

## **CAPÍTULO I**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Según Kontro, (1998) citado por Flores y Gonzales, (2006), La industria del aserrado tiene como objetivo fundamental transformar la madera en rollo a madera aserrada, la cual desempeña funciones claves para el desarrollo de la economía de un país y mucho más si se tiene en cuenta, que este recurso es abundante e inagotable si se aprovecha racionalmente.

#### **1.1. Industria del aserrío**

Según Hernández, 1988 citado por Ticona, (2014), la industria del aserrío es la más antigua y la más extensivamente de todas las industrias de elaboración de maderas aserradas. Aun cuando grandes cantidades de madera se utiliza en el mundo, se estima que unos dos tercios de la madera en troza elaborada industrialmente son aserrados.

Según el mismo autor, la utilización de la madera representa su uso como materia prima obtenida directamente del bosque, en la cual se mantienen sus propiedades intrínsecas, tales como peso específico, resistencia permeabilidad, entre otros.

#### **1.2. Transformación de la madera**

La forma más simple de industrializar la madera a partir de la troza, es su aserrado mediante gran variedad de máquinas y herramientas que pueden ser desde manual hasta los aserríos sumamente automatizados.

La posible evaluación de las industrias del aserrío está sujeta a la interacción de un sin número de variables, a las que se agregan constantemente nuevos factores que pueden modificar considerablemente las operaciones iniciales.

El desarrollo de este sector está influenciado directamente por la materia prima, por la evaluación de la demanda de los productos y de la disposición de absorber cambios técnicos, además influirán de manera determinante los efectos del hombre sobre el medio ambiente.

Según Egas, (1998) citado por Ticona, (2014). Expresa que estas tendencias tienen consecuencias importantes sobre la industria del aserrado actual, por lo que a nivel mundial se han implementado diferentes tecnologías que permiten mejorar los indicadores de la eficiencia en los aserraderos, desde las basadas en la aplicación de prácticas de aserrado, apoyándose fundamentalmente en la pericia y habilidad del personal técnico del aserradero y en las características de la materia prima, hasta las que parten de programas de optimización que son capaces de analizar diferentes variables y tomar decisiones de aserrado en un corto intervalo de tiempo.

#### **a) Transformación Primaria de la Madera**

Según Seville, (2006) citado por Ticona, (2014), define el aserrado como el primer procesamiento industrial al que se somete a las trozas de madera, para el aprovechamiento óptimo, mediante máquinas de corte (la sierra de cinta, circular o las portátiles) y técnicas que tienden a obtener el mayor volumen de madera aserrada con la más alta calidad posible.

#### **b) Transformación Secundaria**

Se trata del comportamiento de la madera cuando es procesada con el ingenio humano en forma manual y/o mecanizada, con la finalidad de obtener un producto con valor agregado de madera cuantitativa y cualitativamente apta para ser utilizada.

Según (López, J., 1993, citado por Portal, 2006), define como la transformación secundaria o recorte de los cantos de los tablones, para habilitar la madera en función a las dimensiones reales o finales de las piezas para un uso industrial predeterminado.

### **1.3. El rendimiento en la transformación de la madera**

(Biasi y Pereyra Rocha, 2007 citado por Portal, 2006), dicen que la industria de transformación de la madera que no se ocupe de mejorar sus rendimientos y consecuentemente reducir sus costos de producción, asume un serio riesgo en perder en competitividad y paralizar sus actividades por ineficiente.

Según Arreaga M., (2007), citado por Ticona, (2014). El incremento de los costos de la madera agudiza la necesidad de aprovechar la troza con mayor eficacia. La

industria del aserrío se caracteriza por su escasa eficacia de conversión. La proporción de del insumo de trozas que se transforma en madera aserrada rara vez alcanza el 60 – 70 por ciento. El resto queda en forma de costeros, recortes y testas, virutas y aserrín.

García et al. (2001) citado por Portal, (2006), afirma que el rendimiento de madera aserrada uno de los principales indicadores para medir la eficiencia para cualquier industria y que esta se refiere al grado de aprovechamiento de materia prima que garantiza la comercialización del producto. Por otra parte, su estimación por trozas, en algunos casos es muy importante para la comercialización de la madera en rollo o para cálculos complementarios en los inventarios forestales (Brand et al.,2002).

El rendimiento de madera se define como la proporción de madera en escuadría que resulta de aserrar una unidad de volumen de trozas, lo cual se lo conoce como coeficiente de aserrío o coeficiente de aprovechamiento (Ferreira et al., 2004 citado por Gonzales, 2008).

Su proporción es afectada por el tipo y tamaño del equipo de aserrío, las especies, las técnicas utilizadas, la destreza y capacitación de los operarios (Rocha y Tomaselli, 2001). Las, más significativas que lo impactan son: el ancho y esquema de corte, las dimensiones de la madera, el diámetro, longitud, conicidad y calidad de la troza, así como la toma de decisiones del personal y las condiciones de mantenimiento del equipo (Melo y Ravon, 1982 citados por Portal, 2006).

#### **1.4. Rendimiento en la transformación de madera en Bolivia**

De acuerdo a los estudios de rendimiento de aserrío de trozas a madera simplemente aserrada, que se realizaron en empresas privadas desarrollados en los departamentos de Beni, Pando y Santa Cruz, brindan como resultado, un rendimiento industrial de producción del 40 % considerando diversas especies comerciales.

En relación a los datos obtenidos de estos estudios la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierras (ABT) emitió una resolución vigente hasta la fecha (N° 253/2012), donde procede a tomar como valor referencial el 40% de

rendimiento industrial para todas las especies comerciales en todos los aserraderos del país.

### **1.5. La Madera**

La madera es un conjunto de tejidos del xilema que forman el tronco, raíces y ramas de los vegetales leñosos, este material se obtiene de la parte del tronco que está debajo de la corteza. Durante muchos años, la madera se ha utilizado como combustible y material de construcción, ya que se obtiene de árboles que presentan una estructura fibrilar (Tuset, R. y Duran F. 1994).

La madera propiamente es de color claro, constituida por una banda angosta fisiológicamente activa que cumple la función de transporte de la sabia bruta. La otra parte es un tejido fisiológicamente muerto, donde se acumulan sustancias de reserva y de sostén (Tuset, R. y Duran F. 1994).

### **1.6. La madera y el corte**

Según QUINTANAR, O. J. 2002, citado por TICONA, 2014. La madera es un material notablemente fibroso, constituido por elementos de formas, orientación, distribución, funciones y resistencia diferentes; es un material heterogéneo, con variabilidad en cada árbol y entre especies. El corte, por lo tanto, implica vencer la resistencia de la madera por medio de filos y caras de tres elementos cortantes denominados aristas de corte, que permiten arrancar material en forma de viruta.

### **1.7. Dureza de la Madera**

Según su dureza, la madera se clasifica en:

**Maderas duras:** son aquellas que proceden de árboles de un crecimiento lento, por lo que son más densas y soportan mejor las inclemencias del tiempo si se encuentran a la intemperie. Estas maderas proceden de árboles de hoja caduca, que tardan décadas e incluso siglos, en alcanzar el grado de madurez suficiente para ser cortadas y poder ser empleadas en la elaboración de muebles o vigas de los caseríos o viviendas unifamiliares (Ávila, 2011).

Son mucho más caras que las blandas, debido a que su lento crecimiento provoca su escasez, pero son mucho más atractivas para construir muebles con ellas. También son muy empleadas para realizar tallas de madera o todo producto en el cual las maderas macizas de calidad son necesarias (Ávila, 2011).

**Maderas blandas:** el término madera blanda es una denominación genérica que sirve para englobar a la madera de los árboles pertenecientes al orden de las coníferas. La gran ventaja que tienen respecto a las maderas duras procedentes de especies de hoja caduca con un periodo de crecimiento mucho más largo, es su ligereza y su precio mucho menor. Este tipo de madera no tiene una vida tan larga como las duras, pero puede ser empleada para trabajos específicos. Por ejemplo, la madera de cedro rojo tiene repelentes naturales contra plagas de insectos y hongos, de modo que es casi inmune a la putrefacción y a la descomposición, por lo que es muy utilizada en exteriores. (Ávila, 2011)

La manipulación de las maderas blandas es mucho más sencilla, aunque tiene la desventaja de producir mayor cantidad de astillas. Además, la carencia de veteado de esta madera le resta atractivo, por lo que casi siempre es necesario pintarla, barnizarla o teñirla (Ávila, 2011).

### **1.8. Factores que inciden sobre el rendimiento volumétrico de madera aserrada**

Según referencias tomadas de (Kontro, 1998 citado por Flores y Gonzales, 2006), los factores que influyen en el rendimiento de la materia prima no solo es el operador de corte de la sierra, sino que también existen otros factores que influyen en el rendimiento, estos son:

#### **1.8.1. La experiencia del operador**

Es uno de los factores más importantes a considerar en el rendimiento de la materia prima. Entre más experimentado es un operador mejor es su disposición para aserrar la troza de la forma más adecuada, lo que dará como resultado un mejor aprovechamiento de la materia prima que entra a la sierra (Kontro, 1998 citado por Flores y Gonzales, 2006).

### **1.8.2. Diámetro de las trozas**

La opinión de los especialistas coincide con diversas investigaciones realizadas por Fahey y Ayer-Sachet (1993), indican que el diámetro de la troza es uno de los factores de mayor incidencia en el aserrío; demostrándose que en la medida que el diámetro aumenta también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrío; por lo tanto, el procedimiento de trozas de pequeñas dimensiones implica bajos niveles de rendimiento y menor ganancia en los aserraderos.

El efecto del diámetro sobre el rendimiento nos obliga a pensar en la necesidad del perfeccionamiento del aserrado de trozas de pequeñas dimensiones, y trazar, además, una política que garantice en lo posible un mayor desarrollo de las existencias maderables con el objetivo de obtener trozas de grandes dimensiones y calidad destinadas a los aserraderos (Egas, AF. 1998, citado por ticona, 2014).

Cuanto mayor sea el diámetro de las trozas mayor será el rendimiento de esta, ya que el espesor de corte de la sierra es menos significativo en trozas de diámetro mayor (Kontro, 1998 citado por Flores y Gonzales, 2006).

### **1.8.3. La forma de la troza**

Si la troza tiene forma cilíndrica la pérdida de madera al momento de procesarla es menor, ya que se necesita desperdiciar menos madera en forma de costaneras para lograr cuadrar la troza y transformarla en madera aserrada; lo contrario ocurre en trozas de forma cónica, ya que la cantidad de madera que se pierde en forma de costaneras para lograr el cuadrado de la troza es mayor (Kontro, 1998 citado por Flores y Gonzales, 2006).

### **1.8.4. Las dimensiones de las piezas aserradas**

Cuanto mayor sea el espesor de las piezas aserradas, mayor será el rendimiento de la troza, esto indica que la sierra realizó menos cortes en la troza, lo que disminuye la pérdida por aserrín y por ende aumenta el rendimiento (Kontro, 1998 citado por Flores y Gonzales, 2006).

### **1.8.5. Longitud, conicidad y diagrama de troceado**

Se puede afirmar que el rendimiento de las trozas en el proceso de aserrío es afectado por la longitud y por la conicidad de las trozas. En la medida que aumenten ambos parámetros se incrementa la diferencia entre los diámetros en ambos extremos de la troza.

Por lo tanto, una de las formas de incrementar el rendimiento volumétrico es mediante la optimización del troceado, produciendo lógicamente madera aserrada de dimensiones requeridas.

### **1.8.6. Calidad de las trozas**

Uno de los factores a tener en cuenta, particularmente en la sierra principal, para maximizar el volumen es la calidad de la troza. Las dimensiones y el volumen de la madera aserrada bajo las prácticas corrientes del procesamiento tienen una relación directa con las diferentes clases de calidad de trozas; por lo que se apoya por diferentes autores la relación de las características de la superficie de las trozas y el rendimiento de madera aserrada para establecer normas para la clasificación de trozas.

