

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS DE GRADUACIÓN

**VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LA MADERA
ASERRADA DE *GMELINA ARBOREA* ROXB. EN DOS
PENDIENTES, SEGÚN LA NORMA PN INTE 06-02-07-09,
HACIENDA JUNQUILLAL, TURRUBARES, SAN JOSÉ,
COSTA RICA**

JULIANA ESPINOZA DURÁN

CARTAGO, COSTA RICA

2010



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS DE GRADUACIÓN

**VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LA MADERA
ASERRADA DE *GMELINA ARBOREA* ROXB. EN DOS
PENDIENTES, SEGÚN LA NORMA PN INTE 06-02-07-09,
HACIENDA JUNQUILLAL, TURRUBARES, SAN JOSÉ,
COSTA RICA**

JULIANA ESPINOZA DURÁN

CARTAGO, COSTA RICA

2010

Esta tesis de graduación ha sido aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y aprobada por el mismo como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

**VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LA MADERA
ASERRADA DE *GMELINA ARBOREA* ROXB. EN DOS
PENDIENTES, SEGÚN LA NORMA INTE 06-02-07-09,
HACIENDA JUNQUILLAL, TURRUBARES, SAN JOSÉ,
COSTA RICA**

Miembros del Tribunal Evaluador

**Roger Moya Roque, Ph. D.
Director de Tesis**

**Luis Fonseca, MBA
Representante de la Hacienda Junquillal**

**Luis Diego Camacho Cornejo, MBA
Miembro del Tribunal**

**Juliana Espinoza Durán
Estudiante**

Valoración de la calidad de la madera aserrada de *Gmelina arborea* Roxb. en dos pendientes, según la norma INTE 06-02-07-09, Hacienda Junquillal, Turrubares, San José, Costa Rica

Juliana Espinoza Durán*

Resumen

El objetivo principal de este trabajo fue analizar la calidad de la madera aserrada en las plantaciones de melina de la Hacienda Junquillal S. A. Así mismo, determinar los rendimientos de producción y su costo de aserrío. Como en Costa Rica no se contaba con un estándar o norma para evaluar la calidad de madera aserrada, INTECO, que es el organismo nacional de normalización, en conjunto con la participación de un comité técnico, creó el manual que se encuentra en la norma PN INTE 06-02-07-09. El cual se utilizó para analizar la calidad de la madera.

Se obtuvo que las plantaciones de melina de 15 años de edad aproximadamente cuentan con un diámetro promedio de 31,23 cm y una altura total de 14,87 m, además en promedio se obtienen 3 trozas por árbol. Del volumen total en pie es aprovechable únicamente el 22%, lo cual es lo que se logra de producto final. El paso de troza a bloque es donde se da el mayor desperdicio, esto por la forma y defectos de las trozas. Además, se encontró que el diámetro de las trozas no tiene efecto sobre el rendimiento logrado. El costo de aserrío por hora programada es de \$11, 48. Finalmente, según la norma utilizada el mayor porcentaje de tablas son rechazadas, por lo que se debe realizar una reevaluación de la norma.

Palabras clave: Calidad de madera aserrada, Rendimientos de producción, Costos de producción, PN INTE 06-02-07-09, Melina, Plantaciones forestales, Costa Rica.

*Espinoza Durán, J. 2010. Valoración de la calidad de la Madera aserrada de *Gmelina arborea* Roxb. en dos pendientes, según la norma INTE 06-07-03-08, Hacienda Junquillal, Turrubares, San José, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 110 p.

Valuation of the quality of the sawn lumber of *Gmelina arborea* Roxb. in two inclines, according to standard 06-07-03-08 INTE, Hacienda Junquillal, Turrubares, San Jose, Costa Rica

Juliana Espinoza Durán*

Abstract

The main objective of this work was analyze the quality of sawn timber in the plantations of melina at Hacienda Junquillal S. A. Also, to determined the production yields and costs. As in Costa Rica there wasn't a standard or norm to evaluate quality of sawn lumber, INTECO, which is the national standards organism, together with the participation of a technical committee, created the manual found in the norm PN INTE 06-07-03-09. This will be used to analyze the quality of the wood.

It was found that the Melina plantations of approximately 15 years old have an average diameter of 31,23 cm and a total height of 14,87m, also on average receive three log per tree. Of the total standing volume is usable only 22%, which is what the final product is achieved. The transition from log to block is where the greatest waste occurs, that the shape and defects in the logs. In addition, we found that the diameter of the logs has no effect on the performance achieved. The cost of lumber per hour program is \$ 11, 48. Finally, the standard used the greatest percentage of tables are rejected, so that should make an re-assessment of this standar.

Keywords: Sawn Lumber Quality, Productions Yields, Production Costs, PN INTE 06 – 02 – 07 – 09, Melina, forest plantations, Costa Rica.

DEDICATORIA

A Dios por estar presente en cada día de mi vida.

A mi papá y mi mamá por aceptarme como soy y apoyarme en todo momento.

A mis abuelas por ser un tesoro para mí.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por acompañarme en este largo proceso de aprendizajes, derrotas y victorias que es la vida, mi papá que es un gran ejemplo y me ha sabido guiar, mi mamá por ser una mujer muy fuerte y valiente y enseñarme que así hay que ser, mis hermanos: Henry y Nancy, por ser tan diferentes a mí y a la vez tan iguales, mis abuelas: Nani y Abuela Flor, las amo a las dos, Christian por estar conmigo en esta etapa y a Pooky.

A Ph. D. Roger Moya Roque quien ha sido un excelente profesor, tutor y amigo.

A la empresa Hacienda Junquillal S. A. por permitirme realizar el presente trabajo en sus instalaciones.

Al señor M. B. A. Luis Fonseca por brindarme su apoyo durante el proyecto.

A M. B. A. Luis Diego Camacho Cornejo por sus útiles consejos.

A todas las personas del pueblo Las Delicias por haber sido tan especiales conmigo durante el tiempo de trabajo, por abrirme la puerta de sus casas. En especial a Doña Sonia, Nena, Carmen, Donovan y Jason.

A Vin, Olman y Geiner por su colaboración y esfuerzo durante el trabajo de campo.

A todos los compañeros y amigos de forestal por tantos buenos momentos y recuerdos inolvidables, los quiero y los llevo en mi corazón.

A profesores y funcionarios de forestal, por compartir su conocimiento y apoyarnos para llegar hasta el final, en especial a los chofers.

Mi completo agradecimiento a todos aquellos que me brindaron su apoyo de alguna u otra manera.

Índice General

| | Pág. |
|---|-------------|
| i. Resumen _____ | i |
| ii. Abstract _____ | ii |
| iii. Dedicatoria _____ | iii |
| iv. Agradecimientos _____ | iv |
| v. Índice General _____ | v |
| vi. Índice de Cuadros _____ | viii |
| vii. Índice de Figuras _____ | x |
| viii. Índice de Anexos _____ | xi |
| | |
| I. Introducción _____ | 12 |
| | |
| II. Objetivos _____ | 14 |
| 2.1 Objetivo General _____ | 14 |
| 2.2 Objetivos Específicos _____ | 14 |
| | |
| III. Marco Teórico _____ | 15 |
| 3.1 Descripción general de la Melina _____ | 15 |
| 3.2 Plantaciones forestales y el abastecimiento de madera en Costa Rica _____ | 22 |
| 3.3 La calidad de las plantaciones forestales y Rendimiento de aserrío _____ | 25 |
| 3.4 Estándares utilizados para determinar la calidad de la madera aserrada _____ | 26 |
| 3.5 Necesidad de evaluar la madera aserrada _____ | 27 |

| | |
|--|----|
| IV. Metodología | 28 |
| 4.1 Ubicación y descripción del área de estudio | 28 |
| 4.2 Características de las plantaciones | 29 |
| 4.3 Área y selección de lotes a cortar | 30 |
| 4.4 Aprovechamiento | 31 |
| 4.5 Determinación del volumen en troza | 32 |
| 4.6 Aserrío | 33 |
| 4.7 Porcentaje de utilización de la madera en pie y rendimiento de la madera en troza | 34 |
| 4.8 Valoración de la calidad | 35 |
| 4.9 Rendimientos | 35 |
| 4.10 Análisis Estadísticos | 35 |
| 4.11 Costos | 35 |
| V. Resultados y discusión | 36 |
| 5.1 Evaluación silvicultural de los ensayos | 36 |
| 5.2 Evaluación cuantitativa del aprovechamiento y la industrialización de las plantaciones | 38 |
| 5.3 Evaluación de cantidad de trozas por diámetros | 42 |
| 5.4 Evaluación de cantidad de trozas por largos | 45 |
| 5.5 Rendimiento de la madera | 47 |
| 5.6 Efecto del diámetro en el rendimiento | 49 |
| 5.7 Rendimiento por ancho, largo y espesor de tablas | 52 |
| 5.8 Evaluación de la calidad de la madera aserrada según la norma PN INTE 06-02-07-09 | 57 |
| 5.9 Costo de aserrío | 64 |
| VI. Conclusiones | 66 |

| | |
|---|----|
| VII. Recomendaciones | 68 |
| 7.1 A la empresa | 68 |
| 7.2 Al Comité Técnico de la norma PN INTE 06-02-07-09 | 69 |
| VIII. Bibliografía | 70 |
| IX. Anexos | 76 |

Índice de Cuadros

| | Pág. |
|--|------|
| Cuadro 1. Superficie (hectáreas) y edad de las plantaciones de melina, teca y nativas. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 30 |
| Cuadro 2. Valores promedios de los parámetros dasométricos de las dos plantaciones muestreadas de <i>Gmelina arborea</i> . Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 36 |
| Cuadro 3. Volumen de madera en las diferentes etapas del aprovechamiento de <i>Gmelina arborea</i> . Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 38 |
| Cuadro 4. Distribución del diámetro de trozas muestreadas y por hectárea en una plantación de <i>Gmelina arborea</i> . Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 42 |
| Cuadro 5. Distribución del largo de trozas muestreadas y por hectárea en una plantación de <i>Gmelina arborea</i> . Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 45 |
| Cuadro 6. Volumen y rendimiento por las trozas muestreadas en una plantación de <i>Gmelina arborea</i> . Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 47 |
| Cuadro 7. Cantidad de piezas obtenidas para diferentes anchos, largos y espesores de la madera aserrada en una plantación de <i>Gmelina arborea</i> . Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 54 |
| Cuadro 8. Calidad de la madera aserrada de <i>Gmelina arborea</i> según por defectos de acuerdo con la norma INTE 06 – 07 – 02 – 09. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 58 |
| Cuadro 9. Calidad de la madera aserrada de <i>Gmelina arborea</i> según sus defectos de acuerdo con la norma INTE 06 – 07 – 02 – 09. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 62 |

Cuadro 10. Costos fijos, variables y mano de obra utilizados para calcular el costo de aserrío por metro cúbico (m³) por hora programada (h prog)._____65

Índice de Figuras

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Rango de distribución natural de <i>Gmelina arbórea</i> ._____ | 16 |
| Figura 2. Tamaño de las parcelas de 250 m ² ._____ | 30 |
| Figura 3. Mediciones realizadas a las trozas para obtener su volumen._____ | 33 |
| Figura 4. Porcentajes del volumen de madera en las diferentes etapas del aprovechamiento de <i>Gmelina arborea</i> y porcentajes de pérdida a partir del volumen comercial en pie. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 40 |
| Figura 5. Porcentaje de la distribución del diámetro de trozas por hectárea aserradas en una plantación de <i>Gmelina arborea</i> . Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 43 |
| Figura 6. Porcentaje de distribución del largo de trozas por hectárea en una plantación de <i>Gmelina arborea</i> . Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 46 |
| Figura 7. Rendimiento en bloque y en tabla de las trozas muestreadas en una plantación de <i>Gmelina arborea</i> . Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 50 |
| Figura 8. Porcentaje del total por cantidad de piezas obtenidas para diferentes anchos, largos espesores de la madera aserrada en una plantación de <i>Gmelina arborea</i> . Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 55 |
| Figura 9. Porcentaje de la calidad de la madera aserrada de <i>Gmelina arborea</i> según sus defectos de acuerdo con la norma INTE 06 – 07 – 02 – 09. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica._____ | 62 |

Índice de Anexos

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexos 1. Norma PN INTE 06-02-07-09_____ | 76 |
| Anexo 2. Datos de campo_____ | 87 |

I. Introducción

La madera es un bien de producción limpia que brinda múltiples servicios, tanto ambientales como sociales. En su producción, los árboles, por medio de la fotosíntesis, provee a la sociedad de múltiples servicios como la fijación de carbono, la belleza escénica, crea la base para el funcionamiento de un ecosistema que sostiene biodiversidad y protege suelo y agua. Su descomposición en el ambiente es rápida y no contamina; mientras esté en uso brindará el servicio de almacenamiento de carbono orgánico. Por otra parte, su producción tiene un importante impacto social, esto por cuanto depende de la mano de obra, principalmente en zonas rurales con altos índices de pobreza (Arias, 2004).

Se estima que una vez procesada la madera se destina a los siguientes usos: construcción, embalajes, mueblería y otros (Barrantes & Salazar, 2007). La madera es el producto más importante de los bosques y por ello, es imprescindible establecer una estrategia para lograr que la industria forestal se concentre en agregarle valor y de esta manera ofrecer madera y productos forestales de calidad al mercado nacional e internacional (FAO, 2005).

Es por esto que resulta de gran importancia definir la calidad de la madera aserrada que se comercializa y darle al comprador la seguridad o satisfacción del producto deseado, de esta manera, además otorgarle un valor a este material con respecto a su calidad.

Se puede definir la calidad de la madera como una serie de atributos que hacen que esta sea apropiada para ciertos usos e indeseables para otros (Moraga *et al* 2000).

En los últimos tiempos, la importancia de las plantaciones forestales se ha incrementado significativamente, debido a la escasez de la madera proveniente de bosque natural y la demanda que tiene la sociedad de los productos que se pueden obtener a partir de esta. Además, las plantaciones juegan un papel muy importante en la calidad de la madera, ya que esta depende del manejo que se le dé desde el establecimiento de la plantación.

Para que esta actividad forestal sea exitosa y rentable económicamente se deben implementar actividades integrando todas las etapas de producción. Mediante una planificación de ellas y el seguimiento se puede llevar a cabo un ordenamiento del recurso. Como también, obtener así, el mayor grado de calidad posible de la madera.

Por otro lado, en Costa Rica no se contaban con normas o estándares para evaluar la calidad de la madera aserrada, sino que se trabajaba con pautas internacionales, es ahí donde INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica) ve la necesidad de realizar una norma para la clasificación en grados estructurales para la madera aserrada mediante una evaluación visual, en coordinación con varios autores involucrados en la comercialización de la madera.

En el año 1995 el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, INTECO, fue reconocido como el Ente Nacional de Normalización, según la Ley N^o 8279 de 2002. El INTECO es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo (INTECO, 2009).

La norma que ha realizado este ente es INTE 06-02-07-09 para evaluar la calidad de la madera aserrada, la cual fue aprobada por el Comisión Nacional de Normalización de INTECO el 2009-XX-XX., y está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

El estudio se realizó en la Hacienda Junquillal, ubicada en San Juan de Mata, en el cantón de Turubares, donde se pretende valorar el recurso forestal, para determinar rendimiento, cuantificar costos de aserrío, identificar los puntos donde hay mayor desperdicio de madera, mediante la determinación de volumen en pie y aserrado y determinar la calidad del material aserrado.

I. Objetivos

2.1 Objetivo general

Determinar los diferentes rendimientos de la madera de las plantaciones forestales de *Gmelina arborea* en diferentes grados de procesamiento y realizar una valoración de la calidad de la madera aserrada de las plantaciones de melina de La Hacienda Junquillal, Turrubares, San José, basado en la norma INTE 06-07-02-09.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar el rendimiento de producción de aserrío.
- ✓ Establecer los costos de aserrío de las trozas obtenidas en el aprovechamiento.
- ✓ Encontrar cual operación desde el aprovechamiento hasta el aserrío de tablas produce la mayor cantidad de pérdida de producto.
- ✓ Determinar la calidad de la madera aserrada de la cosecha final de *Gmelina arborea* utilizando la norma INTE 06 – 07 – 02 – 09.

