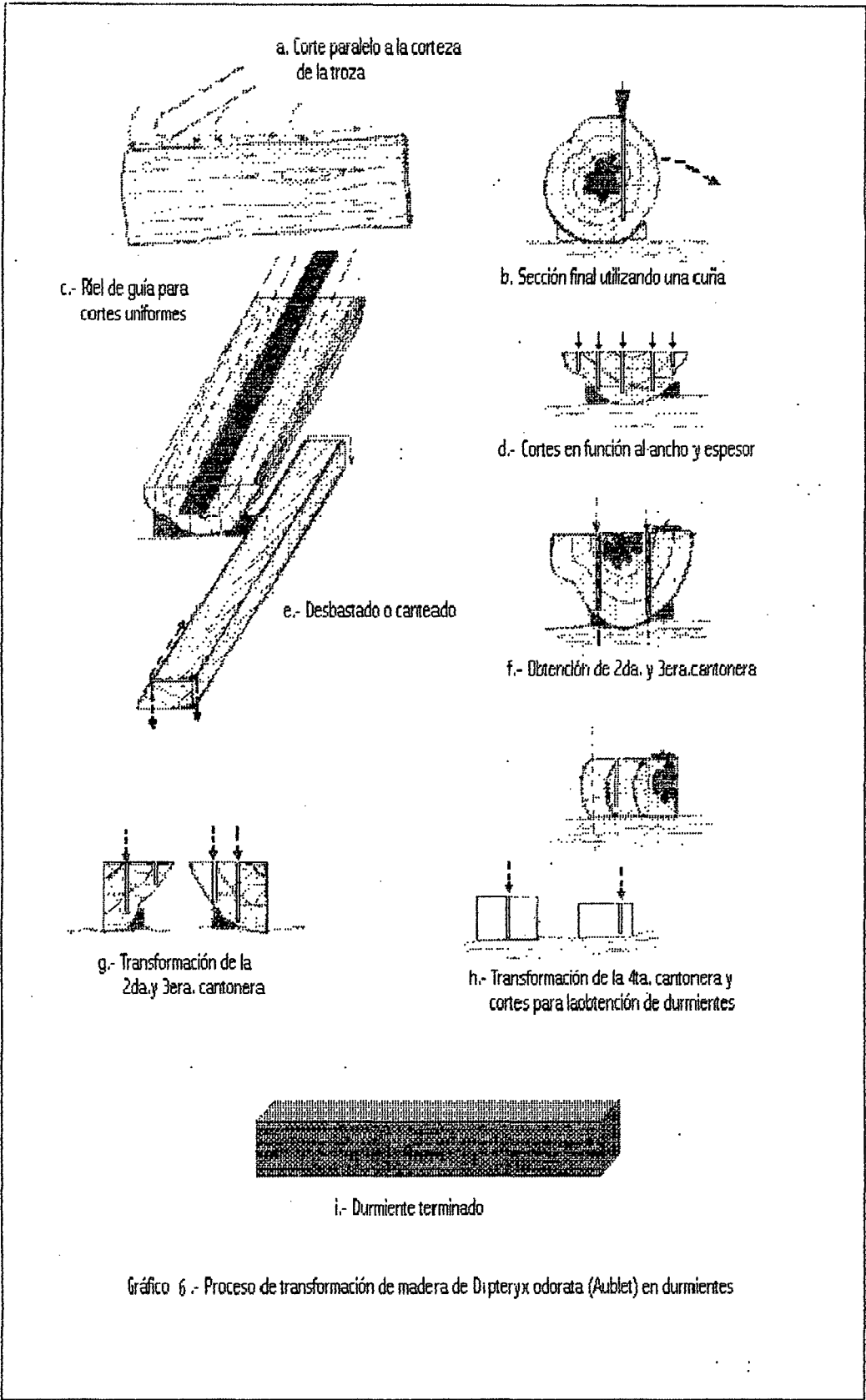


Gráfico 6.- Proceso de transformación de madera de *Dipteryx odorata* (Aublet) en durmientes

#### 4.2. Del rendimiento de la materia prima en durmiente.

El cuadro 4, muestra los resultados del rendimiento promedio de la transformación de madera de *Dipteryx odorata* Aublet. (shihuahuaco) en durmientes:

Cuadro 4. - Rendimiento de la madera de *Dipteryx odorata* Aublet. en durmientes.

Nro. Trozas	Vol. Bruto		Vol. Defecto		Vol. Residuos		Rendimiento		
	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	Durm. (Nro.)	Durm. (m <sup>3</sup> )	%
45	146,63	100	28,90	19,71	77,38	52,78	532	40,34	27,51
C.V.	30,14		62,00		17,72			32,56	

Cabe indicar que el volumen bruto se refiere al volumen total de la trozas; el volumen del defecto, al espacio que ocupan los defectos en la troza que pueden ser: medula hueca, estrellado, acebolladura y anillado (gráfico 4-e). Por lo tanto el rendimiento promedio de la madera de shihuahuaco es de 27,51% con un coeficiente de variabilidad C.V. de 32,56%. El elevado porcentaje de variabilidad en el rendimiento es consecuencia de la magnitud de los defectos de las trozas y queda confirmado con el elevado coeficiente de variabilidad (62,00%) que presenta el volumen de madera afectada por el defecto.

El rendimiento obtenido en el presente estudio difiere de los obtenidos por TUSET y GARCIA (1987), que arrojan 35,66%, en la producción de durmientes a partir de madera de "eucalipto"; esto puede atribuirse a la utilización de sierras de cinta en la obtención de durmientes de eucalipto y además de las características morfológicas de la especie utilizada.

##### 4.2.1. Análisis de la relación entre el volumen bruto y el rendimiento.

El cuadro 5 y el gráfico 7, muestran los resultados de la relación entre el volumen bruto de la madera shihuahuaco y el rendimiento en durmientes:

Cuadro 5. – Relación entre el volumen bruto y el rendimiento en durmientes de madera shihuahuaco.

Parámetros	T.M. <sup>1</sup>	Ecuación	r <sup>2</sup>	R	N.S. <sup>2</sup>
Volumen bruto Vs. Rendimiento	45	$y = -1,2837x^3 + 18,395x^2 - 81,268x + 137,11$	0,2666	0,5163	>0,2943 * >0,4747 ***

En el cuadro 5, se puede observar que existe una relación altamente significativa entre el volumen bruto y el rendimiento en la transformación en durmientes de madera de shihuahuaco:

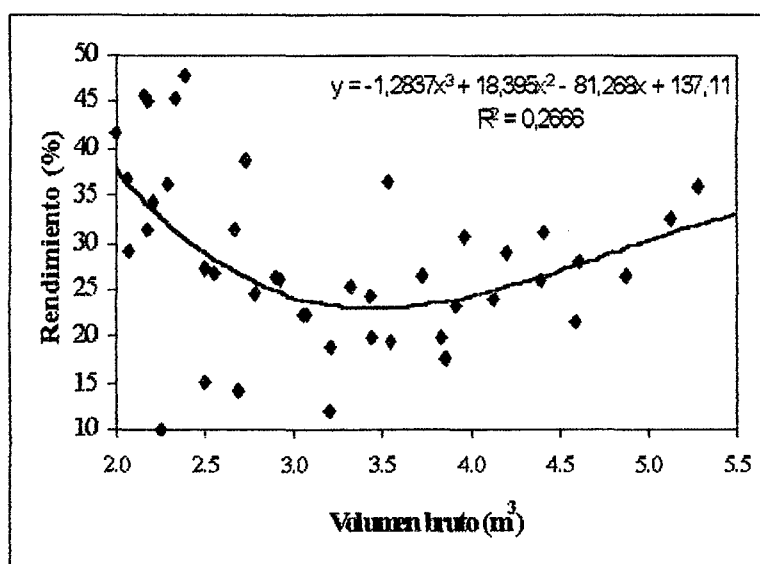


Gráfico 7. – Relación entre el volumen bruto y el rendimiento en durmientes de madera de shihuahuaco.