El efecto de la calidad de la troza, especialmente la incidencia de trozas torcidas en la calidad y volumen de la madera aserrada. Todoroki (1995) expresa que existe una regla general de que un incremento en 0.1 de la proporción torcedura-diámetro conduce al decrecimiento del rendimiento volumétrico en un 5 %.

### **1.8.7. Tipo de Sierra**

El ancho de corte influye sobre el rendimiento de madera aserrada ya que una vía de corte ancha se traduce en más pérdida de fibras de madera en forma de aserrín y la disminución de la eficiencia de la maquinaria.

La influencia del tipo de sierra sobre el rendimiento suscita la necesidad de adquirir aserraderos de sierra principal de banda, en lugar de sierra alternativa múltiple o circular, para un mejor aprovechamiento de la materia prima; aspecto este que se logra entre otros aspectos a partir de la regulación del ancho de corte.

Una vía de corte ancha se traduce en más pérdidas de fibra de madera en forma de aserrín y la disminución de la eficiencia de la maquinaria.

### **1.8.8. Diagrama de corte**

Las opiniones de los especialistas coinciden con diferentes autores, que afirman que los diagramas de corte tienen gran incidencia sobre la eficiencia de la conversión de madera aserrada; dependiendo de la calidad de la troza, del diseño del aserrío y de los gradientes de precio de la madera existente (Egas, AF. 1997 citado por Ticona, 2014).

La aplicación de diagramas de corte teniendo en cuenta el diámetro, longitud, calidad y conicidad de las trozas; así como el tipo de sierra y otros factores, es una variante que favorece el incremento en calidad y cantidad de la producción de madera aserrada. Ello ha sido la base de los programas de optimización que permiten obtener resultados relevantes en la industria del aserrado (Egas, AF. 1997).

El análisis integral de toda esta información debe contribuir de cierta forma para que los empresarios forestales puedan elaborar estrategias que permitan contrarrestar el efecto negativo o favorecer el efecto positivo de los factores que más influyen sobre el rendimiento volumétrico, condición necesaria para elevar los niveles de aprovechamiento de la materia prima y la eficiencia industrial en general.

### **1.9. El aserrío o aserrado**

Es un proceso mediante el cual se convierte la madera en troza a tablas, tablones, vigas y durmientes, utilizando maquinaria, equipo, recurso humano, fuentes de energía y dinero. (García R.J.L., 2001), (Zamudio, 1986), afirma que el proceso de aserrío tiene las siguientes etapas básicas, variando los procesos según el equipo, las especies de madera, productos y el grado de mecanización que se pretenda obtener.

La Cámara Nacional Forestal (1995), define el aserrado como una transformación primaria de trozas y consiste en dar a la madera, con sierras manuales o mecánicas, una escuadría determinada, para obtener piezas de grandes dimensiones o tablones.

Claure (1989), menciona que el primer procesamiento al que se somete un tronco luego de su extracción del bosque es el aserrado. Esta operación consiste en dar a la



madera, una escuadría determinada para obtener piezas aserradas de grandes dimensiones y tablones.

### **1.10. Sistema de asierre**

Se entiende por sistema de asierre a la secuencia de cortes y volteos que se aplican a la troza en la sierra banda principal. Su objetivo es maximizar la calidad de las piezas de madera aserrada (Tomaselli, 2001).

#### **1.10.1. Sistema de asierre tangencial**

El sistema de asierre en cuatro caras consiste en ir volteando la troza en el carro para seleccionar los cortes más adecuados, buscando generalmente la obtención de piezas libres de defectos y la maximización del volumen de tablas obtenido por troza (Quintanar, 2002 citado por Portal, 2006).

#### **1.10.2. Sistema de asierre radial o en cuartos**

Se establece el asierre en cuartos se efectúa cuando se desea obtener la mayor cantidad posible de tablas con corte radial. Consiste en cortar la troza en cuatro partes, partiendo del centro, para posteriormente trabajar con cada una de las cuatro secciones resultantes. Según (Béjar et al 1986), este sistema contempla un mayor tiempo de procesamiento, y ocasiona un porcentaje de desperdicio mayor que en otros sistemas de asierre, sin embargo, para el caso de maderas duras permite obtener piezas con menor incidencia de defectos (Quintanar, 2002 citado por Portal, 2006).

### **1.11. Madera aserrada**

La madera aserrada son piezas de maderas macizas obtenidas por aserrado del árbol, generalmente escuadradas, es decir, con caras paralelas entre si y cantos perpendiculares a las mismas en las cuales se pueden distinguir: (Fajardo, 1995)

- **Cara:** Superficie de la pieza correspondiente a la mayor dimensión de la sección transversal.
- **Canto:** Superficie de la pieza correspondiente a la menor dimensión de la sección transversal.

(Hernández P. F. 2008), menciona que el porcentaje de calidad de madera aserrada obtenida de madera en rollo de determinada especie, no es igual en los aserraderos de una región específica ya que existen muchos factores que pueden influir en la proporción de cada grado o clase producida, algunos de estos factores son:

- Calidad y tamaño de las trozas.
- Las características del material aserrado (largo y diámetro).
- Los métodos de aserrado, desorillado y despuntado.

### **1.12. Control de calidad**

Indica que el control de calidad se efectúa según el tipo de comercialización del producto. (Portal, 2006)

Si el destino es el mercado nacional, el control no es muy riguroso ni exigente pudiendo realizarse por el mismo despachador o encargado de la barraca.

Si el destino es al mercado externo el control de calidad es más exigente en las dimensiones y en la calidad propiamente dicha de la madera.

Las especificaciones del control de calidad de la madera de exportación varían de acuerdo a las normas de cada país importador, siendo estos los que determinan en última instancia las especificaciones para el producto.

Según BOLFOR; (Noma Técnica 62/1997), la clasificación según la calidad de la madera es la siguiente.

- **Madera de primera:** Es aquella madera sana y libre de defectos tales como; rajaduras, nudos, picaduras de insectos, hongos, etc.
- **Madera de segunda:** Es aquella madera sana con defectos tales como grietas y rajaduras leves, manchas leves, nudos sin grietas, etc.
- **Madera de tercera:** Es aquella madera que presenta vellosidades en la superficie, presencia de albura, nudos en sus dos caras, etc.

También se realiza una clasificación por el largo de tabla, donde las tablas menores a 7 pies son cortas y las tablas mayores a 7 pies adelante son consideradas largas. (BOLFOR, 62/1997).

### 1.13. Clasificación de los Residuos

Según (Spichiger, 2007 citado por Ticona, 2014), la clasifica los residuos generados en aserraderos de la siguiente forma:

- **Corteza:** Capa externa de la madera rolliza. Se obtiene en aserraderos que poseen descortezadores, quedando la corteza como residuo maderero.
- **Lampazos:** Corresponden a secciones laterales de la troza obtenidos en el proceso de aserrío. Se caracterizan por tener una cara limpia (libre de corteza). En aserraderos que poseen descortezador y astillador los lampazos son reducidos a astillas sin corteza, las que se comercializan a la industria de tableros, celulosa u otras.
- **Aserrín:** Conjunto de partículas de tamaño pequeño obtenido en el proceso de aserrado y dimensionado de la madera.
- **Viruta:** Cinta delgada de espesor variable en dirección de la fibra, obtenida por medio del cepillado de piezas de madera; se obtiene en aserraderos con elaboración y re manufacturas.
- **Despunte:** Residuos de tamaño variable provenientes de secciones terminales de piezas y que resultan del proceso de dimensionado en largo de la madera.

En la mayor parte de los aserraderos se producen muy pocos despuntes, y más bien estos corresponden al margen de tolerancia en longitud con el que vienen los trozos (generalmente 2-3 cm), lo que en general es difícil de cuantificar porque las empresas registran el volumen de trozas efectivo (no se paga por esta sobredimensión).

- **Astillas sin Corteza:** Consistentes en pequeñas piezas de madera de sección cuadrada o rectangular, con su longitud paralela al grano o fibra de la madera, de un tamaño a lo menos 4 veces su espesor (largo entre 10 a 30 mm),

picadas por un astillador y que se obtienen principalmente de los lampazos sin corteza.

- **Tapas:** Corresponde a secciones laterales del tronco, caracterizados por tener dos caras limpias (libres de corteza). Actualmente, en la mayor parte de los aserraderos, estas piezas son canteadas para remover los cantos con corteza (canto muerto) y reprocesadas, incorporándose al volumen de madera aserrada. Si esto no ocurre, son comercializadas a barracas u otros para su utilización.

#### 1.14. ¿Qué es un Estudio de Rendimiento en el Aserrío de Trozas?

Se entiende como estudio de rendimiento, a la evaluación del volumen de madera aserrada que se obtiene de cada troza procesada. Es decir, es la relación entre el volumen producido de madera aserrada y el volumen en troza. BOLFOR Doc. Técnico 62/1997.

Existen dos formas de medir el rendimiento en aserrío. Una es la que determina el llamado COEFICIENTE DE ASERRIO o coeficiente de aserrado, que es la relación del volumen de madera que se obtuvo y el volumen de rollos que se usaron para producirla (BOLFOR, Doc. Tec. 62/1997) cúbicos

Cuando se mide en unidades métricas:

$$\text{Coeficiente de Aserrio} = \frac{\text{m}^3 \text{ de madera aserrada}}{\text{m}^3 \text{ de maderan en troza}}$$

Si se mide en unidades inglesas:

$$\text{Coeficiente de Aserrio} = \frac{\text{pies madereros de madera aserrada}}{\text{pies cúbicos de madera en rollo}}$$

Para obtener el rendimiento en porcentaje se deberá aplicar la siguiente relación:

$$R \% = \frac{\text{Volumen de madera aserrda (m}^3 \text{ s)}}{\text{Volumen de madera en troza (m}^3 \text{ r)}}$$

El volumen en tablas generalmente se obtiene en pies tablares; por ello se realizará la transformación del volumen de madera aserrada en pies tablares a metros cúbicos.

Para esto se considera la siguiente equivalencia:

$$1\text{m}^3 = 424 \text{ pt. (aproximado de 423,84 pt.)}$$

Los cálculos de rendimiento de aserrío deberán realizarse para cada una de las trozas, de tal manera que posteriormente se pueda obtener un promedio del rendimiento de aserrío, así como también su desviación estándar, error estándar, intervalo de confianza y coeficiente de variación.

### **1.15. Coeficiente de Aserrío**

El coeficiente de aserrío, se define como la forma matemática de conocer la capacidad real de producción en términos de porcentaje; este coeficiente determina el volumen del valor de la madera aserrada de medidas comerciales obtenidas a partir de un determinado volumen de madera en rollo; los resultados de un coeficiente de aserrío en el proceso de transformación primaria permiten obtener mayores beneficios de la materia prima y lograr una mayor productividad. (García y Díaz, 1942 citado por Ticona, 2014).

(Zavala y Hernández, 2000 citado por Ticona, 2014), consideran que los estudios para conocer el coeficiente de asierre se deben establecer como un sistema de análisis continuo con la finalidad de optimizar los procesos de industrialización.

Según (Pedraza, 1994 citado por Ticona, 2014), establece que el coeficiente de aserrío, es una medida de la productividad, en la cual participan los factores de materia prima, la maquinaria a utilizar y la mano de obra.

### **1.16. Indicadores de la eficiencia del proceso de aserrío**

Los indicadores de la eficiencia de conversión de las trozas en madera aserrada se pueden dividir en dos grandes grupos:

1) Los indicadores relacionados con la eficiencia de conversión en volumen.

- Rendimiento volumétrico total.