II. Marco Teórico

3.1 Descripción general de la Melina

Nombre científico: *Gmelina arborea* (Roxb.)

Familia: Verbenaceae

Nombre común: melina, gmelina, yemané (Malasia), gomari (India), soh (China), ganar (Bangladesh) (CATIE, 1986).

a) Características importantes de la especie

Esta es una especie de rápido crecimiento y alta sobrevivencia cuando se planta en suelos de textura media, bien drenados, profundos y fertilidad media a buena. La madera es utilizada para diversos usos, entre ellos la producción de leña y carbón. Propia de las zonas bajas tropicales y subtropicales con estación seca definida (CATIE, 1986).

b) Distribución natural

La melina es nativa de la India, Bangladesh y países vecinos. Además de Asia, actualmente se cultiva en África y América Tropical, especialmente en Brasil. En América Central se tienen importantes plantaciones, como en Costa Rica hasta 1997 reportaba cerca de 50 000 hectáreas reforestadas con fines comerciales (Alfaro, 2000) y demás países del área (Guerrero, 1997). Se ha plantado en países de tierras bajas (Alfaro, 2000).

Según Rojas & Murillo (2004) en su área de distribución natural se desarrolla en hábitats que varían desde húmedos hasta secos. Se encuentra en forma natural principalmente en las selvas mixtas de Birmania, asociado con *Tectona grandis*, *Terminalia tomentosa*, varias especies latifoliadas y bambúes. Su máximo desarrollo lo alcanza en los bosques más húmedos de Birmania, sobre todo en valles húmedos y fértiles, en estas condiciones puede crecer hasta los 1260 m de altitud. En la figura 1 se muestra su rango de distribución natural.

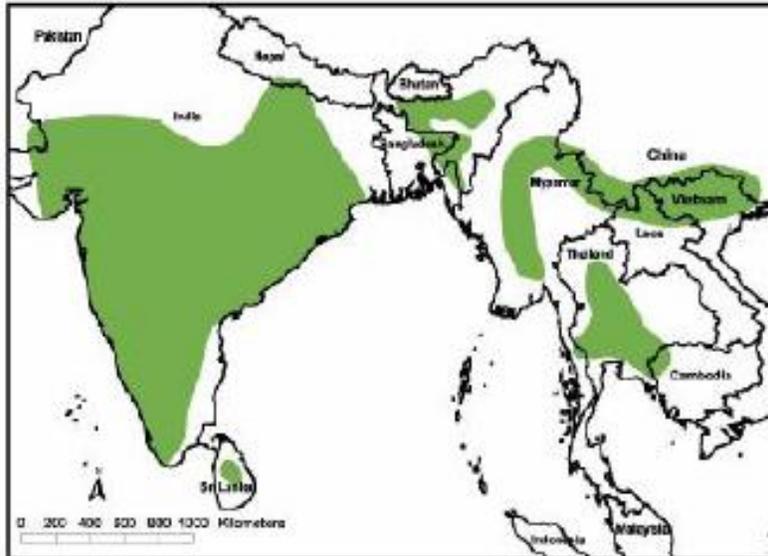


Figura 1. Rango de distribución natural de *Gmelina arborea*.

Fuente: Dvorak, 2003.

c) Descripción

Según Murillo (1991) es una especie decidua que alcanza grandes dimensiones en condiciones favorables. La altura varía entre 12 y 30 metros y diámetro máximo entre 60 y 100 centímetros. Cuando crece aislada desarrolla una copa amplia, ramas gruesas y tronco muy cónico. En plantaciones densas desarrolla un fuste limpio de ramas bajas y menos cónico. El tronco es de base recta, corteza externa fina y lisa, gris blanquecina, corteza interna amarillenta, moteada que en contacto con el aire se pardea rápidamente. Con el paso del tiempo va adquiriendo un tono más marrón y se vuelve más rugosa (Herbario Universidad Antioquia, 2008).

Sus hojas son simples, opuestas, grandes, ovalo acuminadas y con base cordada. El haz es normalmente glabro o con muy poca velloidad. El envés presenta pubescencia de color amarillo oscuro. Las flores son numerosas en panículas terminales, ramificadas y densamente pubescentes. La floración se produce en la época seca o al inicio de las lluvias. Los frutos son drupas de color amarillo cuando están maduros, con un endocarpo endurecido, el cual contiene de 1 a 4 semillas en sus cavidades (Murillo, 1991).

La gama de colores de la madera va desde blanco grisáceo a marrón amarillento. (Herbario Universidad Antioquia, 2008). En condición verde, la albura generalmente se distingue del duramen y en condición seca, no se presenta variación significativa del color (Canessa 2002; Zeledón 2002). Es de grano recto y poco durable en contacto directo con el suelo (Murillo, 1991). Cuando la madera se seca incorrectamente, puede mancharse y tomar un color grisáceo a café grisáceo (Canessa 2002; Zeledón 2002).

El olor de su madera no es característico y el sabor no distintivo. Es una madera de porosidad semicircular o difusa; con poros visibles a apenas visibles a simple vista, homogéneamente distribuidos, solitarios y en múltiples radiales de 2 a 4, escasos racemiformes presentes; los vasos en general no poseen contenidos. Presenta tálides de paredes finas muy abundantes, ocluidos en casi todos los vasos. El parénquima es visible solo con lupa. El parénquima paratraqueal es escaso, vacicéntrico y aliforme, con alas muy cortas, raramente confluyente. Los radios son finos y apenas visibles a simple vista, moderadamente pocos (de 5-13 radios/mm). No presenta estratificación (González *et al*, 2004).

d) Usos

- **Madera de uso comercial y familiar**

La madera de la melina es medianamente densa ($0,48 \text{ g/cm}^3$), poco atractiva pero fácil de trabajar, de gran durabilidad y no se encoge ni distorsiona en diferentes ambientes por lo que puede compararse con la madera de teca. Es utilizada en la manufactura de productos, donde la estabilidad dimensional es importante. Por estas razones es una madera utilizada en carpintería, ebanistería, paneles, instrumentos musicales, cajonería en general, tallados y otros. Además se utiliza en construcciones rurales, para postes, yudos y otros (Murillo, 1991).

También se utiliza para componentes de muebles, tableros contrachapados (plywood), pulpa y productos de papel, tableros de partículas, fósforos, objetos tallados y zapatos de plataforma tipo “zuecos” (Chudnoff, 1984). En Costa Rica la madera se utiliza para la producción de madera para la construcción, tableros

listonados y encolados, vigas laminadas y encoladas, marcos de puertas y ventanas, puertas sólidas, puertas tipo celosía, puertas tipo tambor (“flush doors”), tableros contrachapados, pisos internos, pisos para terrazas (“decks”), madera para embalaje, cajas y cajones, tarimas, molduras, lápices, madera para muebles económicos y de alta calidad y artesanías (González *et al*, 2004).

- **Leña**

Esta madera se ha sido utilizada como leña en Malawi, Sierra Leona y Nigeria. En Costa Rica se le ha utilizado como leña en salineras, aunque debe estar bien seca para alcanzar altas temperaturas. La leña quema rápidamente y tiene un alto poder calórico (20 000 KJ/kg). La madera debe de protegerse del ataque de las termitas cuando se almacena al aire. Produce carbón que arde bien y sin humo, pero con abundantes cenizas (Murillo, 1991). En algunos países, la melina se ha sembrado para la producción de leña para curar tabaco (González *et al*, 2004).

En Costa Rica, la empresa Maderas Cultivadas de Costa Rica ha instalado una planta dendroenergética co-generadora, que utiliza los residuos de melina para cubrir el 100% del consumo de energía calórica para los hornos de secado y el 60% del consumo de energía eléctrica para la operación de los equipos y máquinas de la planta; de esta forma se ahorra gran cantidad de dinero, se mejora el balance económico-energético y disminuye el potencial de contaminación, al no tener que quemar derivados del petróleo (González *et al*, 2003).

- **Otros**

Las flores de la melina producen miel de excelente calidad. El follaje es apetecido por animales quienes pueden producir daño a las plantaciones jóvenes o a los rebrotes por el ramoneo. Los frutos, hojas, flores, raíces y corteza son utilizados en el sureste asiático como medicina para diferentes enfermedades. Se planta para la protección de campos cultivados, ya sea como cercas vivas o como parte de cortinas rompevientos (Murillo, 1991). No se recomienda la plantación en terrenos de alta pendiente, ya que al igual que la teca, el follaje denso disminuye considerablemente la presencia de otra vegetación, dejando el suelo susceptible a

la erosión por escurrimiento superficial. Igualmente por tener hojas de área foliar grande concentra una gran cantidad de agua, que puede causar daños al suelo. En zonas de poca pendiente se recomienda plantarla asociada con cultivos anuales durante el primero o dos años (Guerrero, 1997).

e) Requerimientos ambientales

- **Temperatura**

En su rango natural de distribución las temperaturas mínima están entre -1°C y 16°C y las máximas entre 38°C y 48°C . Las heladas pueden dañarla en forma severa. Las temperaturas medias mensuales oscilan entre 24°C y 35°C . En América Central se la ha plantado con éxito en sitios con temperatura media anual entre 24°C y 29°C (Murillo, 1991).

- **Precipitación**

Crece naturalmente en áreas con precipitación media anual entre 750 mm y 2000 mm aproximadamente. La precipitación es de 1800 a 2300 mm, aunque puede crecer en sitios de hasta 4500 mm. Requiere de un período seco que puede variar entre 2 y 8 meses. En América Central se le ha plantado en zonas con precipitaciones desde 850 hasta 2700 mm anuales y 5 a 8 meses con déficit hídrico (Murillo, 1991).

- **Altitud**

La mayor parte de la zona de distribución natural se encuentra entre 90 y 900 m de altitud. En América Central se le ha plantado desde el nivel del mar hasta más de 800 m (Murillo, 1991).

- **Suelos**

Tiene el mejor desarrollo y longevidad en suelos profundos, húmedos, bien drenados y con un buen suministro de nutrimentos. Puede crecer en suelos desde ácidos o calcáreos hasta lateríticos, pero el crecimiento se ve afectado en suelos

superficiales, con capas endurecidas, impermeables, pedregosas o en suelos ácidos muy lixiviados o de arenas secas (Murillo, 1991).

- **Sombra**

Es una especie esencialmente heliófita, intolerante a la sombra (Murillo, 1991).

f) Silvicultura

- **Regeneración Natural**

La regeneración natural es abundante en suelos arenosos y sin malezas alrededor de los árboles. La semilla puede germinar bajo la cubierta de copas aclaradas en una plantación. Para estimular la germinación es necesario alternar calor y humedad. Además parece necesario que los endocarpos se encuentren el total o parcialmente enterrados para que haya suficiente humedad en forma constate (CATIE, 1986).

- **Regeneración Artificial**

Se puede realizar por medio de semillas, la melina produce semillas entre los 3 o 4 años de plantada. En América Central la floración se produce generalmente entre enero y febrero. La recolección de frutos se realiza entre febrero y mayo, en zonas secas, todavía en junio (CATIE, 1986).

g) Producción en vivero

La semilla es epigea, similar a la de la teca. El endocarpo se abre mediante una o dos valvas. Primero emerge la radícula y posteriormente los cotiledones. Al igual que con teca, deben usarse germinadores. Los endocarpos deben quedar cubiertos con suelo, paja u otros materiales, para evitar pérdidas de humedad. Las semillas normalmente germinan en un período de 2 a 4 semanas. Luego se trasladan a los bancales para la producción de pseudoestacas (CATIE, 1986).

En vivero se recomienda el uso de bancales para la producción de pseudoestacas. No es recomendable sembrarla en bolsa por los altos costos y el crecimiento

rápido de la especie. Para el traslado al campo definitivo, las pseudoestacas deben tener 20 – 30 cm de raíz y 1.5 a 5 cm de diámetro al cuello. Este tipo de material se puede conseguir en un vivero en un período de 6 a 8 meses, en algunos 4 meses (CATIE, 1986).

h) Plantación

Según Rojas y Murillo (2004) en el establecimiento de una plantación de melina la selección del sitio es fundamental y se deben preferir aquellos suelos que sean profundos y con texturas areno-arcillosos. En general existen tres factores que en forma consistente se deben tomar en cuenta para la selección de nuevas áreas a reforestar, ellos son: la posición topográfica del sitio, los contenidos de calcio y magnesio en el primer horizonte y el uso anterior del suelo.

Esta especie es muy susceptible a la competencia de malezas, por lo que es necesario una buena preparación del terreno, o sea, de limpieza. Donde las condiciones lo permitan es recomendable quemar la maleza antes de la siembra (CATIE, 1986).

La distancia en la plantación que más se ha utilizado en América Central es de 2 x 2 m, pero también se ha empleado distancias de 2.5 x 2.5 m, 3 x 3 m, 4 x 4 m, 4 x 6 m. Por el comportamiento de las plantaciones estudiadas parece confirmar que 2.5 x 2.5 m es uno de los mejores distanciamientos (CATIE, 1986).

Igualmente los manejos silviculturales que se le realicen a la plantación, como control de malezas, fertilización, podas, entre otras, dependen de los objetivos que tenga la plantación.

3.2 Plantaciones forestales y el abastecimiento de madera en Costa Rica

El abastecimiento de madera en Costa Rica está caracterizado por diferentes etapas. Inicia con el cambio de uso de tierra, que consistía en la eliminación de cobertura forestal con tal de ampliar la frontera agrícola y, sobre todo, para dar paso a la actividad ganadera. Continúa con los planes de manejo, el aprovechamiento de árboles en terrenos de uso agropecuario, hasta llegar al manejo sostenible de los bosques naturales, las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales, acompañados por procesos de certificación forestal y cadena de custodia (Sotela y Ugalde, 2008).

Trujillo (2005) define una plantación forestal como aquella que consiste en el establecimiento de árboles que conforman una masa boscosa y que tiene un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como plantación productiva, fuente energética, protección de zonas agrícolas, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, plantaciones silvopastoriles, entre otras.

Como es conocido, en Costa Rica la reforestación se inició a finales de la década de los años setenta con el programa de incentivos forestales, concretamente con la deducción del impuesto sobre la renta por parte de las personas o empresas que establecían plantaciones forestales. Este programa buscó revertir mediante un estímulo fiscal el proceso de deforestación que venía ocurriendo en Costa Rica y que alcanzó niveles preocupantes, con las consecuencias que aún hoy estamos sufriendo. En las primeras etapas de reforestación hubo mucho aprendizaje respecto al uso de especies y la selección de sitios, la recolección de semillas, la producción en viveros y el establecimiento de plantaciones (Sánchez, 2005).

Las plantaciones forestales en Costa Rica son la principal fuente de madera y tienen una clara tendencia creciente, esto debido a un aumento acelerado en el uso de madera para la construcción y la fabricación de embalajes de madera para la exportación de productos agropecuarios (Barrantes y Salazar, 2007). Según

Arce y Barrantes (2006) se utiliza la madera de plantación para abastecer el mercado del país, sin embargo, se presenta un desabastecimiento en el país.

Sotela y Ugalde (2008) presentan la situación del desabastecimiento de madera en Costa Rica, que en gran parte, es el resultado de un proceso evolutivo de políticas implementadas en el país, que en la última década responden a una necesidad creada en la sociedad civil. Estas han llegado al punto que los ciudadanos se consideran dueños de cada árbol o bosque del país, en menosprecio del propietario del bosque a quien no se le compensa justamente el no uso del recurso, lo que ha traído como consecuencia una desvalorización económica del bosque y de los bienes que brinda a la sociedad.

También se ha dado una cosecha temprana de las plantaciones forestales para la fabricación de material de embalaje en madera y el consumo de madera para el sector de la construcción han contribuido, significativamente, al desabastecimiento de madera en el país (Sotela y Ugalde, 2008).