Por otro lado en el gráfico 7, se puede observar que los rendimientos van en descenso a medida que los volúmenes brutos aumentan entre los rangos de 2,0 a 3,5 m<sup>3</sup>, este comportamiento es explicable, debido a que el defecto presente en el centro de la troza (característica general de la especie) se incrementan desproporcionalmente al incremento del volumen bruto, este hecho es corroborado por TUSET y GARCIA (1987), que obtuvo

<sup>1</sup> T.M. Tamaño de la muestra

<sup>2</sup> N.S. Nivel de significación.

una ligera variación decreciente en el rendimiento de durmientes de eucalipto a medida que los volúmenes aumentaron entre los 0,41 y 0,86 m<sup>3</sup>, generándose en ambos casos un mayor porcentaje de desperdicios entre los rangos antes citados.

Del mismo modo el coeficiente de determinación r<sup>2</sup> de 0,2666, indica de que los rendimientos de la madera de shihuahuaco en la obtención de durmientes, son influenciados en un 26,66 % por el volumen bruto y un 73,34 % es influenciado por factores como defectos y residuos.

#### 4.2.2. Análisis de la relación entre el diámetro de la troza y el rendimiento en durmientes.

En el gráfico 8 y cuadro 6, se muestran los resultados de la relación entre el diámetro de troza y el rendimiento en durmientes en madera de shihuahuaco:

Cuadro 6. - Relación entre el diámetro de troza y el rendimiento de la madera de shihuahuaco en durmientes.

Parámetros	T.M.	Ecuación	r <sup>2</sup>	r	N.S.
Diámetro de troza Vs. Rendimiento	45	$y = -7E-05x^3 + 0,0378x^2 - 6,6304x + 390,11$	0,2632	0,5130	>0,2943 * >0,4747 **

En el cuadro 6, se puede observar que existe una alta significación entre el diámetro de troza y el rendimiento en durmientes de madera de shihuahuaco:

<sup>3</sup> \* Significativo; \*\* Altamente significativo



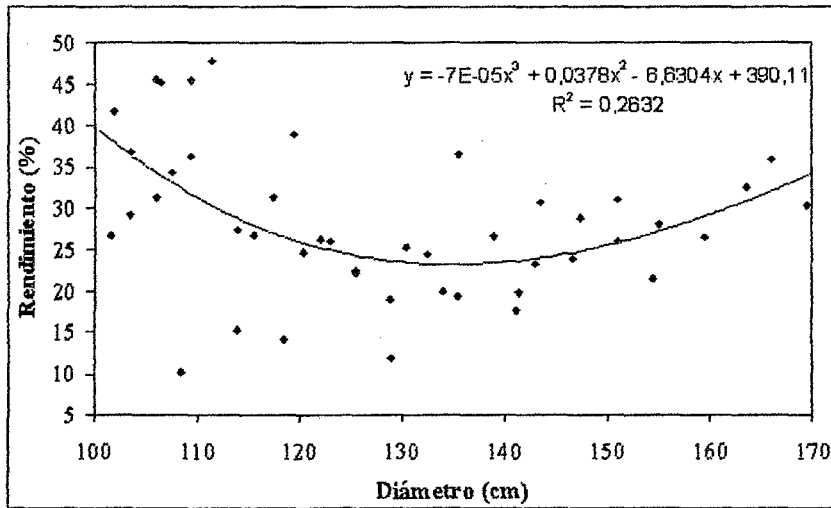


Gráfico 8. - Relación entre el diámetro de troza y el rendimiento en la obtención de durmientes de madera de shihuahuaco.

En el gráfico 8, se puede observar que los rendimientos van en descenso a medida que los diámetros aumentan entre los rangos de 100 a 135 cm, cuyo comportamiento se atribuye al crecimiento desproporcional del defecto en el centro de la troza. TUSET y GARCIA (1987), también obtienen resultados ligeramente decrecientes entre los diámetros 40,0 y 70,0 cm, posiblemente este comportamiento puede atribuirse al crecimiento desproporcional de la médula, lo que disminuiría el rendimiento.

Del mismo modo el coeficiente de determinación  $r^2$  de 0,2632; indica que los rendimientos de la madera shihuahuaco en la obtención de durmientes, son influenciados en un 26,32 % por el diámetro de troza de la madera de shihuahuaco.

**4.2.3. Análisis comparativo de las relaciones diámetro con las variables dependientes: rendimiento de la madera en durmientes y el volumen de los defectos.**

En el cuadro 7, se presenta el análisis comparativo de la relación existente entre el diámetro de la troza con las variables dependientes: rendimiento de la madera en durmientes y el volumen porcentual del defecto en la troza:

Cuadro 7. - Relación entre el diámetro de troza y las variables dependientes: rendimiento de la madera en durmientes y el volumen porcentual del defecto en la troza.

Parámetros	T.M.	Ecuación	r <sup>2</sup>	R	N.S.
Diámetro/troza Vs. Rendimiento	45	$y = -7E-05x^3 + 0,0378x^2 - 6,6304x + 390,11$	0,2632	0,5130	>0,2943 * >0,4747 **
Diámetro/troza Vs. Vol./Defecto	45	$y = -3,8471x^2 + 32,936x - 44,522$	0,6750	0,8215	>0,2943 * >0,4747 **

En el cuadro 7, se puede observar que existe una relación altamente significativa, entre el diámetro de troza de madera shihuahuaco y las variables dependientes: rendimiento de la madera en durmientes y el volumen porcentual del defecto, representado en el gráfico 9:

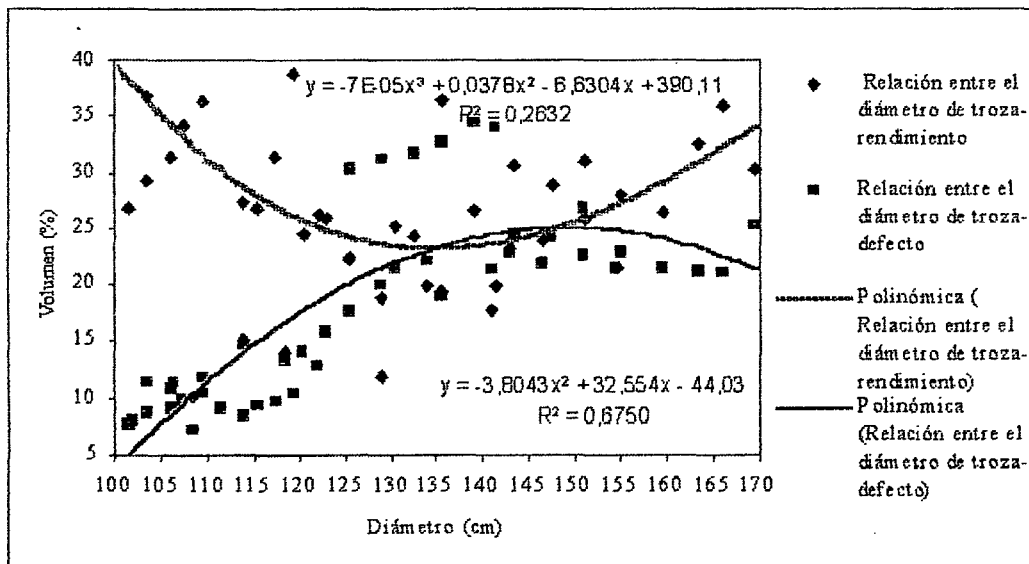


Gráfico 9. - Relación entre el diámetro de troza y las variables dependientes: rendimiento y el volumen porcentual del defecto en la madera de shihuahuaco.

El gráfico 9, muestra la curva de rendimiento de la madera de shihuahuaco en la obtención de durmientes en función al diámetro de la troza; así mismo la curva del volumen porcentual del defecto, observándose el mismo comportamiento en ambas curvas pero de forma inversa.

En dicho gráfico se aprecia que cuando los diámetros de troza se incrementan entre los rangos 100 a 135 cm; los rendimientos van en descenso, mientras que el porcentaje de defectos aumentan, llegando a declinar cuando el rendimiento inicia su ascenso. De esto se deduce que el rendimiento de la madera de shihuahuaco en durmientes depende de la magnitud del defecto de la troza.

Del mismo modo el coeficiente de determinación  $r^2$  de 0,6750; indica el que la magnitud del defecto (%) está influenciado en un 67,50% por el diámetro de la troza.