- Porcentaje de desperdicio de aserrín.
  - Porcentaje de desperdicios de otros residuos.
- 2) Los indicadores de la eficiencia de conversión en valor, también denominados indicadores del rendimiento en valor.
- Valor por m<sup>3</sup> de madera aserrada.
  - valor por m<sup>3</sup> de trozas.
  - Rendimiento volumétrico total.

## **1.17. La Motosierra**

### **1.17.1. Concepto de motosierra**

Frisk S.; Campos R. (1979). Es una máquina que por sus sistemas de embrague y transmisión variables transmite su movimiento a una cadena que se desliza por una guía, propulsada por un motor de dos tiempos con un cilindro.

### **1.17.2. Partes más importantes de la Motosierra**

Una motosierra tiene más de 400 piezas, pero eso no significa que el trabajador forestal tenga que conocerlas todas. Es suficiente si conoce la función, uso, mantenimiento y arreglo de las siguientes piezas:

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1) Punto de la espada                             | 9) Acelerador                  |
| 2) Espada   | 10) Botón de arranque (clutch) |
| 3) Cadena   | 11) Tanque de combustible      |
| 4) Silenciador                                    | 12) Empuñadura de arranque     |
| 5) Válvula de compresión                          | 14) Tanque de aceite           |
| 6) Interruptor (stop)                             | 15) Filtro de aceite           |
| 7) Palanca de cebador (Choke) con freno de cadena | 16) Carburador                 |
| 8) Bloqueo del acelerador                         | 17) Bujía                      |

18) Cilindro (motosierras grandes)

19) Manija delantera

20) Protector de mano delantero

21) Tornillo tensor de cadena

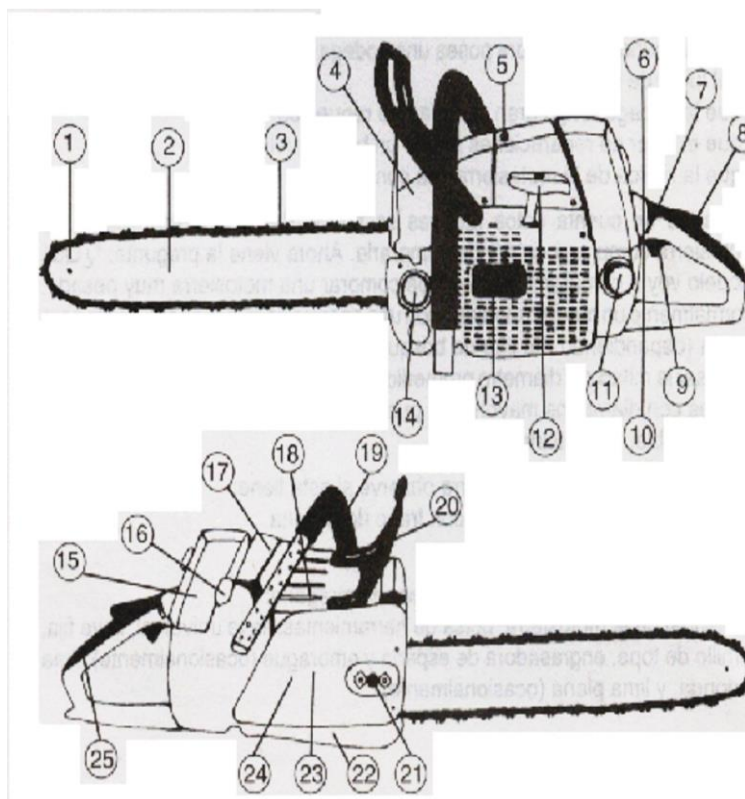
22) Tornillo regulador del aceite

23) Piñón de cadena y embrague

25) Manija trasera

24) Tapa de piñón de cadena

**Figura N° 1: Partes de una motosierra**



**(Frisk S.; Campos R. 1979).**

### 1.17.3. Ventajas y desventajas de la motosierra

#### a) Ventajas

- ✓ El trabajo es bastante rápido
- ✓ Puede trabajar una sola persona
- ✓ Con la misma máquina se pueden talar árboles y aserrar
- ✓ Con la motosierra se puede aplicar un número mayor de técnicas de tala y corte y tiene ventajas en la tala de árboles en condiciones difíciles

#### b) Desventajas

- ✓ No se obtiene un buen acabado del producto final
- ✓ Hay bastante pérdida por aserrín
- ✓ El trabajo con motosierra es peligroso y necesita una buena capacitación práctica para evitar accidentes.
- ✓ El trabajo diario con la motosierra puede afectar la salud (inhalar los gases del motor, vibración fuerte en las manos, ruido afecta el oído).

Motosierra: 8 – 12 mm en cada corte

Sierra de cinta: 3 – 4 mm en cada corte

(Collahuzo M. Ángel, 2004)



## 1.18. Descripción de la especie

### 1.18.1. Clasificación botánica

**Reino:** Vegetal

**Phylum:** Telemophytae

**División:** Traquiofitae

**Sub-división:** Angiosperma

**Clase:** Dicotiledóneas

**Sub-clase:** Arquiclamídeas

**Orden:** Rosales

**Familia:** Leguminosas

**Sub-familia:** Papilionoidae

**Género:** *Myroxylon*

**Especie:** *peruiferum* - L.f.

**Nombre común:** Quina colorada

### 1.18.2. Generalidades de la Quina colorada

La Quina colorada (*Myroxylon peruiferum* - L.f.) es un árbol que llega a medir de 15 a 30 metros de altura total y de 60 a 70 cm de diámetro, posee copa mediana irregular con hojas compuestas, tronco cilíndrico con aletas tablares, altura comercial promedio de 17 metros, posee una corteza externa de color marrón de apariencia agrietada de 5 a 8 mm de espesor que se desprende en placas más o menos rectangulares, de consistencia rígida, se puede observar manchas blanco-azuladas sobre la superficie de la corteza. Posee una corteza interna de 2,5 a 5 cm de espesor, textura fibrosa, color amarillo claro, olor fuerte perceptible característico de la especie, sabor amargo, no se observa exudados después de realizado el corte.

Pablo R. Legname (1982) describe:

**Hojas:** compuestas, imparipinadas, de 10 a 20 cm de largo de los cuales 2 a 3 cm corresponden al peciolo, foliolos 3 a 11 alternos; Limbo oval-lanceolado, más raro suborbicular, de 2 a 8 cm de largo por 1,5 a 4 cm de ancho, generalmente glabro, a veces pubescente en la nervadura principal de la cara inferior que es prominente, impresa en la cara superior, punteado y rayado a tras luz, márgenes mínimamente ondulados, base aguda, ápice cortamente acuminado; Peciolo de 2-4 mm de largo.

**Inflorescencia:** en racimos apanojados de hasta 20 cm de largo.

**Flores:** zigomorfas hermafroditas, llevadas sobre pedicelos de 1-2 cm de largo.

Cáliz gamosépalo, (incluyendo el receptáculo) de 6-7 mm de alto por 4-5 mm de ancho, companulado, glabro, con una hendidura de aproximadamente de 1,5 mm truncado y menudamente cinco dentados. Corola con 5 pétalos blancos, separados entre sí, 4 más pequeños, oblanceolados, largamente unguiculados, desiguales de 6-10 mm de largo por más o menos 1mm de ancho, glabros, uno mayor (estandarte) con limbo reniforme de 6 a 8 mm de ancho por 4 a 5 mm de alto, con uña de 4-5 mm de largo y aproximadamente 1 mm de ancho (el limbo del pétalo mayor en el alabastro envuelve a los pétalos menores y a los estandartes).

Estambres 10, filamentos glabros, libres blanquecinos, de aproximadamente 3 cm de largo, anteras sub sagitadas, apiculadas de 4-5 mm de largo por 1 mm de ancho, ovario lineal, glabro, encorvado, de 8-10 mm de largo, ensanchado en la parte superior, estilo breve.

**Fruto:** sámara amarillenta, media total 7 a 9 cm de largo por 1,5 a 2 cm de ancho.

**Semilla:** apical, nervada de aproximadamente 2 cm de largo por más o menos 1,5 cm de ancho a la provista de nervio longitudinal, sub marginal, pedicelo de 2- 12 mm de largo.

**Fenología:** florece desde agosto hasta octubre y fructifica desde octubre hasta diciembre. Su distribución en la parte sur de Bolivia, específicamente en la provincia O'Connor, parte de la provincia Arce y Gran Chaco del departamento de Tarija. Habita en el bosque alto deciduo, generalmente entre 400-800 m.s.n.m.

encontrándose también ejemplares aislados que suelen llegar hasta el piso inferior del bosque montano llegando entonces hasta 1500 m.s.n.m.

### **1.18.3. Hábitat**

Especie que se encuentra ampliamente distribuida en la formación tucumano-boliviana. Esta especie se la encuentra en la zona sud andina del departamento de Tarija, comprende dos sub zonas, la de Bermejo y la sub zona de Entre Ríos. La primera presenta un clima húmedo donde la precipitación media anual es de 1178 mm. y la temperatura media anual es de 22,3 °C.

La segunda con clima sub húmedo y precipitaciones medias anuales de 1014 mm. y temperaturas medias de 19,7 °C (Portal Vera, 2006).

### **1.18.4. Estrato al que pertenece**

Debido a las grandes dimensiones de los individuos se determinó que esta especie pertenece a la primera categoría, (estrato arbóreo alto).

### **1.18.5. Bosque al que pertenece**

Bosque denso formado con árboles más de 5 metros de altura, la mayoría de los arboles pierden su follaje simultáneamente y en conexión de la estación desfavorable.

Bosque deciduo por el frio con árboles (o arbustos) sempervirentes entremezcladas, la estación desfavorable está caracterizada principalmente por las heladas invernales.

Las latifoliadas deciduas dominantes, pero especies sempervirentes se presentan formando parte del dosel principal o de los estratos intermedios, trepadoras y epifitas vasculares escasas o ausentes (Valdivieso, 1998).

### **1.18.6. Usos**

Es una de las especies de mayor valor forestal del departamento. Presenta una madera muy dura y pesada y una acentuada diferencia entre la albura y el duramen, siendo la primera ocrácea con vetas longitudinales y el duramen castaño-rojizo. Apta para construcciones hidráulicas (puentes o muelles), se utiliza también en menor escala para tacos de billar, marcos de puertas y ventanas, muebles de lujo que resultan

bastante pesados pero muy duraderos, también para enchapados decorativos (Tortorelli, 1956; Dimitri & al, 2000).

A continuación, se muestra una ficha técnica de las características más importantes de la especie en estudio (Quina colorada).

**Cuadro N° 1.** Propiedades Físicas y Mecánicas de la Quina colorada

<b>Propiedades Físicas</b>	
Contenido de humedad en verde	30%
Densidad básica	0,78 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad al 12% de humedad	0,91 gr/cm <sup>3</sup>
Contracción radial	2%
Contracción tangencial	3,60 %
Contracción volumétrica	5,50 %
Relación T/R:	1,6
<b>Resistencia Mecánica</b>	
Módulo de elasticidad	186x1000 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de rotura	1648 kg/cm <sup>2</sup>
E.R. Contracción paralela	783 kg/ cm <sup>2</sup>
Corte radial	173 kg/cm <sup>2</sup>
Dureza lateral	1279 kg.
Tenacidad	6,63 kg-m

*Fuente:(Portal V. R., 2006)*

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2. MATERIALES**

##### **2.1. Descripción general del área de estudio**

###### **2.1.1. Aspectos Espaciales**

###### **2.1.1.1. Ubicación**

El Plan General de Manejo Forestal - PGMF “SESTEADERO” se encuentra ubicado en la propiedad privada de nombre Sesteadero, perteneciente a la comunidad de Chiquiacá sud, Municipio de Entre Ríos del Departamento de Tarija (ver Figura N° 2: Mapa de ubicación del área de estudio).