Barrantes (2008) también menciona sobre el desabastecimiento, causas dentro de las cuales cabe mencionar; la disminución del área plantada entre 1990 y 2006, la cosecha en bosques y en terrenos de uso agropecuario entre 1998 y 2000, el aumento de la cosecha en plantaciones forestales más allá de la reposición del volumen por crecimiento y reposición de las plantaciones taladas y el cambio de una política de incentivos forestales orientada a la producción sostenible de madera, hacia un pago por servicios ambientales que privilegia la preservación de los bosques.

Se ve, así mismo, la participación de las tendencias conservacionistas, que tratan de incidir para detener el manejo de los bosques y las plantaciones nacionales. Estos proponen como alternativa la importación de la madera que requiera el país. Si esta política nacional se lleva a implicaría un desembolso grande de millones de dólares (de Camino, 2008).

Por eso resulta importante reactivar la reforestación al nivel establecido por el Plan Nacional de Desarrollo Forestal, de plantar 9 500 hectáreas por año, para que en

el corto plazo genere un alto porcentaje de la demanda, esto, sin perder de vista que esta actividad debe darse en un marco de competitividad económica, social y ambiental, teniendo en cuenta la apertura comercial que este país ha decidido impulsar. Esto no solamente implica financiamiento para el establecimiento de plantaciones, sino también políticas públicas de fomento a la competitividad, tales como: asistencia técnica, capacitación, financiamiento para el manejo, industrialización, innovación tecnológica, desarrollo de productos de alto valor agregado y mercadeo (Arce y Barrantes, 2008).

3.3 La calidad de las plantaciones forestales y Rendimiento de aserrío

Según Murillo y Camacho (1997) el evaluar la calidad de las plantaciones está orientado a proveer información sobre el potencial de la plantación y su posibilidad de cumplir con los objetivos futuros de producción.

El retorno económico a mediano y largo plazo (entre 10 y 25 años dependiendo de la especie, calidad de sitio y los objetivos de producción), le exige a la actividad de la reforestación niveles altos de rentabilidad y en especial, de garantía de logro de objetivos de producción. Es por esto, entre otros elementos, que se hace imprescindible contar con instrumentos y herramientas que le permitan al silvicultor evaluar a temprana edad, el estado de la calidad de una plantación forestal, o de las labores silviculturales realizadas y no esperar al final de la rotación o cosecha final, para encontrarse con que no se lograron alcanzar las metas de producción esperadas (Murillo y Camacho, 1997).

Con el incremento de los precios de la madera aserrada, la industria de aserrío requiere ser más competitiva en la transformación de la madera prima obtenida de las plantaciones forestales, para asegurar la calidad de la madera aserrada y mejorar los coeficientes de aprovechamiento y rentabilidad del proceso (Zavala *et al*, 2000)

La definición de rendimiento se entiende como a la relación entre el volumen de madera rolliza (troza) y el volumen resultante de productos aserrados. El concepto también es designado como coeficiente de aserrío o factor de recuperación de la madera (FRM), constituye un indicador de la tasa de utilización en el proceso de aserrío (Rojas, 1997).

La selección del método para convertir madera es muy importante y depende de factores como propiedades de las materias primas, diámetro y calidad de las trozas, tipo de producto a obtener, aceptación en los mercados, infraestructura disponible, volumen y tipo de residuos, entre otros. Se debe tener como finalidad el aprovechamiento máximo del recurso, cualquiera que sea el método que se seleccione (Sanabria, 1992).

3.4 Estándares utilizados para determinar la calidad de la madera aserrada

Algunas de las normas utilizadas anteriormente en Costa Rica para evaluar o clasificar la madera estructural son:

- a. INTE 06 – 07 – 01 -09 “Norma de terminologías de madera”.
- b. INTE 06 – 07 – 02 – 09 “Madera aserrada para uso general”.
- c. ASTM E 105 – 2004 “Practice for Probability Sampling of Materials”.
- d. ASTM D143: 2007 “Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber”.
- e. ASTM D 4442: 2007 “Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood – Base Materials”.
- f. ASTM D 2555 “Practice for Establishing Clear Wood Strength Values”.

3.5 Necesidad de evaluar la madera aserrada

La madera una vez procesada debe separarse en grupos cuyas características los hacen homogéneos entre sí. Esta separación de piezas permite su uso y comercialización de manera confiable y económica (PN INTE 06 – 07 – 03 – 09, 2008).

La clasificación estructural está basada en las propiedades de resistencia mecánicas reducidas y rigidez promedio, las cuales son utilizadas en el diseño estructural y se puede realizar de manera visual (PN INTE 06 – 07 – 03 – 09, 2008).

La clasificación visual se logra por un examen de las cuatro caras y los extremos de la pieza, en el cual se evalúan tanto el tamaño como la naturaleza de los nudos y otras características que afecten la resistencia. Se ha establecido principios básicos para la clasificación de madera por grados estructurales, los cuales permiten la evaluación de cualquier pieza en términos de una razón de resistencia para cualquier propiedad que esté siendo evaluada. La razón de resistencia de la madera clasificada es la razón hipotética de la propiedad de resistencia considerada, comparada con aquella que no tenga características que la reduzcan (PN INTE 06 – 07 – 03 – 09, 2008).

El sistema visual de clasificación por grados estructurales, puede establecer grados de cualquier calidad deseada que mejor reúna los requisitos de uso y producción (PN INTE 06 – 07 – 03 – 09, 2008).

Hay varios defectos que afectan la resistencia de la madera, tales como nudos, desviaciones del grano, torceduras y marcas de sierras, las cuales difieren en su efecto dependiendo del tipo de sollicitación de carga a que la pieza se someta. Por ser la madera un material poco homogéneo es que se ve la necesidad de realizar su clasificación, para asegurar de esta manera la calidad de comercialización (PN INTE 06 – 07 – 03 – 09, 2008).

IV. Metodología

4.1 Ubicación y descripción del área de estudio

La propiedad, que pertenece a la empresa Hacienda Junquillal S. A., donde se encuentran ubicadas las plantaciones que se utilizarán en este estudio, se ubica en el distrito tercero San Juan de Mata, cantón décimo sexto Turrubares, de la provincia de San José, entre las coordenadas norte 190 000 y este 479 500. Tiene un área total según registro de 746,95 hectáreas, según planos catastrados 692,40 hectáreas, y cuenta con un total de 612,50 hectáreas reforestadas, las cuales están distribuidas en: 329 ha de melina, 261 ha en teca y 22,5 de especies nativas, aparte de contar con bosque, tacotal, repastos y otros.

Con base en la clasificación de zonas de vida de Holdridge (Holdridge, 1967) el sitio pertenece a la zona de vida Bosque muy húmedo Premontano y Premontano transición a pluvial (Bmh – P).

La Hacienda Junquillal está formada por propiedades adquiridas a partir del año 1990, que habían sido utilizadas para la ganadería extensiva con los métodos tradicionales de producción, lo que causó un fuerte deterioro de los recursos naturales, como erosión de los suelos y disminución de las aguas; debido a la deforestación y a las quemadas.

La empresa adquirió estos suelos cuya capacidad de uso es la de producción forestal, con el objetivo de desarrollar un proyecto forestal que sirviera de modelo de desarrollo y conservación, ofreciendo una alternativa de producción sostenible aprovechando los incentivos que ofrece el Estado y las tendencias globales hacia la sostenibilidad y conservación ambiental.

Para llegar a la propiedad se cuenta con la vía principal de comunicación la cual es la que se establece entre la Costanera Sur y Jacó, para desviarse a la altura del río Tarcolitos, continuando luego hacia la zona Las Delicias, La Esperanza y Bijagualito.

La finca se encuentra dentro de la Zona de Protección de los Cerros de Turrubares y debido a su cercanía con la Reserva de Carara, forma parte del último gran corredor biológico del Pacífico Central, siendo un área de anidamiento de la lapa roja e infinidad de otras aves, mamíferos tales como; el venado cola blanca, pizotes, mapaches, saínos y otros que forman parte de la diversidad biológica de la zona, así como reptiles e insectos útiles, por lo que se han establecidos corredores biológicos y manchas de bosque de protección para permitir el desplazamiento de dichas especies.

La Hacienda Junquillal cuenta con casas de peones, bodegas, caminos internos y servicios de agua y luz.

4.2 Características de las plantaciones

Las plantaciones de melina presentan pendientes que oscilan entre 0% y 70%. Los árboles se encuentran sembrados a un distanciamiento de 3 x 3 metros (1 111 árboles por hectárea). Actualmente las plantaciones tienen una edad entre 14 y 18 años. En un inicio el área fue plantada con teca, pero se obtuvo una alta mortalidad, por lo que se decidió sembrar melina, así que es muy común encontrar árboles de estas dos especies en una misma área.

En cuanto al manejo silvicultural se tenía un esquema para realizar, el cual incluía raleos, podas, chapeas, pero ninguno de estos fue realizado, las plantaciones se dejaron prácticamente en abandono total. Dentro del producto obtenido, se espera obtener leña, postes para cercas, postes para construcción y madera para aserrío. La empresa estima una producción alrededor de 195 m³ al final de la rotación y una producción total aproximada de 300 m³ por hectárea.

En el Cuadro 1 se puede observar el año y la cantidad en hectáreas que fueron sembradas de especies nativas, teca y melina. La plantación más vieja de melina tiene una edad 18 años y la más joven de 14 años.

Cuadro 1. Superficie (hectáreas) y edad de las plantaciones de melina, teca y nativas. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

| Año | Especie | Área (hectáreas) | Edad (años) |
|------------|----------------|-------------------------|--------------------|
| 1991 | Melina | 50 | 18 |
| 1992 | Melina | 45 | 17 |
| 1992 | Teca | 18 | 17 |
| 1993 | Melina | 75 | 16 |
| 1993 | Teca | 65 | 16 |
| 1993 | Nativas | 9,5 | 16 |
| 1994 | Melina | 109 | 15 |
| 1994 | Teca | 78 | 15 |
| 1994 | Nativas | 13 | 15 |
| 1995 | Melina | 50 | 14 |
| 1995 | Teca | 100 | 14 |

4.3 Área y selección de lotes a cortar

Actualmente la Hacienda Junquillal está cortando a tala rasa las plantaciones de melina, esto debido a que desea eliminar la plantación para un nuevo proyecto que tiene la empresa. Estas plantaciones no fueron correctamente manejadas, por lo que se encuentran diámetros muy variables.

Para realizar la valoración de la calidad de la madera aserrada, primeramente, se escogieron dos hectáreas (lotes) de diferente pendiente cada una, cómo se mencionó. En cada lote se seleccionó al azar cuatro subparcelas de 250 m² cada una. En la figura 2 se muestra el tamaño de las parcelas.

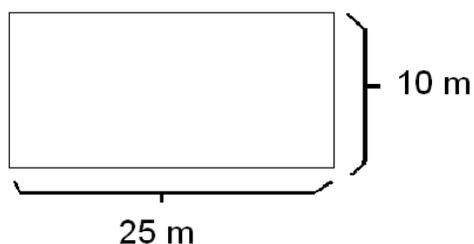


Figura 2. Tamaño de las parcelas de 250 m².

4.4 Aprovechamiento

Antes de realizar el aprovechamiento en las 4 subparcelas de las dos pendientes, se estimó el volumen en pie (en m³) de cada árbol a cortar, por medio de la medición del diámetro y la altura total. Así mismo se cuantificó la altura comercial en pie para luego calcular el volumen comercial en pie. El diámetro fue medido con una cinta diamétrica, la altura total y altura comercial fueron estimadas. Para determinar este volumen, se utilizó la ecuación desarrollada por Zeaser y Murillo (1992) (Ecuación 1). En tanto el volumen comercial en pie se utilizó la desarrollada por Burbano (s.f.) y la cual es aplicable para todo el país (Ecuación 2):

- **Volumen total en pie**

Para determinar este volumen, se utilizará la ecuación desarrollada por Zeaser y Murillo (1992) que reportaron utilizada por la Ston Forestal para cubicar árboles de melina. Esta es:

$$V_{sc} = -0,1412 + 0,00087586 * d^2 + 0,01 * h \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde,

V_{sc} = Volumen total sin corteza (m³) con un diámetro mínimo de 7 cm.

d = Diámetro en cm a 1,3 m sobre el nivel del suelo.

h = altura total del árbol (m).

- **Volumen comercial en pie**

La fórmula utilizada para determinar el volumen comercial en pie será la desarrollada por Burbano (s.f.) y la cual es aplicable para todo el país. Se utilizará únicamente la fórmula de dos entradas, la misma se presenta a continuación:

$$V_c = e^{-11,6424 + 2,2444 \ln(d)} + 1,1249 * \ln(h) \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde,

V_c = Volumen comercial con corteza (m^3) para un diámetro mayor a 10 cm.

e = 2,71828

d = Diámetro en cm a 1,3 m sobre el nivel del suelo

h = Altura total del árbol (m).

La operación de aprovechamiento fue aplicada a las ocho subparcelas seleccionados, para un total de 1 000 m^2 por cada hectárea seleccionada. Para cortar los árboles se utilizó una motosierra Stihl MS 200. Cada árbol a cortar fue marcado con un número, el cual consiste que el primer dígito pertenece al número de subparcela y el segundo el número de árbol dentro de esta, esto ayudó identificarlo en cada proceso para obtener sus diferentes volúmenes.

Una vez realizada la corta, los árboles fueron troceados a diferentes longitudes dependiendo de las condiciones de este e imperfecciones que presentaba. Posteriormente se midió el volumen (m^3) del producto obtenido, según la fórmula de Smalian, la cual se presenta a continuación.

4.5 Determinación de volumen en troza

Una vez realizada la corta de los árboles, se procedió al troceo, que consistió de largo comerciales en Costa Rica que corresponde al 0,84; 0,84 - 1,26; 1,26 - 1,68; 1,68 - 2,10; 2,10 - 2,52; 2,52 - 2,94 y 3,36 metros (1, 1-1/2 2-1/2, 3-1/2 y 4 varas). La longitud de la troza dependió de las condiciones de calidad e imperfecciones del fuste, por lo que se buscó obtener la mayor cantidad de trozas posibles y de la mejor calidad. Una vez que el fuste fue troceado en su totalidad se cuantificó y registró la cantidad de trozas por árbol y se midió el diámetro y largo de cada troza (Figura 1). Para medir los diámetros se utilizó cinta de carpintero, realizando dos mediciones por cara formando las dos mediciones una cruz y para la longitud de la troza cinta métrica. El volumen se determinó utilizando la Ecuación 3.

$$V = \left(\frac{D^2 + d^2}{2} \right) * \frac{\pi}{4} * L \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde,

$V =$ Volumen en m^3 .

$D =$ Diámetro del extremo grueso de la troza en metros (m).

$d =$ Diámetro del extremo delgado de la troza en metros (m).

$L =$ Longitud de la troza en metros (m).

Para medir los diámetros se utilizó cinta de carpintero, realizando dos mediciones a la cara de la troza, en dirección norte – sur, y este – oeste, para hacer un promedio del diámetro y para la longitud de la troza cinta diamétrica. Se realizaron las mediciones como se muestra a continuación en la figura 3.

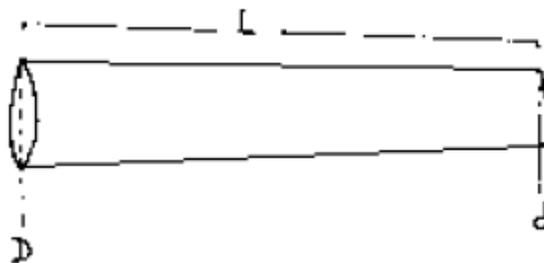


Figura 3. Mediciones realizadas a las trozas para obtener su volumen.

4.6 Aserrío

Los trozas provenientes de las plantaciones, con un largo diferentes largos (varían de 2 a 4 varas) fueron aserradas utilizando un aserradero portátil marca Woodmizer LT15, con un sistema manual de alimentación y movimiento de sierra. Este tipo de aserradero las tablas son obtenidas una a uno por el corte horizontal de las trozas por medio de una sierra con un ancho de aproximadamente 50 mm y espesor de sierra de 1,14 mm montados en volantes de 48 cm de diámetro. Todo el aserrío fue realizado con esta máquina.