#### 4.2.4. Análisis comparativo de las relaciones diámetro con las variables dependientes: rendimiento y el volumen de residuos.

El cuadro 8, presenta los valores de la relación existente entre el diámetro de troza y las variables dependientes: rendimiento de la transformación de la madera en durmientes y residuos generados como producto de la transformación:

Cuadro 8. - Relación entre el diámetro y las variables dependientes: rendimiento en la obtención de durmientes y volumen porcentual de residuos, en madera de shihuahuaco.

Parámetros	T.M.	Ecuación	$r^2$	R	N.S.
Diámetro/troza Vs. Rendimiento	45	$y = -7E-05x^3 + 0,0378x^2 - 6,6304x + 390,11$	0,2632	0,5130	>0.2943 * >0.4747 **
Diámetro/troza Vs. Vol./Residuos	45	$y = -0,1901x + 78,338$	0,1544	0,3930	>0.2943 * <0.4747 N.S.

En el gráfico 10 y el cuadro 8, se puede observar que existe una relación significativa, entre el diámetro de troza y el volumen porcentual de residuos en la madera de shihuahua. Del mismo modo el coeficiente de determinación  $r^2$  de 0,1544; indica el que el volumen porcentual de los residuos, está influenciado en un 15,44% por el diámetro de la troza, debido a que el defecto resta influencia del diámetro en los residuos.

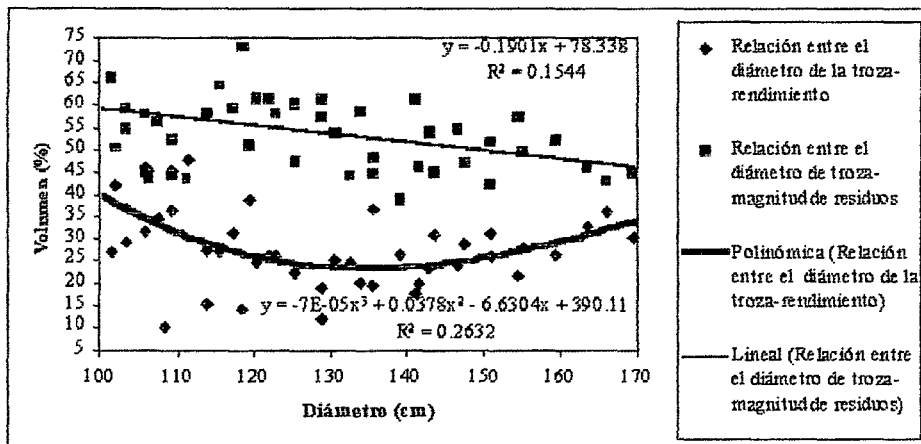


Gráfico 10. - Relación entre el diámetro y las variables dependientes: rendimiento en durmientes y magnitud de residuos

De la relación presentada en el cuadro 8, se puede decir que el comportamiento del volumen de los residuos es inversamente proporcional al diámetro de la troza; lo que hace comprender que cuanto mayor es el diámetro de la troza, menor es el volumen del residuo. Así mismo si se compara ambas curvas del gráfico 10, se aprecia que el volumen de madera transformada en durmientes es inferior al volumen de residuos, debido a que en el proceso no se realizan técnicas adecuadas de transformación y aprovechamiento.

#### 4.2.5. Representación porcentual de los componentes del volumen bruto.

El gráfico 11 y cuadro 9, muestra la representación porcentual del volumen bruto de la madera de *Dipteryx odorata* Aublet. (shihuahuaco), en sus diversos componentes. (Anexo 2)

Cuadro 9. – Volumen total en sus componentes porcentuales.

Componente	%
Rendimiento	27,51
Defectos	19,71
Residuos	52,78
<b>Volumen bruto</b>	<b>100,00</b>

En el proceso de transformación de la madera de shihuahuaco en durmientes, se obtuvo un 52,78% de residuos, los mismos que son dejados en los patios de transformación, y que de una parte se podría obtener productos de segunda transformación: carbón, listonería, parquet, preparquet, tablillas, etc.

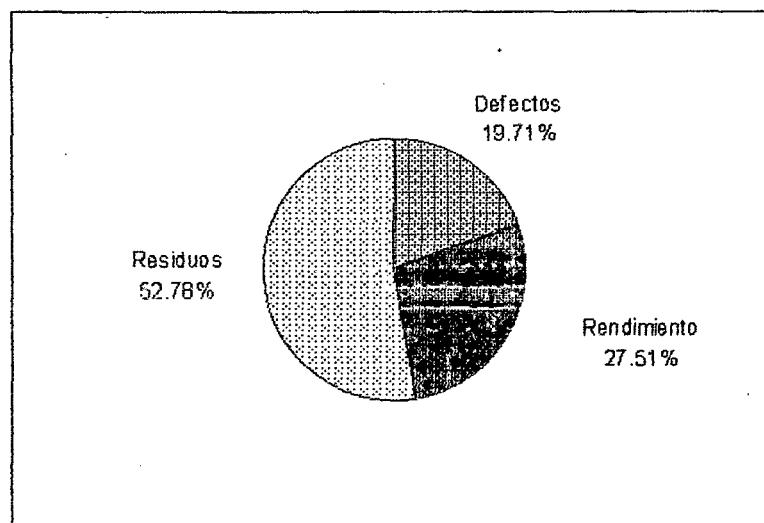


Gráfico 11.- Representación porcentual de los componentes del volumen bruto.

### 4.3. Del grado de calidad de durmientes obtenidos.

En el cuadro 10, se presentan los resultados obtenidos de la clasificación de durmientes por grado calidad según las normas ENAFER (1998). (Anexo 1).

Cuadro 10.- Durmientes aceptados y rechazados.

Durm		Aceptados		Rechazados	
Unid	%	Unid.	%	Unid.	%
532	100	447	84	85	16

En el gráfico 12 y el cuadro 10, se presentan los resultados de aceptación y rechazo de los durmientes clasificados (Anexo 3). Los mismos que luego de la clasificación fueron aceptados en un 84%, mientras que fueron rechazados el 16% de ellos, por presencia de defectos intolerantes como: albura, fisuras, déficit de dimensiones entre otros. Dicho resultado difiere de los obtenidos por GUEVARA (1998), que obtiene una frecuencia de aceptación en durmientes motaserrados de shihuahuaco de 69%, mientras que el rechazo es de 31%; este elevado porcentaje de rechazo podría deberse a que se clasificaron durmientes de distintas procedencias donde la alta variabilidad de destreza y responsabilidad de los transformadores fue determinante.

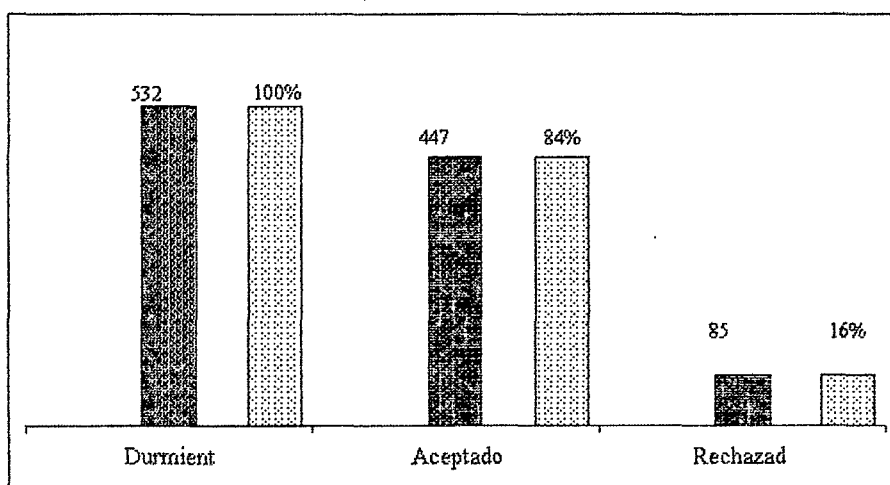


Gráfico 12 . - Durmientes de shihuahuaco aceptados y rechazados por clasificación visual norma ENAFER (1998)

#### 4.4. De la frecuencia de los defectos.

Los mayores porcentajes de defectos son los originados por la presencia de albura, seguidos por las fisuras en caras y en cantos según se presentan en el cuadro 11, estos defectos citados en el cuadro en mención podrían estar ligados a la presencia de defectos en la médula, ya sea por estrellados, anillados ó grietas, que probablemente influyen en la presencia de fisuras en cara (18,82%), fisuras en canto (16,47%) y rajaduras (8,24%); las irregulares formas del fuste también podrían determinar la presencia del defecto albura en los durmientes, porque ITTO-DGFF (1991), define a la albura de la especie *Dipteryx odorata* Aublet. de poco espesor, sin embargo el 18,82% de las causas de rechazo son por este defecto. Del mismo modo el 14,1% se debe a defectos ligados al aserrió de la madera como el mal dimensionado de la pieza (ancho y espesor), el que se le podría atribuir a la poca destreza del operario de la sierra.