###### **2.1.1.2. Colindancias de la Propiedad Sesteadero**

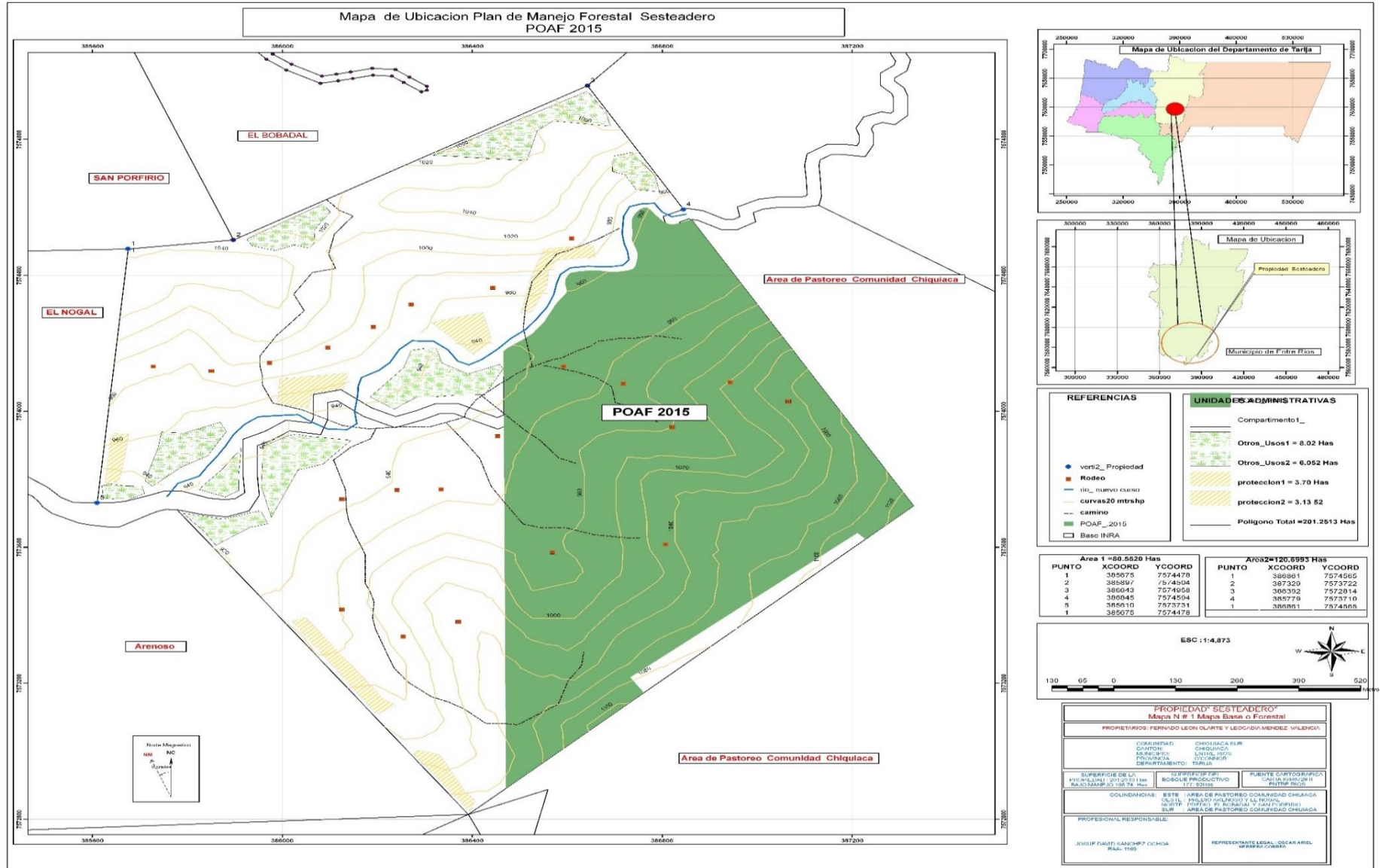
El Plan General de Manejo Forestal PGMF “SESTEADERO” colinda al Norte con las propiedades privadas (San Porfirio y Bobadal), al Sur colinda con la propiedad (Área de Pastoreo Comunidad Chiquiacá), al Este colinda con el (Área de Pastoreo Comunidad de Chiquiacá) y al Oeste colinda con las propiedades privadas (Arenoso y el nogal), todas estas se encuentran ubicadas dentro el Cantón Chiquiacá (ver Figura N° 2: Mapa de ubicación del área de estudio).

###### **2.1.1.3. Superficie**

La propiedad privada Sesteadero cuenta con una superficie total de 201.25 has. de las cuales 177.73 has. de bosque son productivas, 6,84 has. de bosque son de protección y 14,07 has, dedicadas a otros usos, haciendo un total de 178.74 has. de bosque sujetas al Manejo Forestal.

El área cuenta con un Plan Operativo Anual Forestal (POAF-2015) vigente, de 88.92 has. en el que se llevó a cabo el presente estudio de rendimiento de aserrío con motosierra (ver Figura N° 2: Mapa de ubicación del área de estudio).

Figura N° 2. Mapa de ubicación del área de estudio



#### **2.1.1.4. Accesibilidad**

La comunicación vial actual existente de la comunidad de Chiquiacá y el Municipio de Entre Ríos, es mediante un camino carretero de tierra y graba, que integra la zona sur del Municipio, que actualmente se encuentra en buen estado transitable.

Al área de estudio (PGMF-SESTEADERO), se ingresa mediante un camino carretero vecinal de tierra construido por empresas madereras, que parte de la comunidad de Loma Alta hacia el Este con recorrido de 6 km. Aproximadamente hasta llegar a la propiedad privada Sesteadero, donde se está llevando a cabo las actividades de aprovechando forestal.

#### **2.1.1.5. Uso de la tierra**

Por el tipo de vegetación y el clima, en esta provincia fisiográfica la actividad silvopastoril es la que ocupa mayor extensión. La actividad principal es la ganadería extensiva con base en el ramoneo del bosque y de matorrales, pastoreo del estrato herbáceo y pequeños pastizales dentro del bosque, así como en las cimas de serranías (ZONISIG, 2001).

Por otra parte, el uso agropecuario extensivo es la que predomina en esta parte del municipio de Entre Ríos, con una agricultura tradicional a secano principalmente de maíz, maní, papa y cítricos, en su mayoría con maquinaria agrícola y empleando otros insumos. La actividad agrícola se combina con la ganadería mixta compuesta por vacunos, ovinos, caprinos y porcinos (ZONISIG, 2001).

### **2.1.2. Características Biofísicas**

#### **2.1.2.1. Clima**

En la comunidad de Chiquiacá no existe estación meteorológica, por lo tanto, se hará referencia a datos de la estación Termopluviométrica ubicada en la comunidad de Salinas, que es la zona más próxima al área de estudio.

De acuerdo a los datos registrados en la estación termopluviométrica de la comunidad de Salinas, esta zona presenta un clima cálido húmedo, con una temperatura media

anual que alcanzan los 25.6 °C, sin embargo por las condiciones de altura y la diferencia marcada de las estaciones, en la zona la temperatura puede alcanzar valores máximos de hasta 40,9 °C en las estaciones de primavera y verano y mínimos extremos de hasta -7,2 °C en los meses de invierno, cuando se presentan los denominados surazos. Como una explicación de este fenómeno se puede decir que en el área de estudio los vientos que provienen del Norte o Noreste son cálidos y secos provocando ocasionalmente temperaturas superiores a los 40 °C, incluso en los meses de agosto a diciembre. y las precipitaciones varían entre 1200 a 1700 mm anuales. (SENAMHI, 2003).

#### **2.1.2.2. Vegetación**

De acuerdo a la tipología elaborada por el ZONIZIG (2000), y en base a la metodología elaborada por la UNESCO, esta zona pertenece a la unidad de vegetación, Bosque ralo siempre verde semideciduo nublado (2B2b).

Es un bosque generalmente ralo, el dosel superior es alto, el estrato arbustivo y herbáceo es denso. Florísticamente complejo, por estar formado por una mezcla de especies características de los bosques transicionales como *Anadenanthera colubrina* (Vell.conc.) Benth (Cebil colorado), *Diatenopteryx sorbifolia* (Suiquillo, anco, quebrachillo), *Trichilia sp.* (Pata de gallo), *Patagonula americana* L (palo lanza, lanza blanca verdadera), *Blepharocalix gigantea* (H.B.K.) O. Berg (Barroso), *Myroxylon peruiferum* (Quina colorada), *Calycophyllum multiflorum* (Palo blanco), entre otras.

Cubre un paisaje de ladera media a baja, con el relieve dominante, es muy disectado, escarpado (> 30 %) Se encuentra en altitudes entre 500 a 1.200 msnm, donde llueve alrededor de 1200 a 1700 mm, con suelos superficiales a profundos y una temperatura media de 22° C. determinando un clima cálido húmedo.

#### **2.1.2.3. Suelo**

Según el Plan de Manejo Forestal elaborado por el Ing. David Josué Sánchez Ochoa, Los suelos presentan características diferentes en cuanto a su estructura es muy



común encontrar suelos arenosos, franco, franco arcilloso, franco limoso y en las partes más altas suelos muy arcillosos.

#### **2.1.2.4. Relieve**

Está constituido por una serie de serranías altas disectadas paralelas, de rumbo norte a sur atravesadas por ríos que forman valles angostos y anchos este conjunto pertenece a la faja del sub andino.

El área de estudio presenta un paisaje montañoso y sub-montañoso, con seis clases de relieves contrastes en términos de pendientes, sin embargo, por las características fisiográficas del territorio de esta zona, domina el relieve con pendientes escarpadas a muy escarpadas, es decir con pendientes que van de 30 a 60 % y mayores a 60% (González E., 2006).

#### **2.1.2.5. Topografía**

El área presenta una topografía montañosa y ondulada en su generalidad, llegando a ser accidentada en casi toda la zona del municipio.

#### **2.1.2.6. Fisiografía**

El Cantón Chiquiacá fisiográficamente pertenece a la provincia del sudandino, con Paisajes de Serranía media con disección moderada. Esta unidad se presenta cubriendo las laderas y cimas entre las comunidades de El Puesto y el cantón Chiquiacá, alcanzando altitudes que oscilan entre los 500 a 2.000 msnm, con presencia de litología, correspondiente a rocas de limonitas, areniscas con algunas intercalaciones de arcillolitas, calizas y otras rocas carbonatadas, relieve con pendiente escarpada a muy escarpada presenta un clima templado semihumedo, laderas generalmente de disección moderada, cubiertas por un bosque ralo, xeromórfico, deciduo por sequía (Plan de Desarrollo Territorial Integral, Municipio de Entre Ríos 2006).

### **2.1.2.7. Hidrografía**

El Cantón Chiquiacá forma parte del sistema hídrico de la cuenca del río Bermejo que abarca la cordillera oriental y la sudandina, con afluentes importantes como el río San Bartolo y río Chiquiacá que drenan sus aguas a esta cuenca.

## **2.2. MATERIALES**

Para el presente estudio se utilizaron diversos materiales y equipos, para la etapa de campo y posteriormente de gabinete, los cuales se dan a conocer a continuación:

### **a) Materiales de campo:**

- Flexo metálico.
- Libreta de campo.
- Planillas y formularios de campo.
- Lápiz y Bolígrafos.
- Pintura látex color blanco.
- Planillas de censo forestal.
- Crayones color azul.
- Cámara fotográfica.
- Máquina de calcular.

### **b) Materiales de aserrado:**

- Motosierra en buen estado (STIHL MS 660).
- Cadenas (ralladora y troce adora).
- Limas planas y cilíndricas.
- Stok de repuestos.
- Bidones de Combustible (mescla y aceite quemado).
- Hilo de lana (torcido) para realizar el marcado.

- Nivel de mano.
- Hacha.
- Machete.
- Cuchillo.
- Cuñas de madera.