El volumen de madera aserrada fue determinado en dos periodos diferentes, una primera medición de la madera aserrada fue en el momento de obtener los bloques que varían de 13 a 53 cm. La segunda medición de la madera aserrada fue una vez que las tablas ya estaban lista para comercializa. En ambos casos, la

cubicación de la madera aserrada fue tomada el ancho, espesor y largo de la tabla o el bloque. El volumen fue calculado por la siguiente fórmula:

$$V = \frac{A * E * L}{1000} \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde,

V= Volumen en m³

A= Ancho en cm

L= Largo en cm

E= espesor en cm

4.7 Porcentaje de utilización de la madera en pie y rendimiento de la madera en troza.

El grado de aprovechamiento de la madera en pie fue determinado en varias etapas: (1) un primera consiste en cuantificar la relación que hay entre el volumen comercial y volumen total del árbol, (2) la relación que existe entre el volumen obtenido en trozas comerciales y el volumen real en pie, (3) la relación entre el volumen obtenido en bloques y el volumen total en pie y (4) finalmente la relación entre el volumen obtenido de producto final y el volumen total en pie. Todas estas relaciones fueron expresadas en término de hectáreas y porcentualmente.

El rendimiento de la madera en troza fue cuantificado para dos etapas del proceso: (1) rendimiento en bloques que se refiere la relación, expresada porcentualmente, entre el volumen obtenido en bloque y el volumen de la troza y (2) un segundo rendimiento es el rendimiento en tablas que se refiere a la relación entre el volumen obtenido en tablas y el volumen en troza, también expresado porcentualmente.

4.8 Valoración de la calidad

Para determinar la calidad de la madera aserrada se siguió la norma INTE 06-02-07-09 (Anexo 1). La cual consiste en una evaluación visual que se realiza a cada tabla obtenida una vez realizado el aserrío. Se evaluó la clasificación de la madera para uso general en verde y la clasificación en los grados se basó en el cumplimiento de algunas condiciones especificadas en la norma tales como las dimensiones, defectos entre otros.

4.9 Rendimientos

Es importante también medir los rendimientos, los fueron de varios tipos: el primero corresponde al volumen de la madera contenida en la totalidad del árbol en pie y el volumen de producto para aserrío. Un segundo rendimiento comprende el rendimiento de la madera en troza que ingresa a la máquina de procesamiento primarios, que en este caso es el aserradero portátil.

4.10 Análisis Estadísticos

Se realizó una comparación de similitud en los valores dasométricos de ambas pendientes, así como una comparación en el rendimiento por pendientes y se determinó el efecto del diámetro en el rendimiento.

4.11 Costos

Se determinó el costo del metro cúbico (m^3) aserrado. Se evaluaron aspectos como las jornadas trabajadas, con respecto a la maquinaria usada se tomó en cuenta su valor inicial y depreciación, además el combustible utilizado en el aserrío y el volumen total aserrado.

De esta forma, siguiendo la metodología explicada, se obtuvo la calidad de la madera aserrada con que se elaboran los productos en la Hacienda Junquillal S. A. Y también se determinaron los rendimientos de las trozas utilizadas, así como los costos de producción de la madera lista para utilizar.

V. Resultados y Discusión

5.1 Evaluación silvicultural de los ensayos

El detalle de las condiciones dasométricas de la plantación puede ser observado en el cuadro 2. En él es posible observar que el diámetro a la altura del pecho promedio para los dos rodales ensayados fue de 31,23 cm, variando de 21 a 44 cm. En la altura total se obtuvo un promedio de 14,87 cm y una variación de 8 a 20 m. En cuanto a la altura comercial su promedio fue de 9,23 cm y su variación fue entre 5 a 16 m. Los rodales presentaron una densidad de plantación de 285 árboles en promedio por hectárea. Al cuantificar la cantidad de trozas comerciales (diámetro mayor a 16 cm), se encontró que hay un promedio de 3 trozas con longitudes que varían desde 1,68 a 3,36 m (de 2 a 4 varas).

Cuadro 2. Valores promedios de los parámetros dasométricos de las dos plantaciones muestreadas de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

| Pendiente | Pendiente de 30% | Pendiente de 60% | Promedio |
|----------------------------------|------------------|------------------|--------------|
| DAP* (cm) | 30,96 ± 5,53 | 31,50 ± 5,43** | 31,23 ± 5,48 |
| Altura total (m) | 14,30 ± 2,89 | 15,43 ± 2,62 | 14,87 ± 2,76 |
| Altura comercial (m) | 8,96 ± 2,82 | 9,63 ± 2,76 | 9,23 ± 2,79 |
| Cantidad de trozas por árbol (m) | 3,00 ± 0,58 | 3,00 ± 0,95 | 3,00 ± 0,77 |
| Cantidad de individuos (N/ha) | 270 | 300 | 285 |

*Dap: Diámetro en cm a 1.3m sobre el nivel del suelo.

**± presenta la desviación estándar de los valores.

Al comparar estos resultados con otros estudios se tiene que estos valores dasométricos son menores la edad de la plantación. Por ejemplo, en un estudio realizado por Lizano (1999) con plantaciones de 11 años en Cureña de Sarapiquí, en la región Huetar Norte de Costa Rica reporta que una plantación con un dap promedio de 21,3 cm y en otra plantación de Moravia de Curtis (región Huetar norte también), pero de 10 años de edad, reportó un dap 28,1 cm en promedio. La diferencia en los valores encontrados por el anterior autor y nuestros resultados pueden ser explicados por que las plantaciones evaluadas tienen una edad de 15 años, edad mayor a los 10 y 11 años en las plantaciones utilizadas por Lizano (1999), así mismo, las plantaciones evaluadas están ubicadas en la Región

Pacífico Central del país. Y según Bergoeing (1998) la Zona Norte pertenece al régimen de precipitación del Caribe, que es lluvioso todo el año, a diferencia de la Zona Pacífico Central en la cual existen bosques tropicales de transición de bosque tropical seco a bosque tropical lluvioso y no están expuestos a constante agua y se encuentran menores precipitaciones, por lo que los árboles crecen más lento.

De los resultados mostrados en el cuadro 2, para el promedio de ambas pendientes evaluadas, se pueden comparar para un IS de 21, acorde a las tablas preliminares de rendimiento de plantaciones de melina en América Central desarrolladas por Hughell (1991). Para ese IS se espera obtener un dap promedio de 29,5 cm a la edad de 14 años, pero si consideramos la altura total el IS correspondería al IS 14, el cual es de 13,2 m y si coincidiéramos la densidad del rodal (299 individuos/ha) el IS es 28. Así que, es muy importante tomar en cuenta la calidad de sitio en la que se esté trabajando, como se puede ver según cada aspecto mencionado (dap, altura y número de individuos) nos llevan a un diferente IS, aunque se pueden considerar de mayor peso el diámetro y la altura, por consecuente, el IS de las plantaciones muestreadas se contraría entre 14 y 21 según las tablas de Hughell (1991).

También Briscoe (1995) reporta para un sitio con calidad de índice 2 una cantidad entre 140 y 160 individuos por hectárea, se tiene que el promedio del presente estudio de 285 árboles por hectárea, por lo que hay cerca de 100 árboles más por hectárea. Esto se debe principalmente a la falta de manejo que se le dio a las plantaciones.

Del mismo modo, se realizó una prueba de z – calculada, donde se terminó que no existe diferencia significativa entre los parámetros dasométricos de la pendiente del 30% y la del 60%, esto se afirma con un 95% de confianza.

5.2 Evaluación cuantitativa del aprovechamiento y la industrialización de las plantaciones

En el cuadro 3 se especifican los volúmenes obtenidos en las diferentes etapas del aprovechamiento e industrialización de las trozas para el promedio de las dos pendientes estudiadas y para cada una de ellas por separado, hasta llegar al producto final que eran tablas con diferentes largos y anchos. Así mismo es posible observar en este cuadro que el volumen total existente en los árboles es en promedio 222,95 m³/ha, con poca diferencia entre las dos pendientes estudiadas, sin embargo, la cantidad de volumen decae al avanzar en el procesamiento de la madera. Se puede observar la pérdida de volumen de lo que existe en el árbol en pie, ya que de lo que se encuentra en pie solamente es aprovechable en madera aserrada 49,27 m³/ha, dejando un desperdicio total en volumen de 173,68 m³/ha.

Cuadro 3. Volumen de madera en las diferentes etapas del aprovechamiento de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

| Pendiente | 30% | | 60% | | Promedio | |
|---|---------------------------------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|--|
| | Volumen/ha (m ³ /ha) | Pérdida del volumen (m ³ /ha) | Volumen/ha (m ³ /ha) | Pérdida del volumen (m ³ /ha) | Volumen/ha (m ³ /ha) | Pérdida del volumen (m ³ /ha) |
| v total pie (m³/ha)* | 205,81 ± 3,07 | - | 240,08± 2,98 | - | 222,95 ± 3,03 | - |
| v comercial pie (m³/ha) | 113,46 ± 2,24 | 92,35 | 142,60 ± 2,24 | 97,48 | 128,03 ± 2,24 | 94,92 |
| v troza (m³/ha) | 107,05 ± 2,20 | 6,41 | 110,80 ± 2,30 | 31,80 | 110,80 ± 2,25 | 19,11 |
| v bloque (m³/ha) | 58,98 ± 1,43 | 48,07 | 58,15 ± 1,17 | 52,65 | 58,57 ± 1,30 | 50,36 |
| v tabla (m³/ha) | 49,17 ± 1,13 | 9,81 | 49,36 ± 1,03 | 8,79 | 49,27 ± 1,08 | 9,30 |

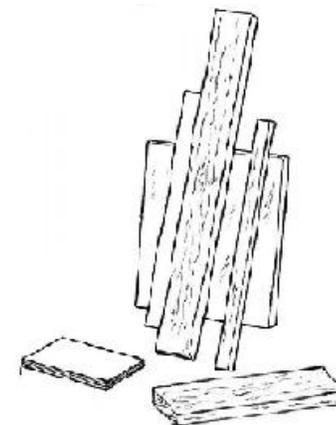
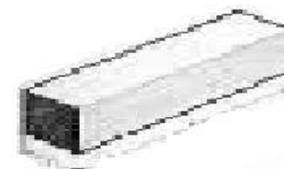
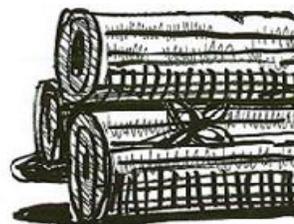
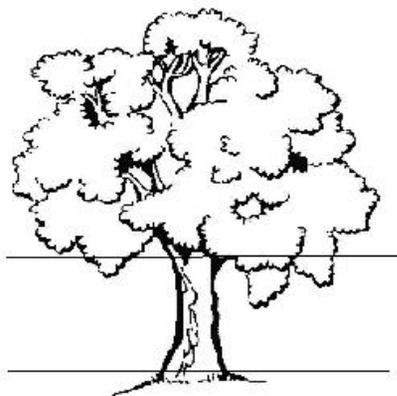
*v: volumen en m³/ha

Al comparar el volumen de madera en pie con otros estudios llevados a cabo en Costa Rica, se tiene que los volúmenes de la madera en pie son similares a los presentados en las dos plantaciones estudiadas, pero de menor edad. Por ejemplo, en una plantación de 12 años de edad en Hojancha (Costa Rica) se reporta un volumen total de 149,09 m³/ha (Cubero y Rojas, 1999). También, en plantaciones con turno de cosecha (10 a 12 años de edad) ubicadas en la zona sur de Costa Rica, el volumen de madera a cortar varía de 125 a 275 m³/ha para

un índice de sitio 2 se espera un volumen de 225 m³/ha (CCF, 2001). Del mismo modo, Rojas (1997) para plantaciones de 7,5 años de edad, solo que con árboles clonados reporta un volumen total por hectárea de 259,89 m³ /ha.

Es importante hacer notar que, a pesar que el volumen obtenido por hectárea en las plantaciones evaluadas concuerda con datos esperados en otros sitios en Costa Rica, pero de menores edades, las plantaciones que fueron utilizadas en el presente estudio los tratamientos silviculturales, de chapias y podas fueron muy limitados, por lo tanto ahí se encuentra la razón fue su baja utilización en madera aserrada comercial, probablemente debido a la alta incidencia de defectos.

Las pérdidas de volumen que hay desde el volumen en pie hasta el volumen de madera aserrada lista para comercializar puede ser observado en la figura 4. El 100% corresponde al volumen total en pie, ya que es la máxima cantidad que se podría obtener. Se da una pérdida en promedio de 42,74% al estimar el volumen de madera en pie, al trocear el árbol se tiene una pérdida de 50,92% del volumen total en pie y 8,29 de diferencia con el volumen comercial en pie. Para el aserrío primario, madera en bloques, se tiene que la pérdida respecto al volumen total en pie es de 73,56%, y respecto al volumen en troza se tiene una diferencia de 22,64. Finalmente la madera aserrada lista para comercializar se aprovecha un 22,23% de lo que hay en pie (se desperdicia un 77,77%), pero en este proceso de pasar de bloques a madera ya aserrada el desperdició es solamente de un 4,21%. Si se analiza las pérdida de producto a partir del volumen comercial en pie, se observa que en promedio hay 8,19% en el troceo, cuando se realiza el bloqueo se desperdicia un 30,83%, de lo calculado como volumen comercial hay una diferencia del 35,04% con respecto al volumen del producto final obtenido. Se evidencia que la mayor pérdida de volumen se da en la pendiente de 60% (Figura 4).



| | <u>% v total pie (m³/ha)</u> |
|----------|---|
| 30% | 100 |
| 60% | 100 |
| promedio | 100 |

| | <u>% v comercial pie (m³/ha)</u> |
|----------|---|
| 30% | 55,13 |
| 60% | 59,40 |
| promedio | 57,27 |

| | <u>% v troza (m³/ha)</u> | <u>pérdida %</u> |
|----------|-------------------------------------|------------------|
| 30% | 52,01 | 3,11 |
| 60% | 46,15 | 13,25 |
| promedio | 49,08 | 8,19 |

| | <u>% v bloque (m³/ha)</u> | <u>pérdida %</u> |
|----------|--------------------------------------|------------------|
| 30% | 28,66 | 26,47 |
| 60% | 24,22 | 35,18 |
| promedio | 26,44 | 30,83 |

| | <u>% v tabla (m³/ha)</u> | <u>pérdida %</u> |
|----------|-------------------------------------|------------------|
| 30% | 23,89 | 31,24 |
| 60% | 20,56 | 38,84 |
| promedio | 22,23 | 35,04 |

Figura 4. Porcentajes del volumen de madera en las diferentes etapas del aprovechamiento de *Gmelina arborea* y porcentajes de pérdida a partir del volumen comercial en pie. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

En lo que respecta al aserrío de madera de plantaciones de melina en otros estudios se tiene que trozas entre 15 y 40 cm de diámetro, produce rendimientos que oscila entre 25 y 35% según su diámetro, la forma y la rectitud de las trozas y según las medidas de las piezas aserradas (Barrantes, 1996), así se puede interpretar una pérdida del 65% del producto, la cual es mucho mayor a la del estudio presente.

En este proceso tomando como la primera operación el aserrío de troza hasta obtener la tabla o el producto final, se obtuvo en porcentaje de volumen final del 45%. Quirós *et al* (2005) realizaron un estudio sobre rendimientos en aserrío, donde se obtuvo un 39% de volumen en tabla, así que comparándolo con el rendimiento obtenido en esta investigación, se obtuvo 6% menos de producto, por lo que se puede decir que este estudio fue más eficiente.

Rojas (1997) menciona en su estudio un volumen en producto comercial de 25,66% con respecto al volumen total. Así mismo, Barrantes (1996) obtuvo desde un 31 hasta 39% de rendimiento en el aserrío para obtener tablilla. Se puede observar que los valores están cercanos al porcentaje de volumen en tabla (22% en promedio) que se obtuvo en esta evaluación.