En el gráfico 13 y el cuadro 11, se presentan la frecuencia de defectos en forma descendente. (Anexo 3).

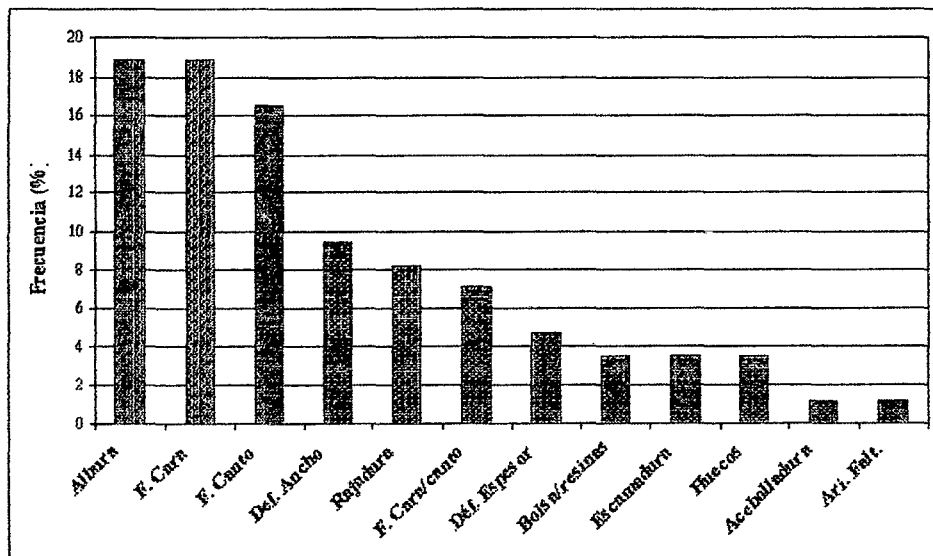


Gráfico 13. - Defectos más comunes en durmientes acabados de madera de shihuahuaco.

Cuadro 11.- Defectos más comunes en durmientes de shihuahuaaco.

Defecto	%	Nro.	GUEVARA (1998)
Albura	18,82	16	20%
F. Cara	18,82	16	39%
F. Canto	16,47	14	14%
Déf. Ancho	9,41	8	5%
Rajadura	8,24	7	
F. Cara/canto	7,06	6	5%
Déf. Espesor	4,71	4	5%
Bolsa/resinas	3,53	3	12%
Escamadura	3,53	3	
Huecos	3,53	3	
Acebolladura	1,18	1	
Ari. Falt.	1,18	1	
Fractura	1,18	1	
Med. Hueca	1,18	1	
Med. Incluida	1,18	1	
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>85</b>	<b>100%</b>

GUEVARA (1998), difiere en sus resultados de la clasificación de durmientes de madera aserrada con sierra de cadena, en donde se indica la frecuencia de los defectos más comunes presentes en los durmientes de shihuahuaaco, y se observa que las fisuras en la cara del durmiente inciden en un 39%, la albura en un 20%, fisuras en canto en 14%, déficit de medida 10%, fisuras cara/canto 5% y 12% por otros defectos. Si bien es cierto el resultado obtenido de fisuras en cara son distintos, se puede observar que los otros valores no presentan mucha variabilidad entre ellos y coinciden en el orden de importancia y frecuencia, la cual se puede considerar de una aproximación aceptable, pues se trata de datos bajo las mismas circunstancias.



#### 4.5. Del costo unitario de la transformación de madera en durmiente.

En el cuadro 12, se presenta el resumen de costos unitarios que implica la transformación de la madera de shihuahuaaco en durmientes (Anexo 5 y 6):

Cuadro 12. – Resumen de cálculo del costo unitario de durmientes de madera de shihuahuaaco.

Item	Costo/item	%/item	% Acum.
Costo fijo (C.F.)	6,452	12,00	----
Costo variable (C.V.)	37,017	69,00	----
<b>Total C.F. + C.V. (S/.)</b>	<b>43,470</b>	----	<b>81,0</b>
Imprevistos (6%)	2,608	5,00	----
<b>Costo total (S/.)</b>	<b>46,078</b>	----	<b>86,0</b>
Costo de rechazo (0.16)	7,372	14,00	----
<b>Costo total correc. (S/.)</b>	<b>53,450</b>	----	<b>100,0</b>
<b>Costo total (\$US)</b>	<b>15,955<sup>4</sup></b>	----	<b>100,0</b>

Del cuadro 12, se obtiene que el costo unitario de transformación de la madera de shihuahuaaco por durmiente es de S/.53,45 (\$US.15, 955); puesto en vía de acceso, y cuya estructura de costos se describe en los anexos 5 y 6. De la misma forma en el gráfico 14, se representa de manera porcentual los costos unitarios implícitos en la transformación de madera en durmiente.

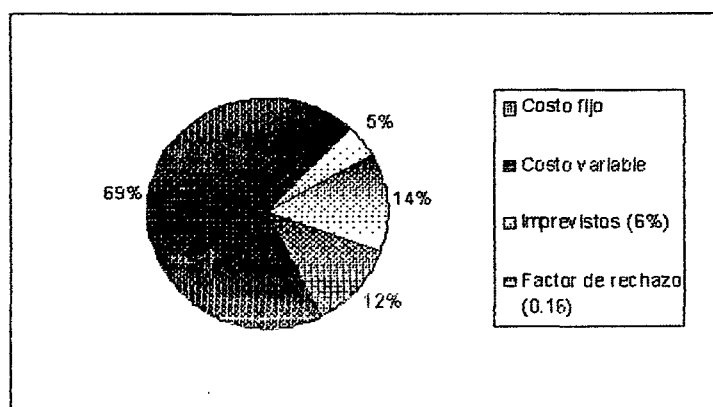


Gráfico 14.- Costos porcentuales implícitos en la determinación del costo unitario por durmiente de shihuahuaaco.

<sup>4</sup> Tasa de cambio 1\$US = S/. 3,35

Para un análisis objetivo se vio por conveniente elaborar un cuadro comparativo de costos de transformación de madera en durmientes, realizado por distintos autores.

Cuadro 13. – Análisis comparativo entre estructuras de costos implícitos en la transformación de madera por durmiente.

ITEM	COSTOS POR ESTUDIO		
	TESIS (1999)	ANONIMO (1990)	AEMRU (1998)
Costo fijo	6,452	0,55	5,00
Costo variable	37,017	31,58	32,40
Total C.F. + C.V. (S/.)	43,470	32,13	37,40
Imprevistos (6%)	2,608	----	2,24
Costo total (S/.)	46,078	32,16	39,64
Costo de rechazo (0.16)	7,372	----	----
Costo total correc. (S/.)	53,450	32,13	39,64
Costo total (\$US)	15,955 <sup>5</sup>	9,59	11,83

En el cuadro 13, se observa que el costo de S/.53,45 (\$US. 15,955) determinado en el presente estudio, difiere del documento ANONIMO (1990), que determina un costo por durmiente de S/. 32,16 (\$US 9,60); que hace una diferencia de S/. 21,29 (\$US.6,355), dicha diferencia se debe a que el costo determinado en el presente estudio se considera; el pago por personal calificado encargado, costos por imprevistos y costo por rechazo como consecuencia de la clasificación visual de los durmientes, cuyo valor fue determinado en 0,16 del costo total. (Anexo 6)

<sup>5</sup> Tasa de cambio 1\$US = S/. 3,35

La AEMRU (1998), presenta una propuesta de costo por durmiente al CTAR-Ucayali de S/.39,64 (\$US. 11,83) donde no se considera la tasa de interés media anual (IMA) de 50,4 %; la que es considerada en el presente estudio. De la misma manera se excluyen los costos por pago de personal calificado y pago por derechos forestales.