**c) Material vegetativo (materia prima):**

- 35 trozas de la especie Quina colorada (*Myroxylon peruiferum* -L.f.)

**d) Materiales de gabinete:**

- Computadora.
- Planillas con datos de campo.

**2.2.1. Datos técnicos de la motosierra STHIL MS 660**

Motosierra de gran potencia. Extremadamente resistente y robusta. Con bomba de aceite de caudal regulable. Diseñada para trabajos exigentes, como la tala de madera dura (Manual de instrucciones, STHIL MS 660).

**2.2.1.1. Motor**

Motor monocilíndrico de dos tiempos STHIL de 91,6 cm<sup>3</sup>, 54 mm de diámetro, 40,0 mm de carrera, potencia según ISO 7293: 5,2 kW (7,1 CV) a 9500 rpm.

**2.2.1.2. Sistema de encendido**

Encendido por magneto, de control electrónico.

Bujía (desparasitada): NGK BPMR 7 A, Bosch WSR 6 F, electrodos 0,5 mm.

**2.2.1.3. Sistema de combustible**

Carburador de membrana independiente de la posición con bomba de combustible integrada. Capacidad de depósito de combustible: 825 cm<sup>3</sup> (0,825 L).

#### **2.2.1.4. Lubricación de cadena**

Bomba de aceite completamente automática en función del número de revoluciones con émbolo giratorio - adicionalmente, regulación manual del caudal de aceite.

Cabida de depósito de aceite: 360 cm<sup>3</sup> (0,36 L).

#### **2.2.1.5. Peso**

MS 660: 7,3 kg. Relación peso potencia (kg/kW): 1,4

#### **2.2.1.6. Equipo de corte**

Espada Rollomatic E 3/8" con longitud de corte 75 cm, ancho de ranura 1,6 mm, estrella de reenvío: de 11 dientes.

Cadena de aserrado Oilimatic de 75 cm, 40 eslabones Rapid micro (36 RMX), modelo 3652, paso: 3/8" (9,32 mm). Espesor de eslabón impulsor: 1,6 mm.

### **2.3. METODOLOGÍA**

El presente trabajo se basó en la nueva metodología que emitió la ABT, mediante la resolución administrativa ABT N° 353/2012 y la directriz técnica ABT N° 004/2012, "Metodología para la elaboración de estudios de rendimiento para la transformación primaria de productos maderables y procedimientos para su aprobación", así como también en la metodología propuesta por el proyecto BOLFOR: Estudio de Rendimiento, Tiempos y Movimientos en el Aserrío (Manual práctico-documento técnico 62/1997).

#### **2.3.1. Selección de la especie**

Para la realización del presente trabajo de investigación se eligió la especie Quina colorada (*Myroxylon peruiferum* -L.f.), por ser actualmente una de las especies de mayor consumo en el mercado regional y nacional, para la industria forestal, en lo que respecta a madera dura provenientes de nuestro departamento.

### **2.3.2. Selección de los árboles**

Para obtener las muestras en esta investigación se trabajó con árboles aprovechables que cumplen el diámetro mínimo de corta (DC) de acuerdo a la información establecida en el Censo Forestal del Plan General de Manejo Forestal (PGMF-SESTEADERO).

Con la finalidad de tener una mayor representatividad de la población boscosa del área de estudio se trabajó con árboles clasificados como: de calidad 1, calidad 2 y calidad 3, en el Censo Comercial del Plan Operativo Anual Forestal (POAF-2015).

### **2.3.3. Definición del tamaño de la muestra**

Para definir el tamaño de la muestra en este caso específico, siendo un estudio rendimiento de aserrío con fines de investigación realizado en el bosque lugar de origen del árbol del cual fueron obtenidas las trozas, donde se utilizó la motosierra como elemento principal de corte para la obtención de la madera y no así en centro de transformación primaria. Al no contar con una metodología específica para la definición del tamaño de la muestra para este tipo de estudios, en ese entendido se basó en el criterio de abundancia establecido en la Directriz Técnica ABT N° 004/2012. Metodología para la Elaboración de Estudios de Rendimientos para la Transformación Primaria de Productos Maderables y Procedimiento para su Aprobación, la cual indica que para realizar estudios de rendimiento de aserrío el mínimo de trozas que conformará la muestra para especies consideradas como abundantes ( $\geq 1$  individuo/ha.) debe ser de 50 y para las especies consideradas como poco abundantes ( $< 1$  individuo/ha.) el mínimo de trozas que conformará la muestra debe ser de 30.

Atendiendo este criterio de la Directriz Técnica ABT N° 004/2012, se evaluó 35 trozas seleccionadas al azar, ya que la especie estudiada es considerada como poco abundante en el área de aprovechamiento de acuerdo a la información establecida en el censo forestal.

#### **2.3.4. Selección de las trozas en el bosque**

Una vez concluidas las actividades del aprovechamiento forestal y preparación de los productos como: desrame, descope, despunte, saneo y troceado el fuste del árbol de acuerdo a las medidas comerciales, se procedió a seleccionar al azar hasta tres trozas por árbol de las variabilidades dasométricas de secciones (A, B, C, etc.), clase diamétrica y calidades (1, 2 y 3). También se tomó en cuenta la facilidad que ofrecía cada sección para el aserrado, la disponibilidad de tiempo del operador de motosierra, las condiciones topográficas del terreno, la cobertura vegetal y la temperatura (ver Anexo II Fot. 1-A).

#### **2.3.5. ACTIVIDAD DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para la recolección de datos de madera en troza y madera aserrada, se utilizaron planillas confeccionadas especialmente para este tipo de estudio, como indica la Directriz técnica ABT N° 004/2012, (ver Anexo I, Cuadro 1-B. Planillas para la toma de datos de madera en troza y madera aserrada).

En este estudio la recolección de datos se realizó en el bosque específicamente en el lugar de origen del árbol, donde se llevó a cabo todas las actividades previas al aserrado como: Apeo, desrame, despunte, saneo y troceado.

##### **2.3.5.1. Codificación de las trozas**

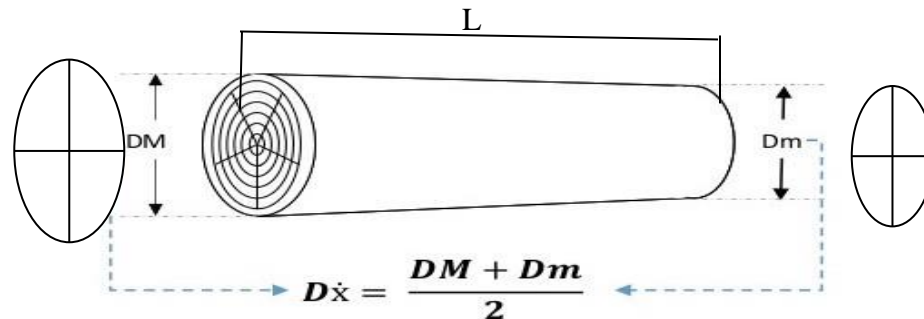
Una vez seleccionadas las trozas para la realización del estudio, se procedió al marcado en uno de sus extremos con pintura de color blanco, el código utilizado para cada troza fue de acuerdo al N° de árbol del Censo Forestal, N° de troza y sección del fuste al que corresponde, esto para evitar confusiones con otras trozas provenientes del mismo árbol y realizar un mejor seguimiento de las trozas seleccionadas durante el proceso de aserrado (ver Anexo II, Fot. 1-B, 2-B).

##### **2.3.5.2. Medición de las trozas**

Una vez codificadas las trozas, se procedió a la medición de su longitud (en metros), sus diámetros incluyendo la corteza en los extremos mayor y menor (en metros), en cada extremo se tomó dos mediciones en forma de cruz (ver Anexo II, Fot. 1-C, 2-C,

3-C, 4-C), en áreas irregulares se realizó hasta cuatro mediciones de acuerdo a las características particulares de cada troza y se trabajó con el promedio de cada extremo, para tomar estos datos se utilizó un flexómetro. A continuación, se muestra la **figura N° 2** con la forma de medición.

**Figura N° 3.** Medición de diámetros de rolas.



$Dx$ = Diámetro promedio (en metros)

$DM$ = Diámetro mayor promedio (metros)

$Dm$ = Diámetro menor promedio (en metros)

$L$  = longitud (en metros)

### 2.3.5.3. Calidad de las trozas

El registro de la calidad de las trozas se realizó en función de los siguientes criterios establecidos en la Directriz Técnica ABT N° 004/2012.

- **Calidad 1.-** Es aquella que presente las siguientes características: cilíndrica, derecha y sin ataques de ninguna clase de insectos y hongos y si los hubiese estos deben ser mínimos.
- **Calidad 2.-** Debe ser semicilíndrica, semi-sinuosa y con ataques mínimos o hasta un 30% de su tamaño.
- **Calidad 3.-** Será de forma irregular, sinuosa o torcida con pudriciones mayores al 30 % del tamaño total de la troza.

Es muy importante realizar una inspección detallada de las características morfológicas y el estado fitosanitario de cada troza, para poder obtener una clasificación acertada, y cuantificar la influencia que ejerce sobre el rendimiento y la calidad del producto obtenido.

#### **2.3.5.4. Proceso de aserrío de las trozas**

El proceso de aserrado de cada una de las trozas seleccionadas para realizar esta investigación, se llevó a cabo en el lugar de origen del árbol, del cual fueron obtenidas y se realizó utilizando una motosierra STIHL 660 con espada y cadena, como elemento único de corte en todo el proceso de aserrío, manipulada a pulso por un operador (motosierrista), este proceso constó de una serie de operaciones que se describen a continuación:

**-Ubicación de la médula.** - El motosierrista realiza una inspección a detalle en ambos extremos de cada troza, para ubicar e identificar la forma, dirección y el grado de afectación que esta ocasiona al duramen, siempre y cuando ésta presente rajaduras o en algunos casos pudrición como se observó en algunas de las trozas sujetas a estudio (ver Anexo II- Fot.D-1, D-2).

**-Preparación de la troza.** - Esta operación consistió en colocar la troza sobre dos recortes de diámetro pequeño, ubicados en sentido perpendicular del eje longitudinal de la troza, en ambos extremos, y se procedió al acomodado tomando en cuenta sus características morfológicas y fitosanitarias, y finalmente se realizó el calzado con cuñas de madera, orilleros, etc. La troza debe quedar firme, para poder realizar las operaciones sucesivas (ver Anexo II- Fot. D-3).

**-Limpieza de corteza.** - Esta actividad consiste en limpiar o quitar la corteza de la troza con herramientas como hacha o machete, con la finalidad de realizar un mejor marcado y evitar que se malogre el filo de la cadena (ver Anexo II – Fot. D-4).

**-Marcado de la troza (hiliado).** - Consiste en trazar una línea recta que sirve como guía para realizar el corte, para esta actividad se utilizó un hilo de lana, doble torcido y humedecido en una mezcla de carbón y agua (ver Anexo II- Fot. D-4).



**-Partido de la troza.** - Una vez realizadas todas las operaciones antes mencionadas, el operador de motosierra procede a realizar el partido de la troza, mediante un corte longitudinal que divide la troza por la mitad en dos secciones (ver Anexo II- Fotografía. D-5).

**-Preparación de las secciones.** - Ésta es una operación previa al aserrado, que consiste en tomar una sección o mitad de la troza, donde se realiza el nivelado y calzado de la sección, luego se procedió a realizar las mediciones de acuerdo a las medidas comerciales que se desea obtener y finalmente se trazan las líneas rectas (hiliado), como se observa (ver Anexo II –Fot. D-6).

**-Inspección del equipo de corte (motosierra).** - El operador de la motosierra realiza una verificación del funcionamiento del motor, del filo de los dientes y de todas sus partes de la cadena para ver si es necesario realizar el afilado o no y en algunos casos cambiarla por otra, no habiendo detectado ningún problema se procede a cargar combustible para empezar el trabajo de aserrado (ver Anexo II – Fot. D-7).