Dependiendo de las dimensiones de las trozas, la forma y la calidad el factor de recuperación de madera aserrada puede variar entre 30 – 35% en madera de raleos y entre 40 – 60% en madera de cosecha final (Serrano 1991, Sanabria y Serrano 1993, Moya 2000, Quirós *et al* 2005). Esto explica el porcentaje obtenido de 22%, donde se presenta que estos factores anteriormente mencionados incidieron en el volumen final aprovechado.

5.3 Evaluación de cantidad de trozas por diámetros

El agrupamiento de las trozas por una distribución diamétrica de 6 intervalos es presentado en el cuadro 4. En promedio se estaría obteniendo un total de 790 trozas por hectárea, con largos que varían de 1,68 m (2 varas) a 3,36 m (4 varas). Al analizar la cantidad de trozas en las dos pendientes estudiadas se tiene que el sitio de pendiente de 60% produce 40 trozas por hectárea más que un sitio con pendiente de 30%. Al observar la cantidad de trozas por clase diamétrica se puede observar que en el rango de 20 a 25 cm es donde está presente la mayor cantidad de trozas en promedio, significando un 37% (Figura 5), posteriormente en el rango de 25–30 cm se obtuvo un promedio de 31% del total de trozas (Figura 5). Estos últimos rangos es donde se concentran la mayor cantidad de trozas sumando en promedio 68%. La categoría con menor cantidad de trozas es la de 40 a 45 cm con 15 trozas para el promedio, significando cerca del 2% de la cantidad de trozas totales (Figura 5). Al analizar las dos pendientes se tiene que hay mayor cantidad de trozas obtenidas en el sitio con pendiente de 60%, se asume que se presentará un mayor rendimiento de aserrío en esta pendiente también. Así mismo se esperaría obtener mayor rendimiento en los rangos de 20–25 y 25–30.

Cuadro 4. Distribución del diámetro de trozas muestreadas y por hectárea en una plantación de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

| Rango de diámetro (cm) | Trozas | | Trozas/hectáreas | | Promedio | |
|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------|
| | Pendiente de 30% | Pendiente de 60% | Pendiente de 30% | Pendiente de 60% | Total de trozas | Trozas/ha |
| 15-20 | 7 | 12 | 70 | 120 | 190 | 95 |
| 20-25 | 32 | 26 | 320 | 260 | 580 | 290 |
| 25-30 | 24 | 25 | 240 | 250 | 490 | 245 |
| 30-35 | 9 | 13 | 90 | 130 | 220 | 110 |
| 35-40 | 4 | 3 | 40 | 30 | 70 | 35 |
| 40-45 | 1 | 2 | 10 | 20 | 30 | 15 |
| Total | 77 | 81 | 770 | 810 | 1580 | 790 |

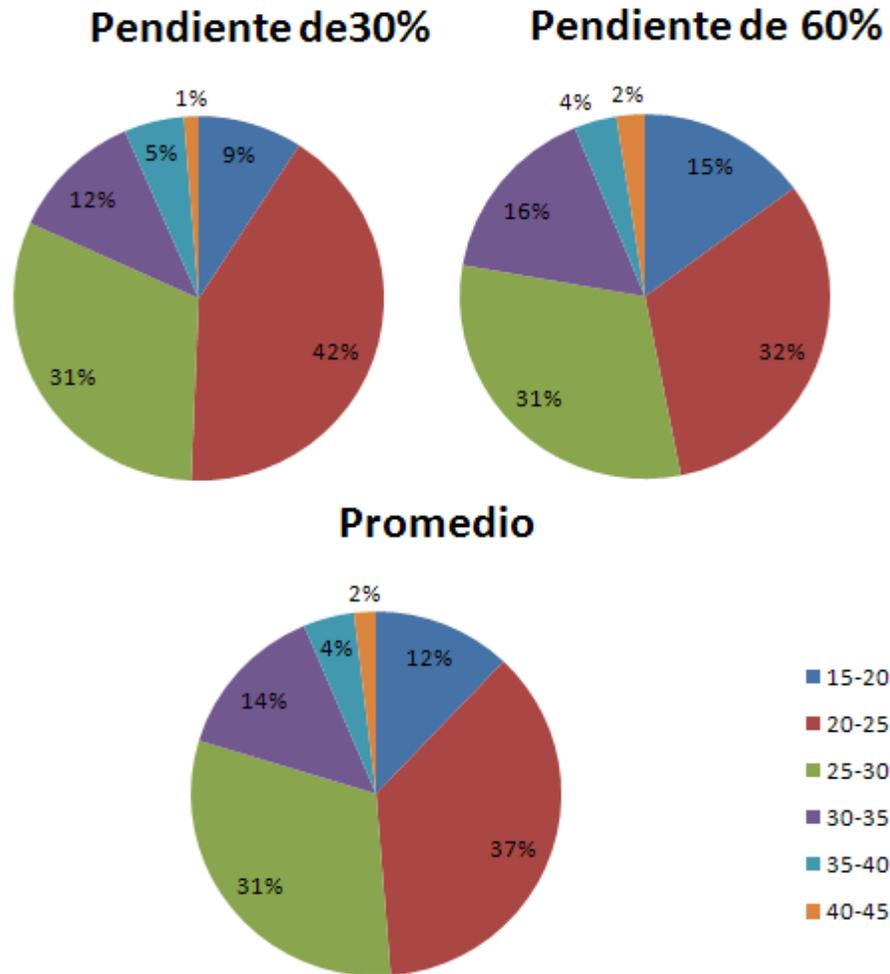


Figura 5. Porcentaje de la distribución del diámetro (cm) de trozas por hectárea aserradas en una plantación de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

En una plantación de 7,5 años de edad se obtuvo en total 373 trozas/hectárea con un rango de clase diamétrica de 15 a ≥ 25 cm, en el cual hay mayor cantidad de trozas presentes en el ámbito de 15 a 20 cm (Rojas, 1997). Así que, se obtuvo mayor cantidad de trozas/hectárea en la plantación estudiada y con más cantidad de piezas en un rango mayor al obtenido en esta plantación de 7,5 años, posiblemente por la diferencia de edades. Moya *et al* (2009) encontró mayor cantidad de piezas en el rango de 15–20 cm y un total de 480 trozas/hectárea en una plantación de ocho años de edad de jaúl. Se puede observar por lo tanto, la diferencia de cantidad de trozas encontradas por hectárea y en rango diamétrico donde se espera encontrar mayor cantidad de piezas, estos principalmente se

puede notar que es por la diferencia de edad entre la plantación evaluada y las mencionadas, así como los tratamientos silviculturales que recibió cada plantación.

5.4 Evaluación de cantidad de trozas por largos

En la evaluación de la distribución de trozas por largos comerciales se encontró que en la categoría de 2,52 a 2,94 m (de 3 a 3,5 varas) es donde se presenta mayor cantidad de trozas con 550 (Cuadro 5), lo cual representa un 70% (Figura 6), al contrario, la menor cantidad está presente en el rango de 2,94 a 3,36 m (de 3,5 a 4 varas), con 65 trozas y un porcentaje del 8% (Figura 6). En referente a los dos tipos de pendientes se tiene que, a excepción del último rango (de 3,5 a 4 varas), en todas las clases hay mayor cantidad de trozas en el sitio con pendiente de 60%.

Cuadro 5. Distribución del largo de trozas muestreadas y por hectárea en una plantación de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

| Rango de largo (varas) | Trozas por árbol | | Trozas/hectáreas | | Promedio | |
|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------|
| | Pendiente de 30% | Pendiente de 60% | Pendiente de 30% | Pendiente de 60% | Total de trozas | Trozas/ha |
| 2-2,5 | 6 | 9 | 60 | 90 | 150 | 75 |
| 2,5-3 | 9 | 11 | 90 | 110 | 200 | 100 |
| 3-3,5 | 54 | 56 | 540 | 560 | 1 100 | 550 |
| 3,5-4 | 8 | 5 | 80 | 50 | 130 | 65 |
| Total | 77 | 81 | 770 | 810 | 1 580 | 790 |

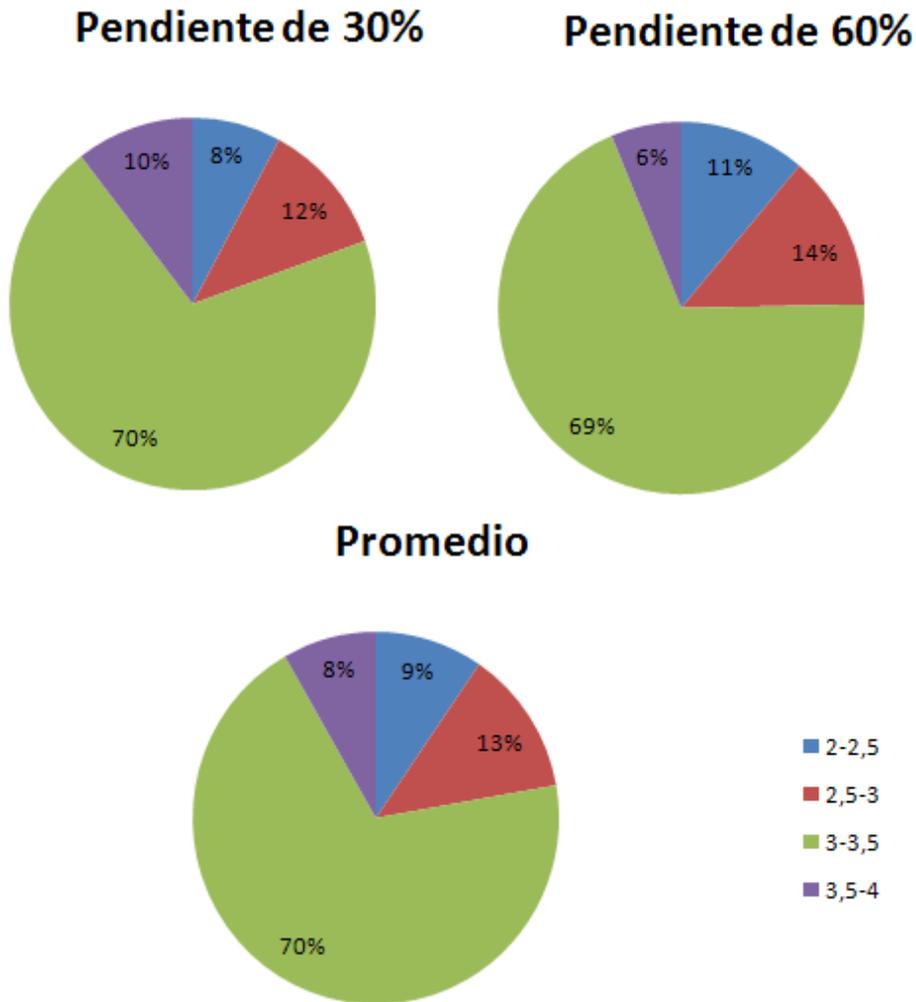


Figura 6. Porcentaje de distribución del largo (varas) de trozas por hectárea en una plantación de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

La madera que se obtiene al cosechar plantaciones forestales generalmente es de pequeñas dimensiones, su tamaño normal varía de 3 – 4 varas (Quirós *et al*, 2005). Sin embargo, al realizar el troceo de árbol, por las características del producto la mayor cantidad de trozas se encuentra en el rango de 2,52 a 3,36 m (2 a 4 varas). Los otros porcentajes de largo aparecen con el fin de dar un aprovechamiento al fuste del árbol en otros largos comerciales.

5.5 Rendimiento de la madera

El diámetro promedio de las trozas que se aserraron fue de 25,5 cm y en general las trozas de las dos pendientes analizadas presentaban similar diámetro (Cuadro 6). El rendimiento promedio del aserrío primario (producción de bloques) fue de 53% en promedio y el rendimiento total de las tablas lista para comercializar fue de 46%. Las dos pendientes se obtuvieron diferentes rendimientos, la pendiente de 30% se produjo un rendimiento de 55,36% en bloques, mientras que el rendimiento para producto terminado fue de 47,07%, en tanto que la pendiente de 60% los rendimientos fueron de 51,07% y 44,68% respectivamente. Dichos valores son ligeramente inferiores a los de la pendiente de 30% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Volumen y rendimiento por las trozas muestreadas en una plantación de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

| Rótulos de fila | 30% | 60% | Promedio |
|--|---------------|---------------|---------------|
| Diámetro promedio de trozas (cm) | 25,75 ± 5,05 | 25,22 ± 6,96 | 25,49 ± 6,00 |
| Volumen promedio por troza (m³) | 0,14 ± 0,07 | 0,13 ± 0,08 | 0,14 ± 0,07 |
| Volumen promedio obtenido en bloque (m³) | 0,08 ± 0,04 | 0,07 ± 0,04 | 0,07 ± 0,04 |
| Rendimiento (%) promedio para bloque | 55,36 ± 14,12 | 51,08 ± 13,05 | 53,22 ± 13,59 |
| Volumen promedio obtenido en tabla (m³) | 0,07 ± 0,03 | 0,06 ± 0,03 | 0,06 ± 0,03 |
| Rendimiento (%) promedio obtenido en tablas | 47,08 ± 12,19 | 44,68 ± 14,68 | 45,88 ± 13,44 |

El rendimiento de trozas de melina desde hace 20 años ha tenido mucha importancia en los estudios en Costa Rica y algunos países de la región tropical. Por ejemplo, Barrantes (1996) con trozas entre 15 y 40 cm de diámetro, obtuvo un rendimiento entre 25 y 35%, sin embargo, dicho trabajo obtuvo un producto de menores dimensiones que en el presente estudio y el diámetro promedio era inferior al diámetro obtenido aquí. En otro estudio llevado a cabo por Quirós *et al* (2005), se produjo nuevamente un rendimiento menor al nuestro, 39% de volumen en tabla. Así que el producto es 6% menos que lo que se obtuvo en este aserrío. Sin embargo, Rojas (1997) en Puntarenas, para trozas con diámetro mayor a 25 cm, obtuvo un rendimiento del 44,13%. También Sánchez (1997) obtuvo un rendimiento de aserrío general de trozas de diámetros menores de 2,52 m de largo de 49%. Bermúdez *et al* (2006) reporta un rendimiento de 49,7%.

Estos rendimientos dependen mucho de los defectos que puedan presentar las trozas aserradas, así como su diámetro y largo, además, se espera obtener menor rendimiento de aserrío en trozas de diámetros de menor dimensión (Bermúdez *et al*, 2006).

5.6 Efecto del diámetro en el rendimiento

El efecto del diámetro en el rendimiento puede ser observado en la figura 7. Para el rendimiento por bloque figura 7 (a) el rendimiento oscila entre 20 y 90%, sin embargo, tiende a centralizarse en los valores de 40 a 60%. Algunas presentaron formas muy regulares y en excelente estado sanitario por lo que el rendimiento en lo que fue superior al 60%. El análisis estadísticos por regresión mostró que solamente en el caso de la pendiente de 30% fue estadísticamente significativa el diámetro sobre la pendientes (Figura 7a), y en la pendiente de 60% el diámetro no afecto significativamente el rendimiento (Figura 7b).

En cuanto al rendimiento por tabla (figura 7b), el rango del rendimiento se encuentra entre el 10 y 90%, esto por su excelente estado sanitario y forma de troza, igualmente se observa que los valores tienen una tendencia de valores entre 30 y 60%. Los análisis estadísticos mostraron que las dos condiciones de pendiente, el diámetro no afecto significativamente el rendimiento (Figura 7).