Cabe señalar que los costos variables son los que influyen en un mayor porcentaje en el costo de transformación (69%), seguido por el costo por rechazo (14%), el costo fijo (12%) y los imprevistos (5%), observados en el cuadro 13 y el gráfico 15.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1. Conclusiones.

1. El proceso de transformación de madera de *Dipteryx odorata* Aublet (shihuahuaco) en durmientes aserrados con motosierra (sierra de cadena en el mismo bosque consta de:  
La selección del árbol en pié, tumbado y trozado, aserrado de la madera, transporte menor y clasificación.
2. El rendimiento de la madera de shihuahuaco en la transformación en durmientes utilizando sierras de cadena es de 27,51 % con un coeficiente de variabilidad de 32,56%.
3. Existe una relación altamente significativa entre el volumen bruto y el rendimiento de la madera de shihuahuaco en durmientes.
4. Existe una relación altamente significativa entre el diámetro de la troza y el rendimiento de la madera de shihuahuaco en durmientes.
5. Existe relación comparativamente inversa entre la relación diámetro de troza de la madera shihuahuaco y el rendimiento en durmientes contra la relación diámetro y el volumen porcentual del defecto:
6. Existe relación significativamente inversa entre el diámetro de troza y el volumen porcentual de residuos, comportandose independientemente contra la relación diámetro de troza y rendimiento en durmientes.
7. De la transformación del volumen bruto de la madera shihuahuaco en durmientes se obtiene: 52,78% de residuos, 27,51% de durmientes y 19,71% de madera con defectos.

8. De un total de 532 durmientes de madera de shihuahuaco clasificados en forma visual, se aceptaron 447 unidades que representa un 84% y 85 unidades fueron rechazadas lo que representa un 16%.
  
9. De la clasificación se concluyó que los defectos más frecuentes presentes en durmientes de shihuahuaco son: albura en un 18,82%, fisuras 18,82%, fisuras 18,82%, déficit de ancho 9,41y rajaduras 8,24%.
  
10. El costo unitario de transformación de madera de shihuahuaco en durmiente es de S/. 53,45 puesto en vía de acceso. En el cual intervienen: los costos variables en un 69%, costos por rechazo 14%, costos fijos 12% y costos por imprevistos 5%.

## 5.2. Recomendaciones.

1. Es recomienda la utilización de un equipo de transporte manual (carreta rodante), para facilitar el transporte del producto, reducir el esfuerzo, agilizar el transporte y permitir el desplazamiento de mayores distancias.
2. Incorporar un personal técnico para que realice un constante seguimiento del proceso de transformación a fin de reducir el factor de rechazo y por ende reducir los costos unitarios.
3. Es recomendable realizar manejo de bosque natural o plantaciones, orientadas a la transformación de madera en durmientes para limitar la presencia de defectos por efecto natural de crecimiento.
4. Se recomienda el uso de la motosierra en la fabricación de durmientes siempre y cuando en el bosque se instalen equipos que permiten la recuperación de los residuos de madera de *Dipteryx odorata* Aublet shihuahuaco, (segunda transformación), en productos como carbón, listones, tablillas, parquet, preparquet, etc.

## BIBLIOGRAFIA.

1. **AEMRU**, 1998, Estructura de costo de durmiente artesanal, Pucallpa-Perú, 4 p.
2. **ANONIMO**, 1973, Estudio de factibilidad técnico-económico para la instalación de una planta de extracción y aserrío de madera: maderas Inambari Empresa de propiedad social, Perú, s.e., 502 p.
3. **AROSTEGUI A.**, 1970, Estudio de las propiedades físico-mecánicas de 16 especies maderables del país, Vol. II, IIF-UNALM-SFC, Lima-Perú.
4. **BRAKO L. y ZARUCCHI J.**, 1993, Catálogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú, Editorial Missouri Botanical Garden, impreso por Botanical Garden, Missouri-EE.UU., 366 p.
5. **CONFEDERACIÓN NACIONAL DE LA MADERA**, 1994, Compendio de información técnica de 32 especies forestales, Primera edición, impreso en R.C. Servigraf S.R.L., Lima-Perú, 189 p.
6. **COTESU-DGFF**, s.a., Manual de Identificación de especies forestales, s.e., Pucallpa-Perú, 210 p.
7. **CRONQUIS**, 1981, Flora of Perú, s.e.
8. **ENAFER**, 1998, Normas de licitaciones públicas de adjudicación de durmientes, Lima-Perú.
9. **ENGLER A. y PRANT. J.**, 1964, Syllabus der pflanzenfamilien. Ed. XII. G.B. Berlin.

10. GONZALEZ F. y DAVID B., 1987, Diagnóstico sobre la situación de los durmientes en el Perú, Editorial Centro de estudios y proyectos de inversión y desarrollo CEDIP, Universidad Nacional Agraria, Lima-Perú, 165 p.
11. GREUB H., 1984, Primer informe preliminar sobre productos forestales mercadeo, Centro científico tropical, Programa de desarrollo rural-Palcazú, San José- Costa Rica, 64 pág.
12. GUEVARA L., 1998, Problemática de la industria de durmientes en el Perú caso Enafer, UNALM, Escuela de Post Grado, Pucallpa.
13. GUILLEN J. y HOLMQUIST O., 1988, Maderas Venezolanas para durmientes: En Revista forestal Venezolana v.22(32) p. 151-160, Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela.
14. KELLER R. y HEURTEMATTE J., 1967. Le Sciage Du Bois. s.e., Impreso en Francia, Imprenta CHAIX-DESFOSES\_ NEOGRAVURE, París., 144 p.
15. INIA-ITTO, 1996, Manual de identificación de especies forestales de la subregión andina,, 1era. edición, ProyectoPD 150/91 Rev. 1 (1), INIA-Perú.
16. ITINTEC Norma 251.065, 1986, Durmientes de madera requisitos generales, Normas técnicas, s.e., Lima-Perú, 3 p.
17. ITINTEC Norma 251.061, 1980, Durmientes de madera definiciones y clasificación, Normas técnicas, s.e., Lima-Perú, 6 p.



18. **ITTO-DGFF**, 1991, Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú-Fase I, Proyecto PD 37/88 Rev. 3, Fichas técnicas de especies forestales, Pucallpa, 56 p.
19. **ITTO-DGFF-CAMARA NACIONAL FORESTAL DEL PERU**, s.a., Utilización Industrial de nuevas especies forestales en el Perú-fase I, Proyecto PD 37/88 Rev. 3. , Pucallpa, 56 p.
20. **MOSTACERO**, 1993, Taxonomía de fanerógamas peruanas, primera edición, CONCYTEC, Impreso en Perú, Trujillo, 602 p.
21. **PANSHIN A. J.**, 1959. Productos forestales, origen, beneficios y aprovechamiento, 1era. Edición, Impreso en España, Editorial Salvat, Barcelona, 605 p.
22. **PROYECTO PNUD/FAO/PER/78/003**, 1979, Guía para calcular costos de aserrío, s.e., Nota técnica nro. 21, Lima-Perú, 4 p.
23. **RODRIGUEZ R. y SIBILLE M.**, 1996, Manual de identificación de especies forestales de la Subregión andina, Primera edición INIA-Perú, Proyecto PD 150/91 Rev. 1(I), Impreso en Talleres gráficos de Asociación Editorial Stella, Tiraje 5000 ejemplares, Lima.
24. **SOUKUP J.**, 1991, Vocabulario de los nombres vulgares de la flora peruana y catalogo de los géneros, editorial Saleciana, impreso en los talleres gráficos de editorial Saleciana, Lima-Perú. 351 p.
25. **SPICHIGER R.; MEROZ J.; GOIZEAU P. A.; STUTZ L.**, 1989, Los árboles del Arboretum Genaro Herrera, Volumen 1, Convenio con la Org. Suiza para el Desarrollo y la Cooperación-IIAP, s.e., Impreso en el Journal Geneva, Génova.