El correcto afilado de la cadena, nos permite obtener cortes rectos con caras limpias con un mejor acabado y con mayor rapidez, lo cual influye directamente en la calidad del producto obtenido, en este sentido es muy importante realizar la verificación de la cadena, antes de empezar el aserrado.

**-Aserrado.** - Es la operación final que realiza el motosierrista para obtener los diferentes productos en madera aserrada de cada troza, mediante cortes longitudinales rectos por las líneas trazadas (ver Anexo II- Fot. D-8).

Luego del aserrado de cada troza, los productos obtenidos en madera aserrada fueron codificados y separados, esto para evitar cualquier tipo de confusión en las mediciones y clasificación de las piezas obtenidas.

Este fue el procedimiento que se siguió para cada una de las trozas sujetas a estudio, tanto para madera larga y madera corta, en todo el proceso de aserrío.

El proceso de aserrío para la especie en cuestión, siendo un total de 35 trozas aserradas, tuvo una duración de 26 días trabajados.

Cabe mencionar que en el caso de la especie Quina colorada, el producto obtenido del aserrado es denominado como puente, que equivale a 12,3333 (pt) tanto en madera corta y madera larga, siendo esta media la más comercial, a nivel regional y nacional para la industria forestal.

**Cuadro N° 2.** Dimensiones comerciales en madera aserrada de la especie Quina colorada.

Dimensiones de un puente comercial					
En madera larga $\geq$ a 7 Pies			En madera corta $\leq$ a 7 Pies		
Largo (m)	Ancho (Pulg.)	Espesor (Pulg.)	Largo (m)	Ancho (Pulg.)	Espesor (Pulg.)
2,50	6	3	2	6	4
2,20	8	2,5	2	8	3
			1,50	8	4
			1	12	4

Fuente: elaboración propia, 2016.

Es muy importante conocer que en todo el proceso de aserrío no se realizó el despunte de la madera aserrada, porque desde el lugar de origen en el bosque hasta llegar al patio de acopio o cargadero pasa por una serie de manipulaciones, por el tipo de transporte que se usa en este tramo, siendo generalmente a tracción animal (ver Anexo II- Fot. E-1), donde uno de los extremos muchas veces sufre daños por la fricción con el suelo, durante todo este recorrido. Por esta razón y para evitar pérdidas la madera aserrada debe tener una sobre medida en su longitud.

### **2.3.5.5. Marcado de la madera aserrada**

Concluido el proceso de aserrío la madera aserrada se marcó con crayones de color azul en unas de sus caras y en algunos casos en los extremos o cantos, con el código de rendimiento correspondiente a dicha troza, para obtener mejor información en la toma de datos y evitar confusiones o mezcla con otras maderas, provenientes de otras trozas.

El marcado de la madera se realizó con la finalidad de asegurar y llevar un control estricto, ya que el proceso de aserrío consistió en aserrar una troza hasta obtener el

último producto en madera aserrada resultante de dicha troza, para luego continuar con la siguiente. Según fueron saliendo los productos aserrados, estos se acopiaron en un área preparada para su efecto en el lugar de origen de cada troza (ver Anexo II- Fot. F-1).

### 2.3.5.6. Medición de la madera aserrada

Una vez codificadas y separadas todas las piezas obtenidas de cada troza sujeta a estudio se procedió inmediatamente a tomar las medidas correspondientes, ancho y espesor en pulgadas y largo en metros de cada pieza, para su respectiva cubicación en pies tablares (pt) y su posterior conversión a metro cúbico (m.<sup>3</sup>), (Ver Anexo II- Fot. G-1).

El resultado de las mediciones del ancho y espesor (pulgadas) fueron registrados en valores enteros (sin decimales), los mismos que fueron obtenidos según el siguiente criterio.

**Cuadro N° 3.** Criterios de medición de madera aserrada

<b>Valor obtenido de la medición</b>	<b>Valor considerado en la toma de datos unidad</b>
6¼	6
6½	6
6¾	7

Fuente: Directriz Técnica ABT N° 004/2012

### 2.3.5.7. Clasificación de la madera aserrada

La clasificación de la madera aserrada según su longitud y calidad, se realizó de acuerdo a los criterios establecidos en la Norma NHLA:

- **Madera larga:** son consideradas aquellas piezas de madera que poseen una longitud mayor o igual a 7 pies, igual a 2,1336 metros.

- **Madera corta:** son aquellas piezas que presentan una longitud menor a 7 pies, igual a 2,1336 metros.

Según su calidad la madera se clasificó en base a los criterios técnicos de la norma y también a la clasificación tradicional que realizan los aserradores para la entrega del producto (madera de primera, madera de segunda y madera de tercera).

- **Madera de 1ª:** Toda madera libre de defectos que puedan disminuir su resistencia. La tabla o puente tiene que tener como mínimo una cara limpia.
- **Madera de 2ª:** Es aquella que posee diferentes defectos como ser sámago, grietas, ataque de insectos y otros defectos en mayor proporción.
- **Madera de 3ª:** Está considerada como madera residual (cantos, testas y orilleros).

Concluido el proceso de medición y clasificación de la madera aserrada obtenida de cada una de las trozas, se procedió a realizar su respectivo apilado en un área cubierto de vegetación (sombra), para evitar el contacto directo con los rayos del sol (ver Anexo II- Fot. H-1). Esta labor fue realizada por el propio aserrador (motosierrista) y en algunas veces por el responsable de la presente investigación.

### 2.3.6. ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN Y CÁLCULOS

#### 2.3.6.1. Cubicación de las trozas

Para la cubicación del volumen de las trozas se utilizó la fórmula de **Smalian**, ya que es actualmente usada y recomendada su aplicación en todo proceso de elaboración, verificación y aprobación de los instrumentos de gestión forestal por el ente rector, Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierras (ABT).

$$V = \frac{\pi}{4} * \frac{D^2 + d^2}{2} * L = 0,7854 * \frac{A_1 + A_2}{2} * L$$

**Donde:**

$$A = \frac{\pi}{4} * D^2$$

**V**= Volumen en m<sup>3</sup>

**D**<sup>2</sup> = Diámetro mayor en metros.

**d**<sup>2</sup>= Diámetro menor en metros.

**L**= Longitud de la troza en metros

$\pi/4$  = Constante 3,1416 / 4 = **0,7854**

### **2.3.6.2. Cubicación de la madera aserrada**

Para determinar el volumen en pies tablares de la madera aserrada se utilizó la siguiente fórmula:

$$V = \frac{A''E''L'}{12}$$

Donde:

**V**= Volumen en pies tablares.

**E**= Espesor de la tabla en pulgadas.

**A**= Ancho de la tabla en pulgadas.

**L**= Longitud de la tabla en pies.

### **2.3.6.3. Determinación del rendimiento**

Para obtener el rendimiento en porcentaje se aplicó la siguiente relación:

$$R = \frac{\text{Volumen en tablas en } m^3}{\text{Volumen en troza en } m^3} \times 100$$

Los cálculos de rendimiento de aserrío de madera se realizaron para cada una de las trozas, de tal manera que posteriormente se pudo obtener un promedio del

rendimiento de aserrío, así como también su desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación.

La madera aserrada generalmente es obtenida en pies tablares, para conversión a metro cúbico se aplicó la siguiente relación:

$$1 \text{ m}^3 = 424 \text{ (pt) (aproximada de 423,84)}.$$

#### **2.3.6.4. Determinación de coeficiente de aserrado**

El coeficiente de aserrío o coeficiente de aserrado es la relación del volumen de madera que se obtuvo y volumen de rollos que se usaron para producirla. Para su determinación se usó la siguiente relación:

$$\text{Coeficiente de Aserrío} = \frac{\text{m}^3 \text{ de madera aserrada}}{\text{m}^3 \text{ de madera en rollo}}$$

#### **2.3.6.5. Volumen de los desperdicios**

El volumen de los desperdicios es el resultado de la diferencia del volumen en troza y el volumen de madera aserrada.

$$V_d = \text{Volumen madera en troza} - \text{Volumen madera aserrada}$$

Para la presente investigación, los volúmenes de los desperdicios generados durante el proceso de aserrío de cada troza están constituidos por:

- Volumen de aserrín.
- Volumen de orilleros.
- Volumen de restos de médulas.

#### **2.3.7. Determinación de las ventajas y desventajas**

Las ventajas y desventajas fueron determinadas a partir de los datos obtenidos del rendimiento de aserrío y de las observaciones realizadas en todo el proceso de aserrado.

### 2.3.8. Análisis estadístico de los datos

**a) Media aritmética:** La media aritmética se define como la suma de los valores de “X” números divididos entre “n”. Representa el valor promedio de un conjunto de datos. Su fórmula es:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$\bar{x}$  = Media del conjunto de datos.

$\sum x$  = Sumatoria del conjunto de los valores de x.

N= Numero de datos o unidades de la muestra.

**b) Varianza:** Se define como la suma de los cuadrados de la desviación media de un conjunto de valores dividido entre el número de observaciones: la varianza para una muestra matemáticamente se expresa como:

$$S^2 = \frac{1}{n} \left[ \sum x^2 - \frac{1}{n} (\sum x)^2 \right]$$

**c) Desviación estándar:** La desviación estándar caracteriza la dispersión de los individuos con respecto a la media. Además, es la raíz cuadrada de la varianza, esto con el fin de que la media de dispersión (varianza) este expresado en las mismas unidades originales. Matemáticamente se expresa en la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \left[ \sum x^2 - \frac{1}{n} (\sum x)^2 \right]}$$

**d) Error Estándar:** El error estándar es el cociente de la desviación estándar entre la raíz cuadrada del número de observaciones, se expresa en la siguiente fórmula:

$$\bar{E} = \frac{S_x}{\sqrt{n}}$$

### 2.3.8.1. Análisis de correlación

El análisis estadístico que se aplicó para este estudio es el de Correlación, el cual determina el grado de relación existente entre dos o más variables. En este caso, fueron distinguidas dos variables: la independiente y dependiente. Y se utilizó la regresión lineal.

Este tipo de análisis permitió expresar una relación entre las variables por medio de una ecuación.

Lo que se trata es de establecer si existe relación entre dos variables (X y Y). En este caso se tomó el volumen de troza ( $m^3$ ) como la variable independiente (X) y el volumen obtenido de las tablas (pt) está como variable dependiente (Y).

La ecuación de la recta es :  $y = a + bx$

Donde:

**a:** Es una constante y se la obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y - b \sum_{i=1}^n x}{n}$$

**b:** Es el coeficiente de regresión y obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n xy - \sum_{i=1}^n x \sum_{i=1}^n y}{n \sum_{i=1}^n x^2 - (\sum_{i=1}^n x)^2}$$

**Coficiente de determinación ( $R^2$ )**

$$0 \leq R^2 \leq 1$$

**$R^2$ .**- Indica la cantidad de mejoramiento en términos de reducción del error total gracias al uso de la recta de regresión y mide la bondad de ajuste. Y se da por la segunda fórmula:

**a) Análisis de Regresión Lineal:** Este análisis fue realizado para ver la relación de interconexión entre la variable dependiente (Y) con su variable independiente (X). En



este caso las variables fueron volumen de madera en troza (X) y volumen de madera serrada (Y) donde se determinó la relación entre dichas variables por medio de una ecuación. Numéricamente el grado de asociación entre variables está entre un intervalo que va desde -1 hasta +1, pasando por cero "0". Cuando  $r = +1$  indica una perfecta asociación positiva, y si  $r = -1$  indica una perfecta asociación negativa. Cuando  $r = 0$  entonces indica que no hay asociación, es decir, que existe total independencia entre las dos variables. Para este caso se aplicó el análisis basado en la ecuación de una recta:

### **Coefficiente de correlación (r)**

$$-1 \leq r \leq 1$$

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X - \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

**r:** mide la mutua asociación entre las variables.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3. RESULTADOS

##### 3.1. Volumen de madera aserrada

Concluido el proceso de aserrío de las 35 trozas de la especie Quina colorada tomadas como muestra para la realización de la presente investigación, utilizando la motosierra como equipo de corte, se llegó a obtener los siguientes resultados:

El volumen total obtenido de toda la muestra de madera en troza fue de 22,3535 m<sup>3</sup>, del cual se obtuvo un volumen de 10,6661 m<sup>3</sup> en madera aserrada producto del aserraje de las 35 trozas.