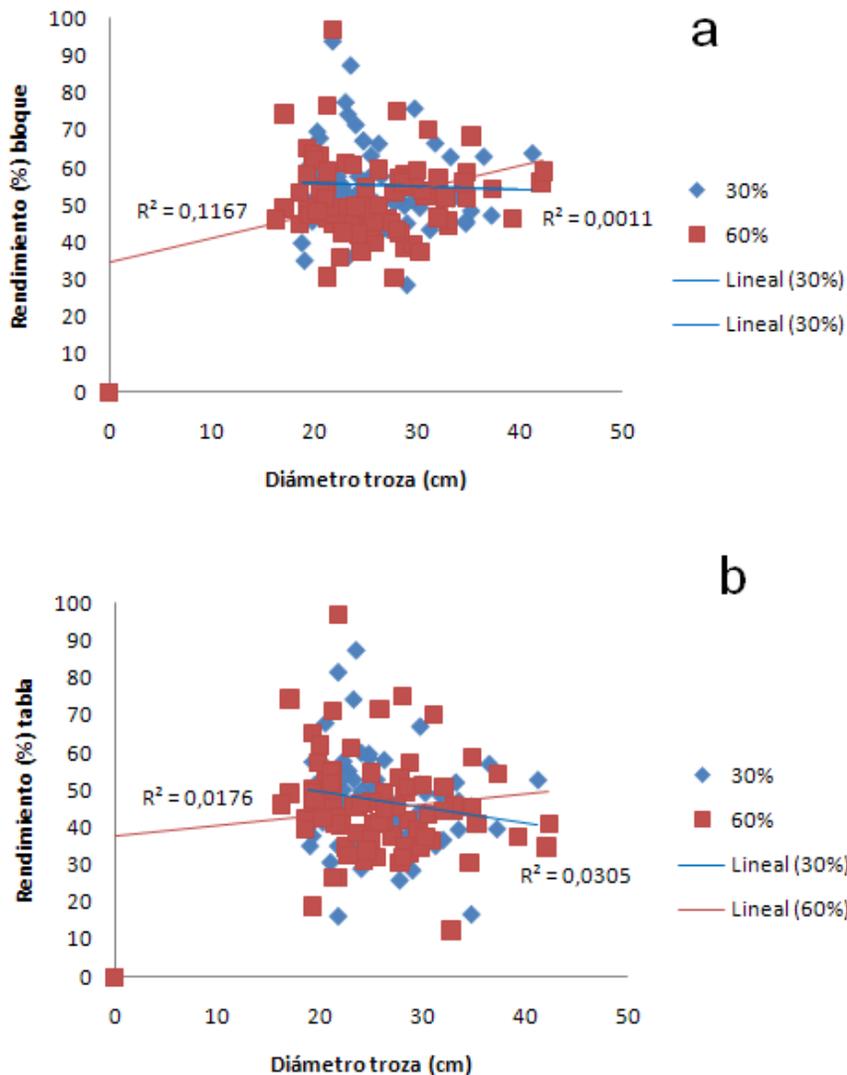


Figura 7. Rendimiento en bloque y en tabla de las trozas muestreadas en una plantación de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

Los valores presentados del r – cuadrado son muy bajos y lejanos de 1. Estos resultados explican la variabilidad del diámetro. La variación de los valores observados con los que se predicen con la recta es muy alta. Así que, es correcto afirmar que en ambos rendimientos (bloque y tabla) el diámetro no tiene influencia.

Serrano (1991) menciona que entre los factores principales que afectan el rendimiento destacan el diámetro y forma de las trozas a procesar, la clase de madera y su calidad, el patrón de corte y el tipo de sierra empleada para transformar la materia prima. Conforme se reduce el diámetro de las trozas

disminuye el rango de rendimiento. En cuanto a los rendimientos de aserrío, normalmente se esperaría que fueran menores en trozas de diámetros de menor dimensión, que en trozas de mayor diámetro. Esto último se puede ver que no sucede en el rendimiento obtenido. Ya que en piezas de diámetros pequeños se obtuvo un alto porcentaje de rendimiento, esto quiere decir que fue aprovechado la mayor cantidad de producto de la troza, además que su estado sanitario estaba en buenas condiciones y su forma era muy uniforme.

5.7 Rendimiento por ancho, largo y espesor de tablas

Al estudiar la cantidad de piezas obtenidas según su ancho de tabla en las diferentes pendientes, se tiene que la mayor cantidad de tablas para el promedio de las dos pendientes se ubican entre los rangos de 15-17,5 cm y 17,5- 20 cm (Cuadro 7), con porcentajes que 23 y 26%, respectivamente, del total de las piezas en ambas categorías (Figura 8c). Otro importante aporte es el ancho de 22,5-25 cm, que presenta el más alto volumen de madera aserrada en los diferentes rangos (Cuadro 7), pero con bajo cantidad de piezas del total, 19% (Figura 8c). Finalmente, la menor cantidad de piezas para el promedio de los dos sitios se presentó en el rango de 25-27,5 cm (Cuadro 7) con menos de 1% (Figura 8c).

En el análisis de las diferentes pendientes, se tiene que en la 30% la mayor cantidad de tablas se concentra en la categoría de 17,5 a 20 cm, en la del 60% de 15 a 17,5 cm, con 102 y 114 tablas respectivamente, con un porcentaje de 37% del total de las piezas en la pendiente de 30% (figura 8a) y 32% del total en la pendiente de 60% (Figura 8b). No obstante, cuando se cuantifica la producción en término de volumen se tiene que mayor cantidad de volumen (m^3) en la pendiente de 30% se encuentra en el rango de 22,5 a 25 cm y en la pendiente de 60% en la categoría de 20 a 22,5 cm (Cuadro 7). Otro porcentaje también importante de piezas por ancho, en la pendiente de 30%, fue el rango de 22,5-25,0 que se produjo un porcentaje de 28% (78 en total) (Figura 8a), pero este no fue imperante en la pendiente de 60%, ya que fue superada por el rango de 20-22 cm y 17,5-20 cm (Figura 8c). Finalmente la menor cantidad de piezas y el menor volumen por ancho se presentaron en los rangos de 10-12,5 cm, 25-27,5 cm y 27,5-30 cm en las dos pendientes.

En el estudio la cantidad de piezas obtenida según su largo en las pendientes de 30 y 60%, así como en el promedio se concentra la mayor cantidad de tablas en la categoría de 243 a 284,5 cm (Cuadro 7), en ambas pendientes y en promedio esto representa aproximadamente un 70% (Figura 8d, 8e, 8f) del total de las tablas muestreadas. La mayor cantidad de volumen (m^3) en la pendiente de 30 y 60%,

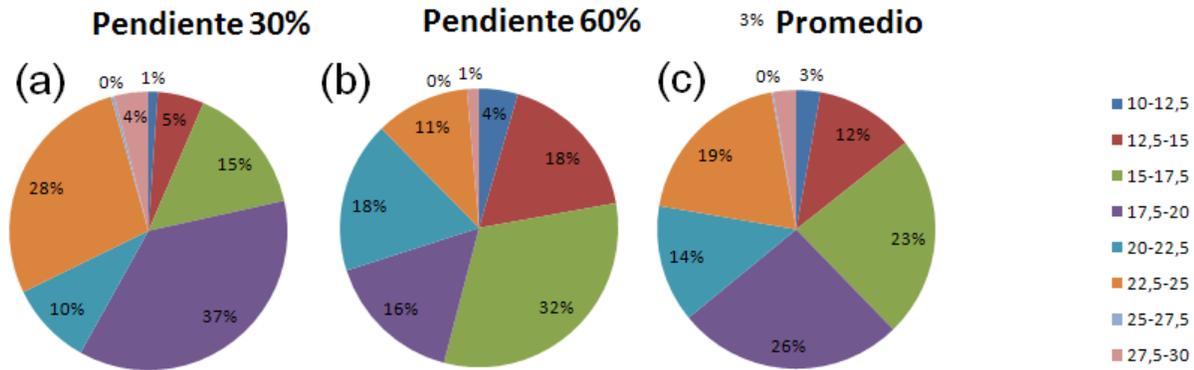
como también en el promedio se encuentra igualmente en el rango de 243 a 284,5 cm. Lo mismo sucede en cuanto al volumen, el cual predomina en la misma categoría que la cantidad de piezas. Este resultado es de esperar ya que la mayor cantidad o porcentaje de trozas se concentren en ese largo (Figura 8f).

En el análisis de la cantidad de tablas presentes en cada categoría según su espesor, las pendientes de 30 y 60%, así como en el promedio se encuentra la mayor cantidad de tablas en la categoría de 2 a 2,25 cm (Cuadro 7), el cual representa más de un 65% en cada una (Figura 8g, 8h, 8i). Igualmente, la mayor cantidad de volumen (m^3) en la pendiente de 30 y 60%, como también en el promedio se encuentra en el rango de 2 a 2,25 cm (Cuadro 7).

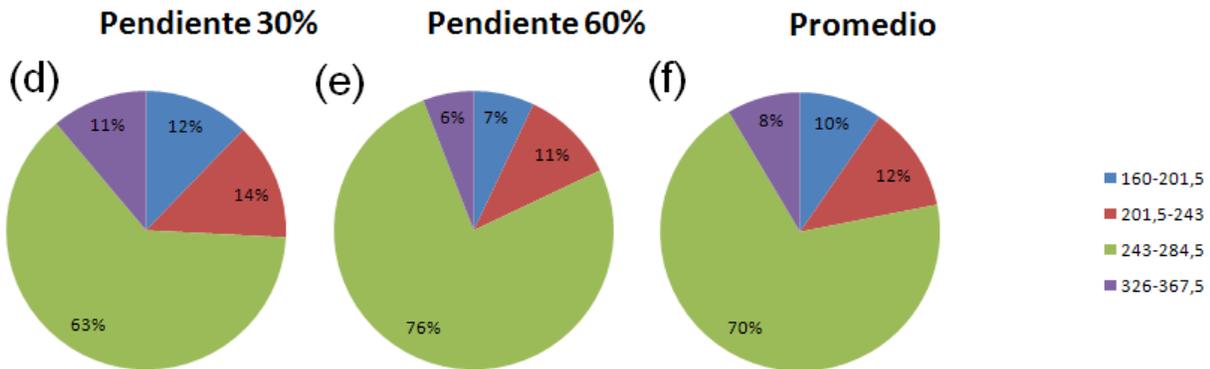
Cuadro 7. Cantidad de piezas y volumen obtenido (m³) para diferentes anchos, largos y espesores de la madera aserrada en una plantación de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

| | Pendiente de 30% | | Pendiente de 60% | | Promedio General | |
|---------------------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|
| | Cantidad de piezas | Volumen (m ³) | Cantidad de piezas | Volumen (m ³) | Cantidad de piezas | Volumen (m ³) |
| Rango de ancho de tabla (cm) | | | | | | |
| 10-12,5 | 3 | 0,02 | 16 | 0,09 | 9,5 | 0,06 |
| 12,5-15 | 15 | 0,11 | 63 | 0,45 | 39 | 0,28 |
| 15-17,5 | 42 | 0,34 | 114 | 1,02 | 78 | 0,68 |
| 17,5-20 | 102 | 0,95 | 57 | 0,55 | 79,5 | 0,75 |
| 20-22,5 | 27 | 0,28 | 63 | 0,71 | 45 | 0,50 |
| 22,5-25 | 78 | 1,04 | 39 | 0,51 | 58,5 | 0,77 |
| 25-27,5 | 1 | 0,014 | 0 | 0 | 0,5 | 0,01 |
| 27,5-30 | 11 | 0,17 | 5 | 0,07 | 8 | 0,12 |
| Total | 279 | 2,94 | 357 | 3,41 | 318 | 3,17 |
| Rango de largo de tabla (cm) | | | | | | |
| 160-201,5 | 34 | 0,21 | 25 | 0,12 | 29,5 | 0,16 |
| 201,5-243 | 38 | 0,32 | 39 | 0,32 | 38,5 | 0,32 |
| 243-284,5 | 176 | 1,96 | 272 | 2,69 | 224 | 2,32 |
| 326-367,5 | 31 | 0,45 | 21 | 0,28 | 26 | 0,37 |
| Total | 279 | 2,94 | 357 | 3,41 | 318 | 3,17 |
| Rango de espesor de tabla (cm) | | | | | | |
| 1,5-1,75 | 5 | 0,04 | 14 | 0,10 | 9,5 | 0,07 |
| 1,75-2 | 11 | 0,11 | 25 | 0,21 | 18 | 0,16 |
| 2-2,25 | 200 | 2,06 | 233 | 2,23 | 216,5 | 2,14 |
| 2,25-2,5 | 31 | 0,35 | 51 | 0,52 | 41 | 0,44 |
| 2,5-2,75 | 30 | 0,35 | 33 | 0,34 | 31,5 | 0,35 |
| 2,75-3 | 2 | 0,02 | 1 | 0,01 | 1,5 | 0,016 |
| Total | 279 | 2,94 | 357 | 3,41 | 318 | 3,17 |

Ancho



Largo



Espesor

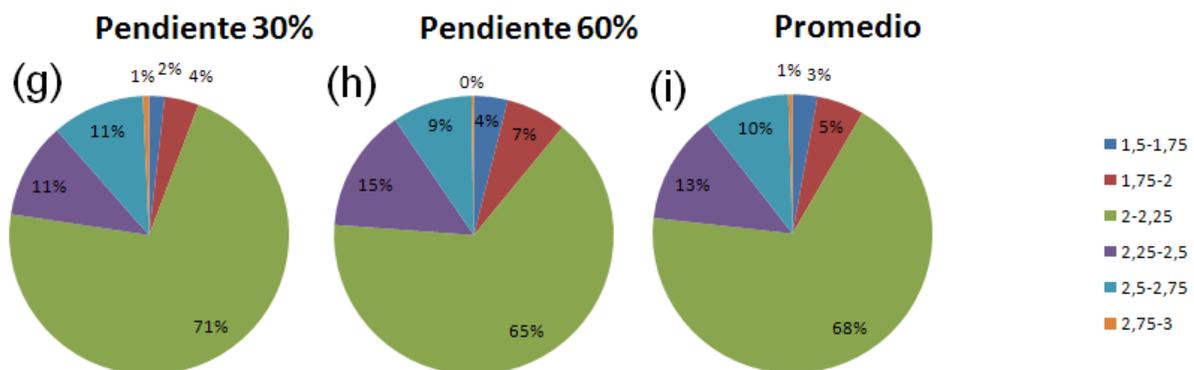


Figura 8. Porcentaje del total por cantidad de piezas y volumen obtenido (m³) para diferentes anchos, largos espesores de la madera aserrada en una plantación de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

En el ancho de las tablas varían los rangos donde se encuentra mayor cantidad de tablas y el más alto porcentaje de volumen, pero no sucede así en cuanto al largo y espesor, ya que estos se encuentran en la misma categoría. Por lo que se puede afirmar que el ancho de la tabla no es proporcional al volumen que se obtendrá, pero sí el largo y el espesor. También, se presentó que no se encuentra la mayor cantidad de tablas ni de volumen en las piezas más grandes; sino que se centran en valores promedios. Así mismo, como era de esperar, hay mayor cantidad de volumen en el sitio con pendiente de 60% que en el de 30%, como ya se había visto anteriormente en el primero se encontró mayor cantidad de trozas.

5.8 Evaluación de la calidad de la madera aserrada en verde según la norma PN INTE 06 – 02 – 07 – 09

Para cada defecto que se evaluó en las tablas se determinó su calidad (Cuadro 8). En la evaluación del alabeo se obtuvo que las tablas se clasificaban en únicamente dos calidades 1 (98% de tablas) y 3 (2% de la tablas). En la evaluación de agujeros, el mayor porcentaje corresponde a la calidad 3 con un 36,92%, sin embargo se presenta un importante porcentaje de piezas rechazadas (32,34%). En el defecto de arista faltante, la calidad 1 fue la que tuvo más cantidad de tablas presentes, con un 95,27%. En la corteza incluida se tiene tablas en las 3 calidades, con mayor porcentaje en la calidad 1. La rajadura tiene más piezas en la calidad 1 y el resto del lote se encuentra rechazado. El grano inclinado solo tiene una calidad la cual es la 1. Las grietas tienen mayor cantidad de piezas en la calidad 1, con 302 tablas en promedio. En relación con las marcas de sierras se tiene que el porcentaje mayor se encuentra en la calidad 1. Se presenta médula incluida en 35 piezas (10,53%) y se tiene un porcentaje de 89,47% en la calidad.1. Los nudos están representados en las 3 calidades, con mayor cantidad en la calidad 2. La mayor cantidad de piezas libres de pudrición se encuentran en la calidad 1, sin embargo, se presentan un porcentaje de 29,02% que muestran pudrición en una parte de la tabla.