26. **TIERRE D.**, 1956, *Theorie et méthodes statistiques*, Vol. II, Faculté des Csiences Agronomiques de Gembleux, Bélgica, 463 p.
27. **TORSTEN F.**, y **CAMPOS R.**, 1979, *Manual de motosierras*, Proyecto PNUD/FAO/PER/78/003, Edit. Publiart Bod, Lima-Perú. 144 p.
28. **TUSET R.**, y **GARCIA R.**, 1987, *Producción de durmientes de eucalipto*, Boletín de investigación Nro. 4, Facultad de Agronomía, Montevideo- Uruguay, 36 p.

## Anexos

## Anexo 1

### Norma para licitaciones publicas de durmientes de madera (ENAFER 1998).

#### a. Dimensiones y tolerancias de los durmientes de madera.

Tabla 01.- Dimensiones y tolerancias de los durmientes de madera

Tipo de durmiente	Espesor		Ancho		Longitud	
	mm	Pulg	mm	pulg	m	pies
Trocha Normal	152	6	203	8	2,438	8
Trocha Angosta	152	6	203	8	1,828	6
Tolerancia	+12	+1/2	+25	+1	+50	+2
(mm-pulg)	-6	-1/4	-6	-1/4	-25	-1/2

$$1''=25,4 \text{ mm}$$

$$1' =0,3048 \text{ m}=30,48 \text{ cm}$$

#### b. Presentación.- Consideraciones:

Los durmientes serán aserrados por las cuatro caras y tendrán sección transversal rectangular, es decir con sus caras opuestas paralelas.

#### c. Materia prima.

Los durmientes deben ser producidos a partir de trozos de buena calidad, obtenidos por el corte de árboles vivos y sanos de las especie antes indicadas.

##### 1. Defectos permitidos y tolerancias

- a). Médula.- No se aceptará en ambos extremos.
- b). Albura.- Solamente se aceptará en una arista del durmiente, siempre y cuando en la del riel no se reduzca el ancho y la altura en más de 3 cm.
- c). Fractura o Falla.- No se aceptará.
- d). Acanaladura.- No se aceptará.
- e). Arqueadura.- No se aceptará.
- f). Encorvadura.- Se acepta con una flecha máxima de 2 cm
- g). Torcedura.- No se aceptará.

- h). Acebolladura.- No se aceptará en ambos extremos.
- i). Pudrición.- No se aceptará.
- j). Apolilladura.- No se aceptará.
- k). Galerías.- No se aceptará.
- l). Rajadura.- se acepta en un extremo del durmiente y hasta una longitud de 10 cm y abertura máxima de 4 mm.
- m). Grietas.- Fuera del área del riel, se acepta la grieta aislada hasta un largo de 15 cm y una profundidad de 4 mm. En la zona del riel se acepta solo si está ubicado en el eje longitudinal de la pieza.
- n). Corteza incluida.- Se acepta fuera del área del riel, hasta 20 cm de largo y profundidad menor o igual a 3 cm.
- o). Arista faltante.- Se acepta en una arista.
- p). Nudos.- Vivos o apretados no se consideran como defecto cuando su diámetro es inferior a 5 cm y está ubicado fuera de la zona del riel. En la zona del riel se acepta si su diámetro es igual o inferior a 3 cm, muertos o sueltos no se aceptan.
- q). Huecos.- No se aceptará.

Anexo 2.- Datos de campo para obtención de componentes de la transformación de madera de shihuahuaco en durmientes

Arb.	Troza	Dimensiones de Troza				Volumen bruto		Dimensiones del Defecto				Volumen defecto		Volumen neto		Vol.resid.		Rend. en Durmientes		
		D1	D2	Prom.	Long. (m)	m3	%	D1	D2	Prom.	Long.	m3	%	m3	%	m3	%	Cant.	m3	%
1	1	147	140	143.5	2.45	3.98	100	74.5	67.5	71.0	2.45	0.87	24.48	2.89	75.52	1.78	44.90	18	1.21	30.82
	2	140	131	135.5	2.45	3.53	100	62.5	55.0	58.8	2.45	0.68	18.80	2.87	81.20	1.58	44.71	17	1.28	36.49
	3	135	133	134.0	2.44	3.44	100	74.0	51.5	62.8	2.44	0.75	21.93	2.89	78.07	2.00	58.24	8	0.68	18.83
	4	130	131	130.5	2.48	3.32	100	61.6	58.0	60.3	2.48	0.71	21.35	2.81	78.65	1.77	53.50	11	0.83	25.15
	5	131	127	128.0	2.46	3.22	100	58.0	58.0	57.5	2.46	0.84	19.87	2.58	80.13	1.97	61.26	8	0.61	18.87
2	1	122	115	118.5	2.44	2.89	100	52.5	34.0	43.3	2.44	0.38	13.32	2.33	86.68	1.95	72.59	5	0.38	14.09
	2	118	112	114.0	2.45	2.50	100	50.0	37.0	43.6	2.45	0.38	14.36	2.14	85.44	1.45	58.15	8	0.68	27.29
	3	113	110	111.5	2.44	2.38	100	37.0	30.0	33.5	2.44	0.22	9.09	2.17	90.97	1.03	49.23	15	1.14	47.74
	4	110	107	108.5	2.44	2.28	100	30.0	28.0	29.0	2.44	0.18	7.14	2.09	92.86	1.87	82.77	3	0.23	10.08
3	1	124	120	122.0	2.48	2.90	100	47.0	40.0	43.5	2.48	0.37	12.71	2.53	87.29	1.77	61.13	10	0.76	28.18
	2	120	118	118.5	2.44	2.74	100	40.0	37.0	38.6	2.44	0.28	10.38	2.45	89.62	1.39	50.83	14	1.08	38.79
	3	118	118	117.5	2.46	2.87	100	37.0	36.0	36.5	2.46	0.28	9.65	2.41	90.33	1.58	59.08	11	0.83	31.27
	4	118	115	115.5	2.44	2.58	100	38.0	34.0	35.0	2.44	0.23	9.18	2.32	90.82	1.64	64.12	8	0.68	26.70
	5	115	113	114.0	2.45	2.50	100	34.0	32.0	33.0	2.45	0.21	8.38	2.29	91.62	1.91	76.46	5	0.38	15.18
4	1	157	153	155.0	2.44	4.60	100	75.0	73.0	74.0	2.44	1.05	22.79	3.55	77.21	2.27	49.21	17	1.28	28.00
	2	153	148	151.0	2.45	4.39	100	73.0	70.0	71.5	2.45	0.88	22.42	3.40	77.58	2.27	51.65	15	1.14	25.92
	3	148	144	146.5	2.45	4.13	100	70.0	67.0	68.6	2.45	0.80	21.86	3.23	78.14	2.24	54.27	13	0.99	23.87
5	1	111	108	109.5	2.48	2.34	100	38.0	34.0	35.0	2.48	0.24	10.22	2.10	89.78	1.04	44.39	14	1.06	45.48
	2	108	107	107.5	2.44	2.21	100	34.0	33.0	33.5	2.44	0.22	9.71	2.00	90.29	1.24	56.05	10	0.76	34.24
	3	107	105	108.0	2.45	2.18	100	33.0	31.0	32.0	2.45	0.20	9.11	1.87	90.89	0.98	45.29	13	0.99	45.59
	4	105	102	103.5	2.45	2.08	100	31.0	30.0	30.5	2.45	0.18	8.68	1.88	91.32	1.12	54.53	10	0.76	36.78
	5	102	102	102.0	2.45	2.00	100	30.0	28.0	29.0	2.45	0.18	8.08	1.84	91.92	1.01	50.23	11	0.83	41.87
	6	102	101	101.5	2.46	1.99	100	28.0	28.0	28.0	2.46	0.15	7.61	1.84	92.39	1.31	65.72	7	0.53	26.67

Anexo .- Datos de campo para obtención de componentes de la transformación de madera de shihuahuaco en durmientes