Para observar con mayor detalle el registro de producción de cada una de las trozas, ver Anexo I. cuadro I-B (Planillas para la toma de datos de madera en troza formulario “B” y madera aserrada formulario “C”).

En el cuadro N° 4 se presenta un resumen del Anexo I. cuadro I-A con el número de trozas aserradas, el volumen total y el volumen aserrado expresado en metro cúbico (m<sup>3</sup>) y pie tablar (pt).

**Cuadro N° 4.** Resumen del proceso de aserrío con motosierra de 35 trozas de la especie Quina colorada expresado en m<sup>3</sup> y pt.

N° de Trozas	Volumen Troza		Volumen Aserrado	
	m <sup>3</sup>	Pt.	m <sup>3</sup>	Pt.
35	22,3535	9477,8840	10,6661	4522,4457
<b>total</b>	<b>22,3535</b>	<b>9477,8840</b>	<b>10,6661</b>	<b>4522,4457</b>

Fuente: Elaboración propia. 2016

### 3.1.1. Clasificación de la madera serrada según su longitud

La madera aserrada fue clasificada de acuerdo a lo establecido en la Norma NHLA, todas las piezas mayores a 7 pies o 2,13 metros son consideradas como madera larga y las piezas menores a 7 pies o 2,13 metros como madera corta, para ver con mayor claridad esta clasificación, ver Anexo I. Cuadro I-C. a continuación, se presenta el cuadro N° 5 donde se muestra un resumen del volumen de madera aserrada en m<sup>3</sup> y pt. Con su respectiva clasificación.

**Cuadro N° 5.** Resumen de la producción de madera aserrada según su longitud.

Tipo de Producto	Volumen Aserrado		Porcentaje %
	m <sup>3</sup>	pt	
Madera corta	2,2107	937,3271	20,73
Madera larga	8,4555	3585,1187	79,27
<b>Total</b>	<b>10,6661</b>	<b>4522,4457</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia. 2016

Como se observa en el cuadro N° 5, existe una elevada producción en madera larga con un porcentaje de 79,27 % frente al 20,73 % que corresponde a madera corta, esto se debe a que en el troceado se prioriza las medidas largas, ya que es el producto de mayor requerimiento en el mercado y ofrece mayor facilidad para trasportar del bosque al cargadero.

### 3.1.2. Clasificación de la madera aserrada según su calidad

En la presente investigación la madera aserrada se clasifico como de primera y de segunda, ya que la madera de tercera es considerada como desperdicios y por lo tanto no se llegó a cuantificar este volumen.

El resumen de la clasificación de la madera aserrada según su calidad, procedentes de las 35 trozas tomadas como muestra en el cuadro N° 6, para observar con mayor detalle los resultados ver (Anexo I. Cuadro I-C).

**Cuadro N° 6.** Resumen de la producción de madera aserrada según su calidad.

Tipo de producto	Volumen Aserrado		Porcentaje %
	m <sup>3</sup>	Pt.	
Madera de Segunda	2,7192	1152,9281	25,49
Madera de Primera	7,9470	3369,5176	74,51
<b>Total</b>	<b>10,6661</b>	<b>4522,4457</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia. 2016

En cuanto se refiere a madera de primera y segunda podemos observar en el cuadro N° 6 que existe una marcada diferencia del porcentaje de madera de primera frente al porcentaje de madera de segunda calidad, esto se debe principalmente a la buena calidad de las trozas, habilidad y experiencia de los aserradores y buenas condiciones del equipo de corte (motosierra).

### 3.2. Rendimiento de aserrío con motosierra de la especie Quina colorada

Para calcular el rendimiento de aserrío en porcentaje se utilizó la siguiente fórmula:

$$R(\%) = \frac{\text{Volumen de madera aserrada en m}^3}{\text{Volumen en troza en m}^3} \times 100$$

Los resultados obtenidos en la determinación del rendimiento de aserrío con motosierra, de la especie Quina colorada. Nos muestra un resultado de las 35 trozas tomadas como muestra de **47,72 %** como rendimiento promedio total (ver Anexo I. Cuadro I-C).

**Cuadro N° 7.** Resultados del Rendimiento % de transformación de la especie Quina colorada en madera larga y madera corta.

N° de Trozas	Vol. Troza (m <sup>3</sup> )	Madera Larga (m <sup>3</sup> )	Madera Corta (m <sup>3</sup> )	Total Madera aserrada (m <sup>3</sup> )	Rendimiento Mad. Larga (%)	Rendimiento Mad. Corta (%)	Rend. Total (%)
35	22,3535	8,4555	2,2107	10,6661	37,83	9,89	47,72
<b>Total</b>	<b>22,3535</b>	<b>8,4555</b>	<b>2,2107</b>	<b>10,6661</b>	<b>37,83</b>	<b>9,89</b>	<b>47,72</b>

Fuente: Elaboración propia. 2016

Rendimiento promedio madera larga (%) = 37,83 %

Rendimiento promedio madera corta (%) = 9,89 %

**Total, rendimiento (%) = 47,72 %**

Como se observa en el cuadro N° 7, del total de madera aserrada obtenida de la muestra de estudio (35 trozas), el 37.83 % corresponde a madera larga y el 9,89 % es madera corta, dando un rendimiento total (volumen aprovechado) es de 47,72 %.

**Cuadro N° 8.** Rendimiento de la madera aserrada de acuerdo a su calidad.

Producto	Vol. Aserrado (m <sup>3</sup> )	Vol. Troza (m <sup>3</sup> )	Rendimiento (%)
Madera de Primera	7,9470		35,55
Madera de Segunda	2,7192		12,16
<b>Total</b>	<b>10,6661</b>		<b>22,3535</b>

Fuente: Elaboración propia. 2016.

Respecto a la clasificación de madera aserrada según su calidad, en el cuadro N° 8 se muestra un resumen global de las 35 trozas, del total del rendimiento correspondiente a 47,72 %, el 35,55 % corresponde a madera de primera y 12,16 % es de madera de segunda calidad.

### 3.3. Determinación del coeficiente transformación

Con los resultados obtenidos del rendimiento, también se determinó el coeficiente de aserrio o coeficiente aserrado.

$$\text{Coeficiente de Aserrio} = \frac{m^3 \text{ de madera aserrada}}{m^3 \text{ de madera en troza}}$$

El coeficiente de conversión para la especie Quina colorada, donde se utilizó la motosierra en el proceso de aserrado, tiene como resultado un valor promedio del total de la muestra de 0,4772, el cual indica que existe un factor de conversión por metro cúbico de madera en troza, como se observa en el Cuadro N° 9.

**Cuadro N° 9.** Resultados del coeficiente de transformación con motosierra de la especie Quina colorada

N° de Trozas	Vol. Troza	Vol. Aserrado	Coeficiente de Aserrío
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
35	22,3535	10,6661	0,4772
<b>Total</b>	<b>22,3535</b>	<b>10,6661</b>	<b>0,4772</b>

Fuente: Elaboración propia. 2016

### 3.4. Volumen de desperdicio de madera en el proceso de aserrado, utilizando motosierra

Como dato referencial en lo que se refiere al volumen de los desperdicios, este se obtiene de la diferencia entre el volumen en troza menos el volumen de madera aserrada, en el Cuadro N° 10, se muestra un resumen general del volumen total, volumen aprovechado y volumen de los desperdicios con su respectivo porcentaje, generado en todo el proceso de aserrío (35 trozas), el cual nos da un volumen residual total de 11,6874 m<sup>3</sup> equivalente al 52,28 % del volumen total de la muestra de estudio, ver resultados en (Anexo I. Cuadro I-D).

**Cuadro N° 10.** Volumen de desperdicios generados en el proceso de aserrío, expresado en m<sup>3</sup> y %

N° de Trozas	Vol. Troza	Vol. Aserrado	Vol. Desperdicios	Desperdicios %
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
35	22,3535	10,6661	11,6874	52,28
<b>Total</b>	<b>22,3535</b>	<b>10,6661</b>	<b>11,6874</b>	<b>52,28</b>

Fuente: Elaboración propia. 2016

### 3.5. Ventajas y desventajas que ofrece el aserrío con motosierra

A partir de los resultados obtenidos y las observaciones realizadas durante todo el proceso de investigación se determinó las ventajas y las desventajas que presenta esta

técnica de aserrado utilizando la motosierra con espada y cadena como elemento de corte, manipulada a pulso por un operador (motosierrista).

### **3.5.1. Ventajas**

- Puede trabajar una sola persona en todo el proceso de aprovechamiento forestal y transformación primaria de la materia prima (trozas).
- Se puede transportar la motosierra con mayor facilidad hasta sitios de difícil accesibilidad del bosque.
- El aserrado de las trozas se realiza en el bosque, lo cual permite extraer madera aserrada, situación que facilita el transporte primario y secundario.
- El motosierrista se adecúa a las características del terreno referidas a pendiente, afloramientos rocosos, clima y otro, al momento de proceder con el aserrado de la madera.
- El uso de la técnica de aserrío con motosierra, no genera considerables impactos ambientales negativos al ecosistema, en comparación con tecnologías de mayor escala productiva.
- Los desperdicios obtenidos del proceso de aserraje, como ser el aserrín es un residuo biodegradable, descomponiéndose en un tiempo reducido y los residuos mayores son utilizados en diferentes formas por los productores y propietarios del área de aprovechamiento.

### **3.5.2. Desventajas**

- No se obtiene un buen acabado del producto final, en cuanto a rectitud y dimensiones que en muchos casos no son uniformes, lo cual disminuye la calidad del producto obtenido.
- Hay bastante pérdida por aserrín debido al espesor de corte de la cadena que en este caso fue de 8 mm, lo que significa que, para aserrar una cara de un puente común de dimensiones, largo 2,50 m y ancho 6 pulgadas se llega a perder un volumen de 1,2914 pt.

- El proceso de recuperación de orilleros no se puede realizar, debido a que estos presentan mucha dificultad para realizar el reaserrado.
- El trabajo con motosierra es peligroso y necesita una buena capacitación práctica para evitar accidentes.
- El trabajo diario con la motosierra puede afectar la salud (inhalar los gases del motor, vibración fuerte en las manos, ruido afecta el oído).

### 3.6. Análisis estadístico de los datos obtenidos

Las variables consideradas para este análisis son volumen en troza como  $X=$  *independiente* y el volumen de madera aserrada como  $Y=$  *dependiente*. (ver Anexo II. Cuadro 1-E)

Los datos estimados para la determinación de la ecuación lineal (volumen troza vs. Volumen aserrado) de la especie Quina colorada *Myroxylon peruiferum* – L. f. se presentan en el siguiente cuadro N° 11.