Cuadro 8. Calidad de la madera aserrada de *Gmelina arborea* según por defectos de acuerdo con la norma INTE 06 – 07 – 02 – 09. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

| Defecto | Calidad | Pendiente de 30% | | Pendiente de 60% | | Promedio | |
|------------------|---------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
| | | Cantidad de piezas | % de piezas | Cantidad de piezas | % de piezas | Cantidad de piezas | % de piezas |
| Alabeo | 1 | 272,00 | 97,49 | 352,00 | 98,60 | 312,00 | 98,05 |
| | 2 | - | - | - | - | - | - |
| | 3 | 7,00 | 2,51 | 5,00 | 1,40 | 6,00 | 1,95 |
| | R | - | - | - | - | - | - |
| Agujero | 1 | 116,00 | 41,58 | 71,00 | 19,89 | 93,50 | 30,74 |
| | 2 | - | - | - | - | - | - |
| | 3 | 106,00 | 37,99 | 128,00 | 35,85 | 117,00 | 36,92 |
| | R | 57,00 | 20,43 | 158,00 | 44,26 | 107,50 | 32,34 |
| Arista faltante | 1 | 269,00 | 96,42 | 336,00 | 94,12 | 302,50 | 95,27 |
| | 2 | 6,00 | 2,15 | 12,00 | 3,36 | 9,00 | 2,76 |
| | 3 | 4,00 | 1,43 | 9,00 | 2,52 | 6,50 | 1,98 |
| | R | - | - | - | - | - | - |
| Corteza incluida | 1 | 263,00 | 94,27 | 330,00 | 92,44 | 296,50 | 93,35 |
| | 2 | 10,00 | 3,58 | 330,00 | 92,44 | 170,00 | 48,01 |
| | 3 | 6,00 | 2,15 | 330,00 | 92,44 | 168,00 | 47,29 |
| | R | - | - | - | - | - | - |
| Rajadura | 1 | 191,00 | 68,46 | 259,00 | 72,55 | 225,00 | 70,50 |
| | 2 | - | - | - | - | - | - |
| | 3 | - | - | - | - | - | - |
| | R | 88,00 | 31,54 | 98,00 | 27,45 | 93,00 | 29,50 |
| Grano inclinado | 1 | 279,00 | 100,00 | 357,00 | 100,00 | 318,00 | 100,00 |
| | 2 | - | - | - | - | - | - |
| | 3 | - | - | - | - | - | - |
| | R | - | - | - | - | - | - |
| Grietas | 1 | 252,00 | 90,32 | 351,00 | 98,32 | 301,50 | 94,32 |
| | 2 | 21,00 | 7,53 | 6,00 | 1,68 | 13,50 | 4,60 |
| | 3 | 6,00 | 2,15 | - | - | 6,00 | 2,15 |
| | R | - | - | - | - | - | - |
| Marcas de sierra | 1 | 276,00 | 98,92 | 347,00 | 97,20 | 311,50 | 98,06 |
| | 2 | 3,00 | 1,08 | 10,00 | 2,80 | 6,50 | 1,94 |
| | 3 | - | - | - | - | - | - |
| | R | - | - | - | - | - | - |
| Médula incluida | 1 | 257,00 | 92,11 | 310,00 | 86,83 | 283,50 | 89,47 |
| | 2 | - | - | - | - | - | - |
| | 3 | 22,00 | 7,89 | 47,00 | 13,17 | 34,50 | 10,53 |
| | R | - | - | - | - | - | - |

Continuación Cuadro 8.

| | | | | | | | |
|------------------|----------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| Nudos | 1 | 94,00 | 33,69 | 96,00 | 26,89 | 95,00 | 30,29 |
| | 2 | 170,00 | 60,93 | 224,00 | 62,75 | 197,00 | 61,84 |
| | 3 | 15,00 | 5,38 | 37,00 | 10,36 | 26,00 | 7,87 |
| | R | - | - | - | - | - | - |
| Pudrición | 1 | 221,00 | 79,21 | 223,00 | 62,46 | 222,00 | 70,84 |
| | 2 | - | - | - | - | - | - |
| | 3 | 58,00 | 20,79 | 133,00 | 37,25 | 95,50 | 29,02 |
| | R | - | - | 1,00 | 0,28 | 1,00 | 0,28 |

El alabeo es el doblado de los extremos de las tablas en sentido longitudinal y en sentido transversal (PN INTE 06-07-01-08). En algunas piezas estudiadas se presentó un ligero alabeo por lo que clasificó en la clase 3, ya que la norma no permite un alabeo muy pronunciado.

La arista faltante es la falta de madera en una o más esquinas de una pieza de madera (PN INTE 06-07-01-08), la norma no acepta este defecto para la calidad 1, así que todas las piezas deben de estar completas en sus dimensiones. Las piezas que presentaron alabeo en un canto (calidad 2) o máximo en dos (calidad 3) corresponden a un pequeño porcentaje del total y no hubieron piezas rechazadas por este defecto, por lo que no perjudica en la calidad de la tabla.

La corteza incluida se debe por la mala forma de la troza o el mal acomodo para aserrar, en la calidad 1 este defecto no es aceptado y no es tomado en cuenta para la calidad 3, por lo que se puede decir que es castigado muy severamente para la calidad 1. En las tablas evaluadas se obtuvieron representantes en las tres categorías; sin embargo, este defecto no es un elemento por el cual la tabla pueda ser rechazada.

El grano inclinado es la desviación angular que presenta el grano o la orientación de las fibras de la madera con respecto al eje longitudinal de la pieza y por lo general es constante a lo largo de toda esta. Esta inclinación aparece porque, al aserrar la madera, el eje de la pieza forma un ángulo con la orientación de las fibras o también por la presencia de un nudo, que altera la dirección de las fibras, del tronco a su alrededor, pero esta inclinación no es general; sino localizada

(Chan *et al*, 2002). En las tablas clasificadas en este estudio se encontró este defecto; ya que es uno de los defectos que afectan la madera de la melina (Trejos *et al*, 2004), sin embargo no sobrepasó el 10%, por lo que todas ellas son consideradas como calidad 1. Se puede afirmar que los nudos no fueron muy incidentes en la madera aserrada y a la hora de aserrar se acomodó correctamente según las fibras.

Durante el proceso de crecimiento de los árboles pueden crearse estados de esfuerzo interno que ocasiona rajaduras o grietas. Existen controversias en la definición de estos conceptos, particularmente en el nombre que se le da al defecto de rajadura que consiste en la separación de los elementos constitutivos de la madera, cuando atraviesa o no el grosor de la pieza (Chan *et al*, 2002). Las grietas son la abertura producida por la separación de la madera en el sentido longitudinal, que aparece en las caras o superficies de las piezas como resultado de los esfuerzos de secado y las en las quebrantaduras los tejidos de la madera están completamente partidos transversalmente (PN INTE 06-07-01-08). Es importante que la persona que vaya a utilizar el manual para realizar la evaluación de la calidad de la madera comprenda bien la diferencia de estos tres términos. Se observa que la rajadura no se permite por ningún motivo en ninguna en la calidad 1 y para las otras dos (calidades 2 y 3) queda muy abierto al criterio del evaluador definir las dimensiones, ya que solo expresa si son cortas, lo cual es muy variable de una persona a otra.

La marca de sierras son las impresiones de cada una de los cortes de cada cuchilla sobre la superficie de la madera cepillada (PN INTE 06-07-01-08). Este defecto es evaluado únicamente en la calidad 1 ya que en las otras dos no es considerado, porque no es desperfecto que afecte a la resistencia de la madera, sino, solo al acabado.

Cuando la médula queda incluida dentro de una pieza aserrada es considerada como un defecto que representa una zona débil y fácilmente degradable (Chan *et al*, 2002). La médula incluida para la calidad 1 y 2 en la norma para evaluar la calidad de "Madera aserrada para uso general" no es permitida; sin embargo, para

la calidad 3 es aceptada cuando el diámetro no sobrepase el 30% del espesor de la pieza.

Los nudos son quizás el defecto natural más común en la madera. Se le define como el área de tejido leñoso resultante del rastro dejado por el desarrollo de una rama, cuyas características y propiedades son diferentes a las de la madera circundante (Chan *et al*, 2002). Al evaluar los nudos en las tablas medidas en el presente estudio estos están distribuidos en las calidades 1, 2 y 3 y no hay tablas rechazadas, esto porque para cada calidad hay diferentes especificaciones permisibles de los nudos, en cada una de ellas es permitido nudos de diferentes características y dimensiones, sin embargo, los nudos normalmente se presentan en la forma de nudo sano, nudo muerto y agrupados (Chan *et al*, 2002), de los cuales solo son tomados en cuenta en la norma los sanos, tampoco se toma en cuenta la dimensión de estos, únicamente los expresan como pequeños, medianos y grandes, lo cual puede causar incertidumbre porque esto varía dependiendo de la persona que evalúa la pieza. Se separa los nudos pasantes como agujeros, los cuales son permisibles solo en la calidad 3, sin embargo de igual manera no toma en cuenta sus dimensiones.

La pudrición es la descomposición de la madera producida por la acción de hongos y/o bacterias, acompañado de cambios graduales en las características físicas, químicas y mecánicas de la madera (PN INTE 06-07-01-08). La pudrición de madera es uno de los tipos de enfermedades más comunes en los árboles que debilita la madera y puede provocar fracturas en los árboles (Luley, 2006). Este defecto es muy serio porque una pieza podrida en uso estructural puede fallar y provocar algún desastre, por lo únicamente es aceptado en un 10% para la calidad 3, donde se encuentran la mayor cantidad de tablas que presentaron algún tipo de pudrición en este estudio.

Se definió la calidad de la madera según sus defectos, en el Cuadro 9 se presenta un resumen general de las piezas según su calidad o si fueron rechazadas tomando en cuenta todos los defectos. Se presenta igualmente un mayor porcentaje en las piezas rechazadas, cerca del 50% para ambas pendientes

(Figura 10). En la calidad 3 se obtuvo más del 35% de las tablas evaluadas en ambas pendientes. La calidad 1 y 2 fueron las que menos representantes tuvieron en las dos pendientes estudiadas, sin embargo, se puede observar que los porcentajes fueron mayor en la pendiente de 30% (Figura 9).

Cuadro 9. Calidad de la madera aserrada de *Gmelina arborea* según sus defectos de acuerdo con la norma INTE 06 – 07 – 02 – 09. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

| | 30 | 60 |
|--------------|------------|------------|
| 1 | 27 | 8 |
| 2 | 27 | 9 |
| 3 | 100 | 133 |
| R | 125 | 207 |
| Total | 279 | 357 |

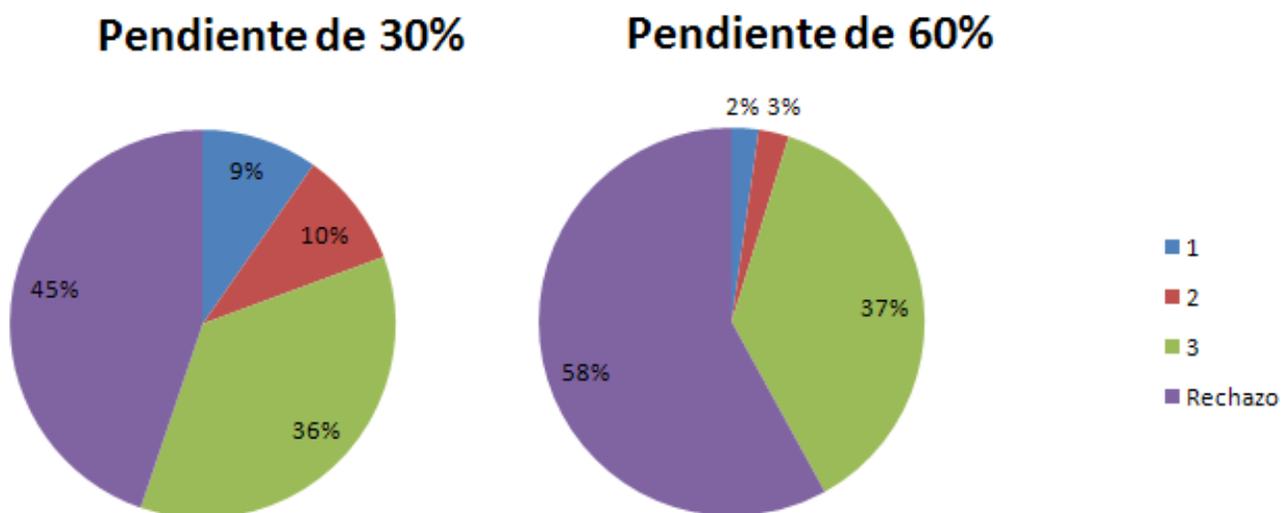


Figura 9. Porcentaje de la calidad de la madera aserrada de *Gmelina arborea* según sus defectos de acuerdo con la norma INTE 06 – 07 – 02 – 09. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica.

La cantidad de piezas rechazadas es muy alta, por lo que sería mejor hacer un reajuste a la norma en los aspectos anteriormente mencionados, sin dejar de lado la calidad necesaria para comercializar un producto que se ajuste a las necesidades del consumidor.

La cantidad de piezas rechazadas es muy alta, por lo que sería mejor hacer un reajuste a la norma en los aspectos anteriormente mencionados, sin dejar de lado la calidad necesaria para comercializar un producto que se ajuste a las necesidades del consumidor.

5.9 Costo de aserrío

Para realizar el cálculo del costo por aserrío se tomaron en cuenta varios rubros tales como, el valor inicial de la sierra el cual es de ¢9 000 000, su vida útil la cual está alrededor de 10 años, el valor de las cinta el cual es de ¢2 000 cada vez que necesita mantenimiento y su vida útil es de aproximadamente 6 horas por día, la capacidad del tanque la cual es de aproximadamente 6 litros, los días de trabajo por años, los cuales se definieron como 200 días laborados, trabajando 8 horas por días, el precio actual de la gasolina (¢720 por litro al día 1 de junio del 2010), el de el aceite de cadena (¢1 100) y el costo de mano de obra por trabajador contratado (¢1 000 por hora), en este caso la finca cuando con dos personas laborando en el proceso de aserrío. Del trabajo realizado en un jornal de 8 horas, se obtuvo que efectivas fueron de 4,45 y el volumen por hora efectiva fue de 4,02 m³. Para calcular el costo de aserrío de las trozas se determinaron los costos fijos, dentro de los que están la depreciación y el costo capital, los cuales dan un total de ¢20 362, 50 (Cuadro 10). Igualmente, se calcularon los costos variables (combustible, depreciación de cinta, mantenimiento y reparación), los cuales suman un total de ¢1 232, 40 por hora efectiva (Cuadro 10) y ¢61,03 por hora programada. Se obtuvo que el costo total por aserrío de metro cúbico es de ¢6 198 por hora programada (13,42 por PMT) y de ¢5 572,80 por hora efectiva (¢12,06 por PMT).

Cuadro 10. Costos fijos, variables y mano de obra utilizados para calcular el costo de aserrío por metro cúbico (m³) por hora programada (h prog).

| Proceso | Tipo de costo | Costo | | Porcentaje del Costo |
|-------------------------|--|--------------------------------------|--|----------------------|
| | | ¢/m ³ por hora programada | \$/m ³ por hora programada* | |
| | Inversión | 6 198,6 | 11,48 | |
| Costos fijos | Depreciación (¢/h prog) | 562,5 | 1,04 | 2,51 |
| | Costo capital (¢/h prog) | 19 800 | 36,67 | 88,3 |
| | Total de fijos | 20 362,5 | 37,71 | |
| Costos variables | Combustible (¢/h efect) | 169,9 | 0,31 | 0,76 |
| | Depreciación de cinta (¢/h efect) | 500 | 0,93 | 2,23 |
| | Mantenimiento y reparación (¢/h efect) | 562,5 | 1,04 | 2,51 |
| | Total costos variables (¢/h efect) | 1 232,4 | 2,28 | |
| Mano de obra | Costo mano de obra (¢/h prog) | 1 000 | 1,85 | 4,46 |
| | Total costo mano de obra (¢/h prog) | 2 000 | 3,7 | |
| | Total | 22 423,53 | 41,53 | 100 |

*Cambio del tipo de dólar a ¢540 al día 1 de junio del 2010.