Arb.	Troza	Dimensiones de Troza				Volumen bruto		Dimensiones del Defecto				Volumen defecto		Volumen neto		Vol.resid.		Rend. en Durmientes		
		D1	D2	Prom.	Long. (m)	m3	%	D1	D2	Prom.	Long.	m3	%	m3	%	m3	%	Carf.	m3	%
6	1	152	150	151.0	2.46	4.41	100	81.0	75.0	78.0	2.48	1.18	26.68	3.23	73.32	1.86	42.33	18	1.38	30.88
	2	149	148	147.5	2.46	4.20	100	75.0	70.0	72.5	2.46	1.02	24.16	3.18	75.84	1.97	46.98	18	1.21	28.88
	3	143	143	143.0	2.44	3.92	100	70.0	68.0	68.0	2.44	0.88	22.61	3.03	77.39	2.12	54.17	12	0.91	23.22
	4	143	139	141.0	2.47	3.88	100	68.0	64.0	65.0	2.47	0.82	21.25	3.04	78.75	2.35	61.05	9	0.68	17.70
7	1	127	124	125.5	2.49	3.08	100	55.0	50.0	52.5	2.49	0.54	17.50	2.54	82.50	1.86	60.34	9	0.68	22.18
	2	124	122	123.0	2.46	2.92	100	50.0	48.0	49.0	2.46	0.48	15.87	2.46	84.13	1.70	58.19	10	0.78	25.94
	3	122	119	120.5	2.44	2.78	100	48.0	42.0	45.0	2.44	0.38	13.95	2.39	86.05	1.71	61.33	9	0.68	24.53
8	1	172	167	169.5	2.44	5.51	100	80.0	80.0	85.0	2.44	1.38	25.15	4.12	74.85	2.45	44.55	22	1.67	30.30
	2	167	165	166.0	2.44	5.28	100	77.0	75.0	76.0	2.44	1.11	20.96	4.17	79.04	2.28	43.14	25	1.80	35.80
	3	165	162	163.5	2.44	5.12	100	75.0	75.0	75.0	2.44	1.08	21.04	4.04	78.96	2.38	46.39	22	1.67	32.56
	4	162	157	159.5	2.44	4.88	100	75.0	73.0	74.0	2.44	1.05	21.52	3.83	78.48	2.54	52.03	17	1.29	28.44
	5	157	152	154.5	2.45	4.58	100	73.0	70.0	71.5	2.45	0.88	21.42	3.81	78.58	2.62	57.12	13	0.89	21.48
9	1	110	109	109.5	2.44	2.30	100	38.0	37.0	37.5	2.44	0.27	11.73	2.03	88.27	1.19	51.97	11	0.83	38.30
	2	108	107	108.5	2.45	2.18	100	37.0	35.0	36.0	2.45	0.25	11.43	1.93	88.57	0.95	43.41	13	0.89	45.17
	3	107	105	108.0	2.47	2.18	100	35.0	35.0	35.0	2.47	0.24	10.90	1.84	89.10	1.26	57.79	9	0.68	31.31
	4	105	102	103.5	2.47	2.08	100	35.0	35.0	35.0	2.47	0.24	11.44	1.84	88.56	1.23	59.37	8	0.61	28.18
10	1	142	141	141.5	2.44	3.84	100	82.0	83.0	82.5	2.44	1.30	33.99	2.53	66.01	1.77	46.24	10	0.78	19.78
	2	141	137	139.0	2.45	3.72	100	83.0	80.0	81.5	2.45	1.28	34.38	2.44	65.62	1.45	39.11	13	0.89	28.52
	3	137	134	135.5	2.46	3.55	100	80.0	75.0	77.5	2.46	1.18	32.71	2.38	67.29	1.70	48.05	9	0.68	19.24
	4	134	131	132.5	2.48	3.43	100	75.0	74.0	74.5	2.48	1.09	31.61	2.35	68.39	1.51	44.09	11	0.83	24.28
	5	131	127	129.0	2.45	3.20	100	74.0	70.0	72.0	2.45	1.00	31.15	2.20	68.85	1.83	57.01	5	0.38	11.84
	6	127	124	125.5	2.47	3.08	100	70.0	68.0	69.0	2.47	0.92	30.23	2.13	69.77	1.45	47.44	9	0.68	22.34
<b>Tot.</b>	<b>45</b>					<b>148.83</b>						<b>28.90</b>		<b>117.72</b>		<b>77.38</b>		<b>532</b>	<b>40.34</b>	
<b>Prom.</b>		<b>130.1</b>	<b>127.2</b>	<b>128.6</b>	<b>2.45</b>	<b>3.26</b>		<b>56.65</b>	<b>52.69</b>	<b>54.67</b>	<b>2.45</b>	<b>0.64</b>	<b>19.71</b>	<b>2.62</b>	<b>80.29</b>	<b>1.72</b>	<b>52.78</b>		<b>0.90</b>	<b>27.51</b>
<b>DB.</b>		<b>19.71</b>	<b>18.99</b>	<b>19.33</b>	<b>0.01</b>	<b>0.99</b>		<b>19.17</b>	<b>18.66</b>	<b>18.79</b>	<b>0.01</b>	<b>0.40</b>	<b>6.08</b>	<b>0.65</b>	<b>6.06</b>	<b>0.45</b>	<b>9.35</b>		<b>0.35</b>	<b>9.96</b>
<b>CV.</b>		<b>15.16</b>	<b>14.93</b>	<b>15.03</b>	<b>0.59</b>	<b>30.14</b>		<b>33.83</b>	<b>35.46</b>	<b>34.36</b>	<b>0.59</b>	<b>62.00</b>	<b>41.00</b>	<b>24.93</b>	<b>10.07</b>	<b>0.86</b>	<b>17.72</b>		<b>38.94</b>	<b>32.56</b>