**Cuadro N° 11.** Parámetros estadísticos para el cálculo de la regresión lineal.

Datos Estadísticos para el cálculo de la ecuación de la recta y análisis de regresión	TROZA (m <sup>3</sup> ) X	TABLA (pt) Y
Promedio	0,6387	129,2127
Varianza (S <sup>2</sup> x); (S <sup>2</sup> y)	0,0736	4657,6765
Desviación estándar (Sx); (Sy)	0,2713	68,2472
Suma de cuadrados (Σx <sup>2</sup> ); (Σy <sup>2</sup> )	16,7794	742718,5825
Suma total (Σx); (Σy)	22,3535	4522,4457
Error estándar (Ex); (Ey)	0,0124	787,2910
Producto interior (Σxy)	3492,8939	
Número de muestras	35	

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ecuación de la recta es:

$$y = a + bx$$

**a:** Es una constante y se la obtiene a través de la siguiente fórmula:



$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y - b \sum_{i=1}^n x}{n}$$

$$a = \frac{4522,4457 - 241,5387 * 22,3535}{35} = -25,0511$$

**b:** Es el coeficiente de regresión y obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n xy - \sum_{i=1}^n x \sum_{i=1}^n y}{n \sum_{i=1}^n x^2 - (\sum_{i=1}^n x)^2}$$

$$b = \frac{35 * 3492,8939 - 22,3535 * 4522,4457}{35 * 16,7794 - (22,3535)^2} = 241,5387$$

Coeficiente de determinación y correlación (volumen troza vs. volumen aserrado).

El modelo obtenido fue:

$$\boxed{y = 241,5387x - 25,0511}$$

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ), fue obtenido a partir de los valores correspondientes, utilizados para la obtención de la ecuación de la recta, mediante el programa Excel (ver Anexo II. Cuadro 1-E). Este coeficiente indica la cantidad de mejoramiento en términos de reducción del error total gracias al uso de la recta de regresión y mide la bondad de ajuste (ver Figura N° 3. Representación gráfica de la ecuación lineal).

$$R^2 = 0,9221$$

### 3.6.1. Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación (**r**) que mide la mutua asociación entre las variables, fue obtenido por la siguiente función.

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X - \sum Y}{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}$$

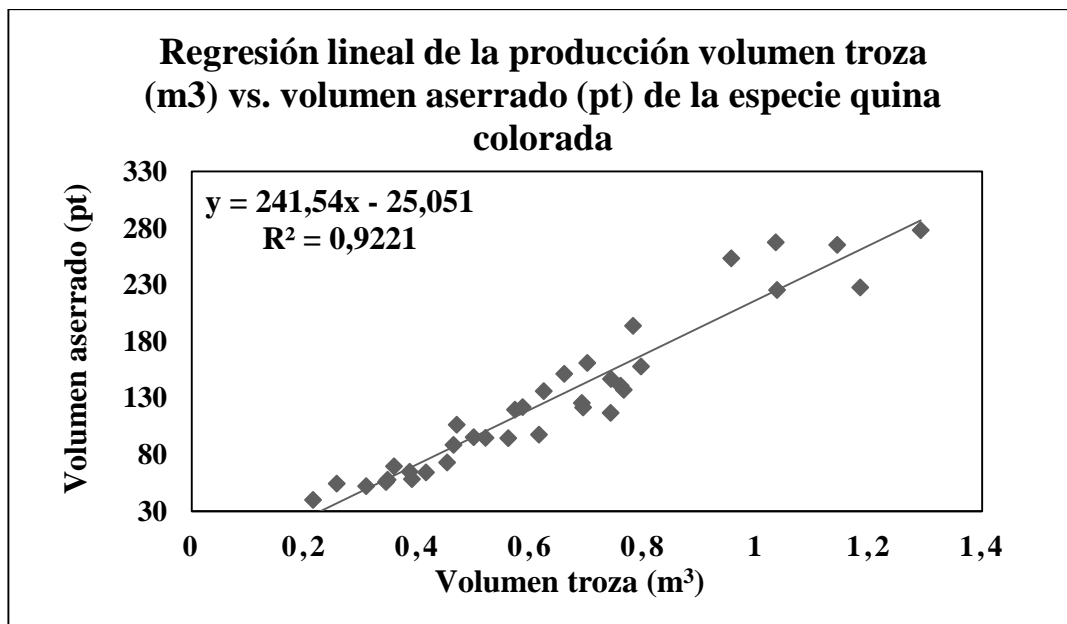
$$r = \frac{35 * 3492,8939 - 22,3535 - 4522,4457}{\sqrt{[35 * 16,7794 - (22,3535)^2][35 * 742718,5825 - (4522,4457)^2]}}$$

$$= 0,9602$$

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) presenta un ajuste aceptable entre el volumen de trozas y la producción de madera en tablas con un valor de  $R^2 = 0,9221$ ; la correlación lineal ( $r$ ) en la regresión lineal presenta un  $r = 0,9602$  del cual se asume una correlación positiva estrecha entre la variable del volumen de trozas ( $m^3$ ) y el producto obtenido en madera serrada (pt).

La presentación de la ecuación de la recta para las trozas de Quina colorada vs. producción en madera aserrada, se muestra a continuación en la figura N° 3, los resultados de la variable (Y) independiente y dependiente (X) se muestran en (Anexo I. Cuadro I-F).

**Figura N° 4.** Presentación grafica de la regresión lineal del volumen en troza vs. volumen aserrado



$$\text{Exactitud} = (r^2) * 100 = 92,20$$

Como podemos observar en la figura N° 3, existe una mayor concentración de trozas con volúmenes entre  $0,30 \text{ m}^3$  y  $0,80 \text{ m}^3$ , pero se mantiene un buen índice correlación positiva estrecha con un valor de  $r = 0,9602$  siendo muy cercano a 1. Así también podemos apreciar que a medida que crece el volumen de trozas aumenta el volumen de madera aserrada.

### 3.7. DISCUSIÓN

Como se puede apreciar el rendimiento de aserrío con motosierra para la especie Quina colorada (*Myroxylon peruiferum* – L. f.), obtenido en la presente investigación tiene un valor de 47,7 % siendo este el porcentaje aprovechado del volumen total de la muestra, el cual refleja una pérdida de 52,28 % en desperdicios del volumen total, éste rendimiento obtenido obedece a un conjunto de diferentes factores que influyeron en el proceso de aserrío entre los más relevantes se tiene el espesor de corte de la cadena utilizada que en este caso fue de 8 mm lo que genera mayores pérdidas en aserrín, la calidad de las trozas que en su mayoría fueron de primera y segunda, las dimensiones de las piezas obtenidas y la experiencia y habilidad de los motosierristas permitieron aprovechar de mejor manera cada troza. El resultado obtenido en este trabajo, está dentro del rendimiento que estipula la resolución administrativa (N° 253/2012) de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra (ABT.) Cumpliendo la resolución (379/2012) que dice que la transformación primaria de madera debe tener un rendimiento mayor al 40%.

Este resultado se puede considerar relativamente bajo a comparación con otros estudios de la misma especie provenientes de zonas similares y realizados en aserraderos con sierra cinta (sin fin) y con una tecnología y maquinaria de mayor escala productiva, por ejemplo el rendimiento obtenido por (Portal Vera, 2006) en el Aserradero de la Sociedad Madera San Luis LTDA. ubicado en el municipio de Entre Ríos, fue de 52,51% donde este indica que no se realizó el proceso de recuperación de madera de orilleros. Otro estudio realizado por (Soruco Cadena) en el aserradero San José Acheral ubicado en el municipio de Entre Ríos, Cantón Sereré, comunidad Acheral, donde se obtuvo un rendimiento de 66,5348 % en el cual el autor indica que sí se realizó la recuperación de madera de orilleros.

Es importante resaltar que la recuperación de orilleros en el presente estudio no se realizó, debido a la dificultad que presentan los orilleros para el reaserrado, significando por otra parte un incremento en el costo de producción. Sin embargo, estos orilleros son usados de diferentes formas por los propietarios del predio, como

ser en leña, cerramiento de terrenos de cultivo, construcción de establos para animales domésticos y otros.

Tomando en cuenta los resultados se determina que existe una marcada diferencia entre un estudio de rendimiento en aserradero, respecto al obtenido con motosierra en el bosque lugar de origen de la materia prima, en condiciones técnicas, climáticas y otras totalmente diferentes a las de un aserradero.

Es importante resaltar que no existen estudios de rendimiento realizados con motosierra, lo cual no permite realizar una valoración en cuanto a resultados y llegar a una conclusión si este resultado obtenido en esta investigación es alto o bajo.

El uso de la motosierra en el aserrado de trozas, presenta ventajas y desventajas importantes, pero su aplicación como una nueva alternativa en el proceso de aserrío depende del análisis de varios factores que no fueron analizados en la presente investigación.

Romero (1991), Franco (1999), Copaja (2007); indican los desperdicios obtenidos de estudios realizados en rendimientos volumétricos para otras especies maderables en aserraderos de sierra cinta, señalan porcentajes de 45 a 58 %, arrojando un promedio de 53 %, estos valores varían de acuerdo al tipo de sierra que se utiliza.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

El rendimiento obtenido en la transformación de madera rolliza a madera simplemente aserrada utilizando la motosierra como elemento de corte en el proceso de aserrío de la especie estudiada Quina colorada (*Myroxylon peruiferum* - L. f.) y basado en la nueva Metodología para la Elaboración de Estudios de Rendimientos para la Transformación de Productos Maderables y Procedimiento para su Aprobación (Directriz Técnica ABT N° 004/2012), emitida por la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierras (ABT), fue de 47,72 % correspondiendo a un volumen de 10,6661 m<sup>3</sup> de madera aserrada. En cuanto a la clasificación realizada de la madera aserrada según su longitud: como madera larga ( $\geq 7$  pies), del rendimiento total promedio de 47,72 %, el 37,83 % corresponde a madera larga y el 9,8896 % restante es madera corta (<7 pies).

Del volumen total de madera aserrada 10,6661 m<sup>3</sup> (100%), el 74,51 % corresponde a madera clasificada como de primera y el 25,49 % es de madera clasificada como de segunda.

El coeficiente de transformación o coeficiente de aserrío obtenido, tiene un valor de 0,4772 proveniente de los metros cúbicos de madera aserrada versus metros cúbicos de madera en rola, el cual indica que se aprovechó 0,4772 m<sup>3</sup> por cada metro cúbico de madera rolliza.

El uso de la motosierra en la transformación primaria de las trozas de Quina colorada, presenta muchas ventajas para zonas con topografía accidentada y de difícil acceso, pero también tiene desventajas ya que produce mayores pérdidas por aserrín por el espesor de corte de la cadena y a la vez depende de las condiciones del equipo de corte, habilidad y experiencia del operador para obtener resultados favorables en cuanto a rendimiento y calidad del producto, sin embargo, el uso de esta técnica es

muy favorable para el medio ambiente, considerando que no genera impactos ambientales negativos de gran magnitud.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

de Para el aserrío se recomienda utilizar cadenas especialmente para el aserrado, ya que el espesor corte producidas por estas es menor al de una cadena de trocear.

Se recomienda realizar mantenimientos continuos del equipo de corte, un buen y correcto afilado de la cadena permite realizar cortes rectos y con un mejor acabado de las caras del producto, lo cual permite aumentar la calidad de la madera aserrada.

Para mejorar el rendimiento se recomienda realizar la menor cantidad posible de cortes y obtener piezas de mayores dimensiones en ancho y espesor, siempre y cuando estos productos se encuentren en sitios de fácil accesibilidad y cercanos al lugar de acopio.

Realizar estudios de rendimiento utilizando la motosierra como elemento de corte, con otras especies maderables de zonas con características de topografía accidentada, de manera que permita realizar comparaciones con los resultados del presente estudio y determinar si se cumplen los parámetros mínimos sobre rendimiento que estable la normativa forestal.

Se recomienda realizar estudios sobre el impacto ambiental que genera la transformación primaria con motosierra y el transporte de madera aserrada a tracción animal o a pulso desde el bosque y comparar estos resultados con otros sistemas de extracción maderera con maquinaria pesada.

Desarrollar en futuras investigaciones comparaciones entre el costo de aserrar la madera con motosierra y el costo de llevarla a un aserradero, para determinar si los bajos rendimientos obtenidos con esta técnica se compensan con los bajos costos de utilización de esta técnica.