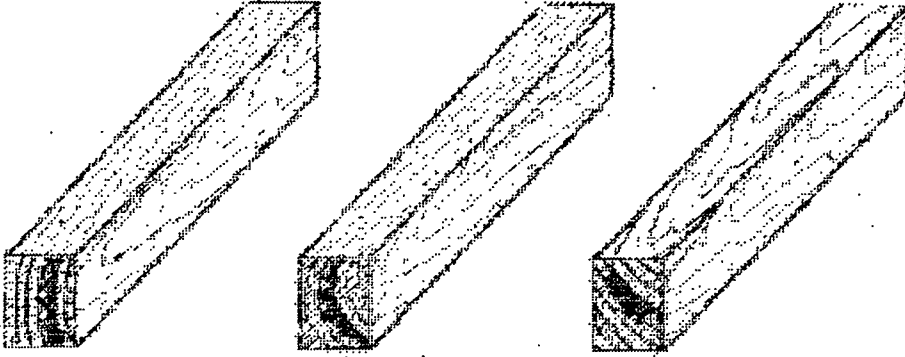


Anexo .- Defectos causa de rechazo en durmientes de madera de shihuahua

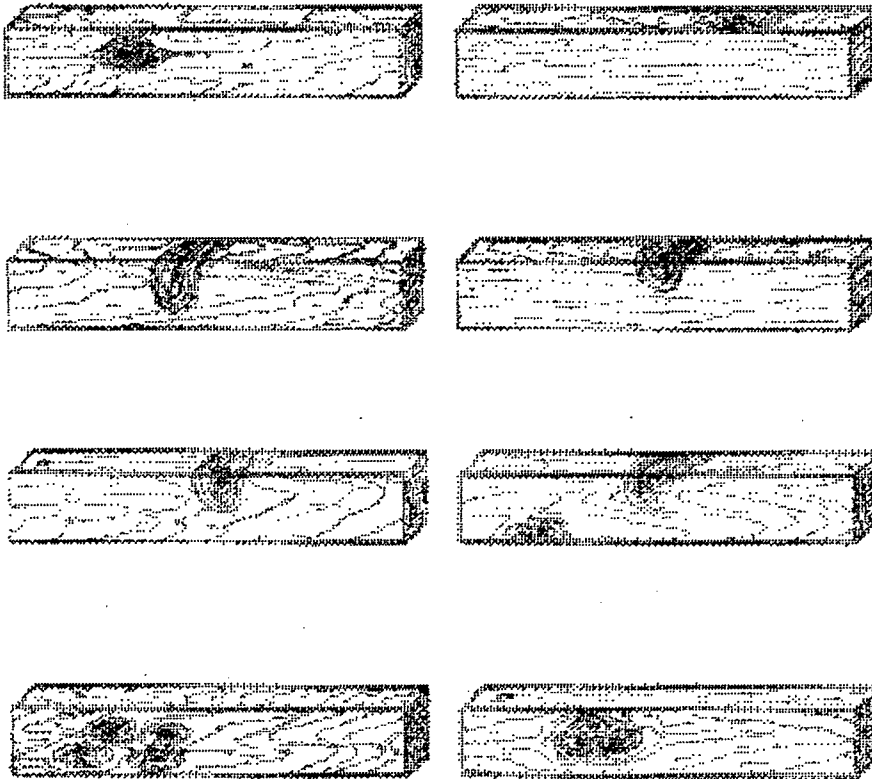
Arb.	Trosa	Cant.	Acpt.	Rechos.	Fisuras			Deficit		Alburn	Enj	Huesos	Bolsa Res.	Res.	Art. Falt.	Fract.	Acob.	Modulo	
					Cara	Caate	Cara/Caate	D.Ancbo	D.Especor									Huesca	Incluida
6	1	18	15	3	1		2												
	2	18	13	3					1	1							1		
	3	12	10	2	1						1								
	4	9	8	1												1			
7	1	9	8	1	1														
	2	10	8	2				1		1									
	3	9	8	1	1														
8	1	22	18	4	2		1	1											
	2	25	18	8		1			1		1	1	1	1					
	3	22	19	3	1								1		1				
	4	17	13	4	1				1	1	1								
	5	13	13	0															
9	1	11	10	1		1													
	2	13	11	2				1		1									
	3	9	8	1						1									
	4	8	7	1											1				
10	1	10	8	2				1		1									
	2	13	11	2						1		1							
	3	9	9	0															
	4	11	9	2		1	1												
	5	5	5	0															
	6	9	7	2			1			1									
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>532</b>	<b>447</b>	<b>85</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>%</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>84.0</b>	<b>16</b>	<b>2.9</b>	<b>2.6</b>	<b>1.1</b>	<b>1.7</b>	<b>0.7</b>	<b>3.0</b>	<b>1.3</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>

## Anexo 4

### Defectos más comunes en durmientes terminados



### Acebolladuras

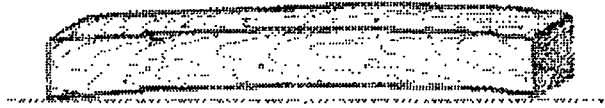


### Nudos

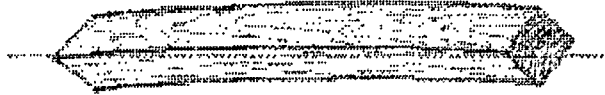
Fuente: GONZALEZ y DAVID, 1987

**Anexo :**

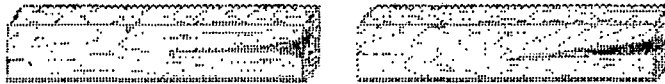
**Defectos más comunes en durmientes terminados**



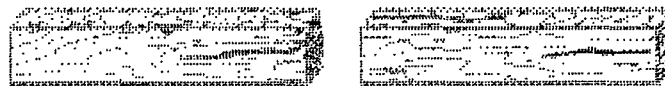
**Encorvadura**



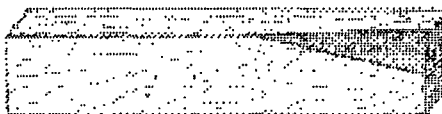
**Arqueadura**



**Rajaduras**



**Fisuras**



**Arista faltante**

**Anexo 5.- Estructura de costos para la determinación del costo por durmiente**

**I). Costos fijos (S./durm.)**

<b>Ítem</b>	<b>Depreciación</b>
Sierra de cadena	0.658
Espada 42"	1.196
Espada 36"	0.861
Cadena 42"	0.542
Cadena 36"	0.383
Guía	0.028
Herramientas	0.120
Pifón	0.083
IMA	2.580
<b>Total fijo (T.F.)</b>	<b>6.452</b>

**II). Costos variables (S./durm.)**

<b>Ítems</b>	<b>Costo</b>
Repuestos y limas	0.345
Combustible	1.165
Aceite 2T	0.318
Aceite de cadena	0.318
Canon forestal	0.379
Canon de reforestación	0.924
Materia prima (madera)	4.045
Mano de obra (operador)	6.566
Mano de obra (ayudante)	1.997
Cocinera	0.286
Beneficios sociales	0.905
Viveres	2.000
Transporte	1.149
Personal calificado	8.614
Manipuleo y carguío	8.007
<b>Total variable (T.V.)</b>	<b>37.017</b>

**Total Costo fijo-Costo variable (S./durm)**

T.F.+T.V.	43.470
-----------	--------

Imprevistos (6%)	2.60818
------------------	---------

<b>Costo total (S.)</b>	<b>46.08</b>
-------------------------	--------------

Factor de rechazo (0.16)	7.372
--------------------------	-------

<b>Costo total correc. (S.)</b>	<b>53.450</b>
---------------------------------	---------------

<b>Costo Total (\$)</b>	<b>15.955</b>
-------------------------	---------------

**Resumen**

Costo fijo	6.45
Costo variable	37.02
Total C.F. + C.V. (S.)	43.47
Imprevistos (6%)	2.61
Costos total (S.)	46.08
Factor de rechazo (0.16)	7.37
Costo total correc. (S.)	53.45
Costos total (\$)	15.96



**Anexo 6.- Costos implícitos de maquinarias y equipos para determinar  
costos fijos y costos variables (S/.)**

Items	V.A.	Req./año	V.R.	V.R./año	Vida útil		
					días	meses	años
Sierra de cadena Sthill 070	3517.5	3517.50	1675.0	1675.0	400	24.0	2.00
Espada de 42"	201	2412.00	33.5	402.0	20	1.2	0.10
Espada de 36"	154.1	1849.20	33.5	402.0	20	1.2	0.10
Cadena de 42"	73.7	1179.20	16.8	268.0	15	0.9	0.08
Cadena de 36"	53.6	857.60	13.4	214.4	15	0.9	0.08
Guía	110.55	110.55	33.5	33.5	400	24.0	2.00
Herramientas	201.84	201.84	33.50	33.50	200	12.00	1.00
Piflon	12.06	144.72	3.35	40.20	15	0.90	0.08
Promedio							1
<b>Total</b>		<b>10272.61</b>		<b>3068.6</b>			

Consideraciones:	V.A. (\$)	V.R. (\$)	Req.
Sie.Cad.	1050	500	1
Espd. 42"	60	10	12
Espd. 36"	46	10	12
Cad. 42"	22	5	16
Cad. 36"	16	4	16
Gui.	33	10	1
Herr.	60.25	10	1
Piflon	3.6	1	12

Año en días útiles	200	
mes en días útiles	20	
meses al año	12	
Tipo de cambio (S/.)	3.35	
Interes Medio Anual	0.504	
Metro cúbico (m <sup>3</sup> -pt)	422	
	<b>pt</b>	<b>durm.</b>
Producción/año	44800	1400
Factor de rechazo	0.16	0.16

*Leyenda:*

V.A. Valor actual

V.R. Valor residual

**Costos implícitos en el proceso para determinar los costos variables**

Consideraciones	Unid	V.A. (\$)	Req./año	R.año (S/.)
Repuestos y limas	jgo.	12.00	12.0	482.40
Combustible	gl	1.83	266.0	1630.71
Aceite 2T	coj.	1.00	133.0	445.55
Aceite de cadena	gl.	0.50	266.0	445.55
Canon forestal	m <sup>2</sup>	1.48	107.0	530.51
Canon de reforestación	m <sup>2</sup>	3.61	107.0	1294.00
Materia prima (madera)	m <sup>3</sup>	15.80	107.0	5663.51
Mano de obra (operador)	durm	1.96	1400.0	9192.40
Mano de obra (ayudante)	durm	0.60	1400.0	2795.24
Cocinera	día	0.60	200.0	399.99
Beneficios sociales	día	1.89	200.0	1267.51
Viveres	día	4.18	200.0	2799.93
Transporte	carrera	20.00	24.0	1608.00
Personal calificado	mes	300.00	12.0	12060.00
Manipuleo y carguío	durm	2.39	1400.0	11209.10