El costo de aserrío por metro cúbico aserrada en bloque obtenido en este estudio está entre el rango que obtuvo Barrantes (1996) el cual es de 10,46 a 18,01 ¢/PMT, o sea, entre 8,95 y 15,41 \$/m³, para el servicio de aserrío de la madera, la diferencia es que en ese estudio se determinó el costo por clase diamétrica y para efecto de la presente investigación se realizó de manera general.

VI. Conclusiones

- ✓ Los valores dasométricos obtenidos son bajos para la edad de las plantaciones.
- ✓ No existe diferencia significativa entre los valores dasométricos de las dos pendientes.
- ✓ Por árbol se obtiene en promedio tres trozas de diferentes longitudes. Por hectárea se esperan 790 trozas.
- ✓ Desde el volumen total en pie hasta el producto final se obtuvo que se desperdician $173,68 \text{ m}^3$ de madera en el proceso de aserrío, lo cual corresponde a un 78%, esto debido a la alta incidencia de defectos. Así mismo, el volumen aprovechable fue solamente 22%.
- ✓ Se encuentran mayor cantidad de trozas en el rango diamétrico de 20 a 30 cm, con un diámetro promedio de 25,5 cm. También en el rango de 22,5 a 25 cm se encuentra la mayor cantidad de volumen aserrado en tablas, sin embargo la mayor cantidad de tablas está en el parámetro de 15 a 20 cm.
- ✓ El largo que más se utilizó en el troceo de árboles fue el de 2,52 a 2,94 metros (3 a 3,5 varas), ajustándose a las necesidades del mercado y aprovechando al máximo el recurso. Igualmente la mayor cantidad de tablas y volumen se encuentran en este rango.
- ✓ Las tablas aserradas eran de 2,5 cm (1 pulgada) de espesor, sin embargo por descalibrado de la máquina se obtuvo espesores que variaron de 1,5 a 3 cm, la mayor cantidad de tablas, así como de volumen se encontró en la clase de 2 a 2,5.

- ✓ El mal manejo de las plantaciones incide negativamente en el rendimiento volumétrico. Se obtuvo un promedio de 0,14 m³ por troza. El rendimiento promedio por bloque fue de 53,22% y por tablas de 45,88%.
- ✓ En este caso no existe efecto del diámetro en el rendimiento. Ya que se puede encontrar trozas con diámetros muy bajos y altos rendimientos, igualmente sucede al contrario (trozas con diámetros muy altos y bajos rendimientos), esto se debe a la forma y esta sanitario de las trozas principalmente.
- ✓ Los defectos que hicieron que las tablas fueran rechazadas en la evaluación de la madera aserrada fueron: agujeros, rajaduras y pudrición. Se obtiene cerca del 50% de rechazo en tablas para ambas pendientes por los defectos que presenta.
- ✓ Los requerimientos para que los defectos sean aceptados en cualquiera de las tres calidades están de una manera muy general y puede causar confusión de un evaluador a otro.
- ✓ El costo del aserrío en bloque fue de ¢6 198,6 por m³ por hora programada (13,42 por Pulgada Maderera Tica).

VII. Recomendaciones

7.1 A la empresa

- a.** Es conveniente ejecutar un raleo por lo bajo, eliminando el material no deseado para aumentar el rendimiento final de las plantaciones, en aproximadamente un 50%.
- b.** Es más ventajoso si solo se extrae el material con diámetros mayores a 25 cm a 1,3 m sobre el nivel del suelo, además que presenten buena forma, siempre con miras al mercado demandante.
- c.** Realizar una capacitación la personal para que aprendan optimizar el recurso disponible.
- d.** Revisar constantemente el calibrado del aserradero.
- e.** Implementar alguna tecnología donde se pueda hacer uso del material desperdiciado durante todo el proceso, desde la copa del árbol, hasta los residuos que se producen en el aserradero, tal como calentador o calderas, ó bien, comercializar con alguna empresa que se encargue de realizar tableros de partículas, como Durpanel.

7.2 Al Comité Técnico de la norma PN INTE 06-02-07-09

- a.** Se debe incluir un resumen de las terminologías utilizadas en la norma.
- b.** Es necesario agregar instrucciones para utilizar la norma correctamente.
- c.** Es recomendable realizar un análisis de las calidades terminadas por los defectos, en cuanto a las tolerancias permitidas, para disminuir la severidad en el caso de tolerancia de dimensiones, para aumentar en algunos defectos (ej. nudos) o hacer más específico los mínimos permitidos, ya que lo que está expresado en la norma es de una manera muy abierta, lo cual se presta para confusiones, o bien determinar dimensiones.
- d.** No es práctico realizar varias mediciones al ancho, largo y espesor, para solucionar eso se debe de buscar otro método que sea de rápida medición y que con el tiempo la gente que utiliza la norma clasifique más rápido, lo cual se logra por medio de la capacitación del personal.

VIII. Bibliografía

- Arce, H; Barrantes A. 2006. La madera en Costa Rica. Situación actual y perspectivas. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). Oficina Nacional Forestal (ONF). San José, Costa Rica. 22 p.
- Alfaro, M. 2000. Melina, la madera del futuro. Revista Forestal Centroamericana. 29: 34 – 38.
- Arias, G. 2004. Análisis del impacto económico y social de las plantaciones forestales en Costa Rica. Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR). San José, Costa Rica. 22 p.
- Aus der Beek, R; Sáenz, G. 1992. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Silvicultura y manejo de bosques naturales N^o 6. Corporación Suiza al Desarrollo. 48 p.
- Barrantes, A. 2008. El desabastecimiento de madera en Costa Rica: causas, efectos y propuestas de solución. Oficina Nacional Forestal (ONF). San José, Costa Rica. 15 p.
- Barrantes, A; Salazar, G. 2007. Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas 2006. Oficina Nacional Forestal (ONF). San José, Costa Rica. 28 p.
- Barrantes, G. 1996. Rendimiento y rentabilidad del aserrío de madera de *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*, en el aserradero del Centro Agrícola Cantonal de Hojanca. Proyecto de graduación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 79 p.
- Bermúdez, G; et al. 2006. Proceso de aserrío de trozas de diámetros menores de *Gmelina arborea* Roxb., para la producción de madera para la construcción (En línea). Kurú: Revista forestal (Costa Rica) 3 (8). Consultado el 22 may

2010.

Disponible

en:

www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista.../articulo%203.pdf

Bergoeing, J. 1998. Geomorfología de Costa Rica (croquis, estereogramas, cartas, fotos). Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica. 460 p.

Briscoe, C. 1995. Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. CATIE / MADELEÑA. Serie técnica. Informe técnico No. 270. Turrialba, Costa Rica. 43 p.

Burbano, S. s.f. Manual para la estimación del volumen comercial en pie de las Plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb. COSEFORMA-MINAE-GTZ. 31 p.

CATIE. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central. Departamento de recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica. 13 p.

Canessa, E. 2000. Ultraestructura de la pared celular en elementos xilemáticos de melina (*Gmelina arborea*) y su relación con los defectos de secado en esta especie. Estudio realizado para la empresa Maderín Eco. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. CIIBI. s.p.

CCF (Cámara Costarricense Forestal) 2001. (En línea). Oportunidades de Mercadeo y Comercialización Internacional de las Maderas Tropicales y de sus Manufacturas: La experiencia del caso de la melina en Costa Rica y de la Unidad de Comercialización de la CCF. Documento interno no especifica autor. 31 p. Consultado el 20 de may 2010. Disponible en http://documentacion.sirefor.go.cr/archivo/aprovechamiento/estudio_melina.pdf

Chan, M; et al. 2002. Los defectos naturales en la madera aserrada. Ingeniería (6)1: 29 – 38 p.

Cubero, J. A.; Rojas, S. R. 1999. Fijación de carbono en plantaciones de (*Gmelina arborea* Roxb.), teca (*Tectona grandis* L.F.) y pochote (*Bombacopsis*

quinata Jacq.) en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Licenciatura en Ciencias Forestales con énfasis en Desarrollo Forestal. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 95 p.

De Camino, R; Detlefsen, G. 2008. Costa Rica y el Abastecimiento Sostenible Madera: Necesidad de Acciones Decididas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). San José, Costa Rica. 11 p.

Dvorak, W. 2003. World view of *Gmelina arborea*, opportunities and challenges. Recent Advances with *Gmelina arborea* CAMCORE: World View of *Gmelina arborea*: Opportunities & Challenges. North Caroline State University. Raleigh, North Caroline. USA. 18 p.

FAO. 2005. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe subregional Centroamérica y México. (En línea) Consultado el 8 de oct 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/009/j7354s/j7354s10.htm>

González, G; Serrano, R. 2004. Propiedades y utilidades de la madera de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) procedente de árboles plantados en Costa Rica. Nota Técnica. Kurú: Revista Forestal. Costa Rica. 1(1). 9 p.

González, G.; Moya, R. 2003. Ensayos tecnológicos de vigas laminadas de melina. In Seminario: La Industria y la comercialización de productos forestales en Latinoamérica. INISIFOR – UNA., 1, 2002. Heredia, C.R. p. 101-108.

Guerrero, M. 1997. Evaluación de la Densidad y Calidad de Dos Plantaciones de *Gmelina arborea*, en Chachagua y Santa Rosa de Pocosol, Alajuela. Informe de Práctica de Especialidad para optar por el grado de bachillerato. Cartago, CR, ITCR. 57 p.

Herbarios de la Universidad de Antioquia. 2008. Melina – *Gmelina arborea* Roxb. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

- Holdridge, L. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 149 p.
- Hughell, D. 1991. Modelo preliminar para la predicción del rendimiento de *Gmelina arborea* Roxb. En América Central. Silvoenergía (C.R.) No. 44: 1-4.
- INTECO. 2009. Acerca de INTECO. ¿Qué es INTECO? (En línea). INTECO. Consultado el 25 set 2009. Disponible en <http://www.inteco.or.cr/esp/quees.html>
- Lizano, M. 1999. Evaluación de plantaciones de teca y melina en la región Huetar Norte de Costa Rica para ser utilizadas como rodales semilleros. 2º Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. Santo Domingo (R. Dominicana). 18-22 Oct 1999. Turrialba (Costa Rica). 2000 p. 61-63.
- Luley, C. 2006. Identificación del tipo de pudrición de la madera y hongos xilófagos en árboles urbanos (En línea). Arborist News. Consultado el 22 may 2010. Disponible en <http://www.isahispana.com/treecare/articles/decay-fungi.aspx>
- Moraga, R; Baesler, F; Harrison, O. 2000. Sistema de Ingeniería Reversa para el diseño de muebles mediante la utilización de una máquina de medición de coordenadas portátil. (En línea). Maderas: Ciencia y Tecnología. 2 (2): 2000. 38 p. Consultado el 8 oct 2009. Disponible en: <http://zeus.dci.ubiobio.cl/~anantias/silvoanatomia.pdf>
- Moya, R. 2000. Comportamiento y rendimiento en aserrío de trozas de *Terminalia amazonia*. Revista Forestal Centroamericana 29(1): 14 – 19 p.
- Moya, R; et al. 2009. Aprovechamiento e industrialización de árboles de *Alnus acuminata* Kuntz de plantaciones de rápido crecimiento en Costa Rica. 4 p.
- Murillo, O. 1991. Guía Silvicultural de la melina (*Gmelina arborea* Roxb.), especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico. 13 p.

- Murillo, O; Camacho, P. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía Costarricense*. 21(2): 189 – 206 p.
- PN INTE 06 – 07 – 03 – 09, 2008. Madera estructural – Clasificación en grados estructurales para la madera aserrada mediante una evaluación visual. Primera Edición. INTE CTN 06. San José, Costa Rica. 37 p.
- Quirós, R; *et al.* 2005. Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales. *Agronomía Costarricense*. 29(2): 7 – 15 p.
- Quirós, R; *et al.* 2005. Consumo de madera en troza por dos aserraderos portátiles con sierra de banda horizontal. *Agronomía Costarricense*. 29(2): 17 – 25 p.
- Rojas, F; Murillo, O. 2004. Manual para productores de melina en Costa Rica. Cartago. 314 p.
- Rojas, K. 1997. Rendimiento en aserrío, propiedades físico – mecánicas y secado al aire para dos plantaciones de *Gmelina arborea* propiedad de Ston Forestal S. A. Informe de Práctica de Especialidad. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 84 p.
- Salazar, F; Palmer, J. 1984. Tablas de volumen para *Gmelina arborea* Roxb. en Manila de Siquirres., Costa Rica. *Turrialba (C.R.)* 35(4): 425 – 433 p.
- Sanabria, C; Serrano, R. 1993. Rendimiento en aserrío y posibilidades de uso industrial de las trozas del primer raleo de una plantación de laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pavón Oken). *Tecnología en Marcha* 12(2): 37 – 42 p.
- Sanabria, J. 1992. Rendimiento en aserrío y posibilidad de uso industrial del primer raleo de plantaciones de Laurel. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 93 p.
- Sánchez, E. 1997. Análisis económico de la línea de diámetros menores del Aserradero San Gabriel. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago,

- Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. 120 p.
- Sánchez, O. 2005. Uso de las especies en la reforestación en Costa Rica. Ambientico. Revista Mensual sobre la actualidad ambiental. 141 (1): 18 – 19 p.
- Serrano, R. 1991. Tecnologías para el aserrío de trozas de diámetros menores. Tecnología en Marcha 12(1): 89-98 p.
- Sotela, J; Ugalde, S. 2008. Desabastecimiento de madera en Costa Rica perspectiva del sector privado. Cámara Costarricense Forestal (CCF). San José, Costa Rica. 15 p.
- Streets, R.J. 1962. Exotic trees of the British Commonwealth. Oxford, UK: Clarendon Press: 712-725 p.
- Trejos, G; *et al.* 2004. Defectos comunes encontrados en las piezas aserradas y cepilladas de melina (Primera parte). Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 1(2). 4p.
- Trujillo, E. 2005. Plantación forestal: Planeación para el Éxito. (En línea) Revista M&M. El Mueble y la Madera. 51(1). 7 p. Consultado el 19 nov 2009. Disponible en <http://www.revista-mm.com/rev51/forestal.pdf>
- Zavala, D; Hernández, R. 2000. Análisis del rendimiento y utilidad de aserrío de trocería de pino. Madera y Bosques. 6(2): 41 – 55 p.
- Zeledón, D. 2002. Evaluación de las características anatómicas de la madera de Gmelina arborea creciendo en plantaciones de Costa Rica. Informe de Práctica de Especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Esc. de Ing. Forestal y Madrid, ES, Universidad Politécnica de. Esc. Técnica Superior de Ingenieros en Montes. Cátedra de Tecnología de la Madera. 105 p.

Anexos 1

Norma PN INTE 06-02-07-09

INTE CTN 06

Fecha: 2008-11-10

PN INTE 06-02-07-09 Rev 06

Primera Edición

Secretaría: INTECO

Madera aserrada para uso general

CORRESPONDENCIA:

| Contenido | Página |
|-------------------------------------|---------------|
| Prólogo | 79 |
| 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN..... | 81 |
| 2 NORMAS DE REFERENCIA | 81 |
| 3 DEFINICIONES | 81 |
| 4 CLASIFICACION | 82 |
| 5 CORRESPONDENCIA..... | 85 |

Prólogo

El Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, INTECO, es el organismo nacional de normalización, según la Ley 8279 de 2002.

El INTECO es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el periodo de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

Esta norma INTE 06-07-02-08 fue aprobada por el Comisión Nacional de Normalización de INTECO el 2008-XX-XX.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se mencionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico.

| MIEMBRO | ORGANIZACIÓN |
|---|-------------------------------------|
| Asdrúbal Segura Rodolfo Granados | Universidad de Costa Rica |
| Alfredo Coto | CFIA |
| Guillermo González | LANAMME |
| Aarón Morales | CCC |
| Sebastián Ugalde | Cámara Costarricense Forestal |
| Roger Moya Roque Freddy Muñoz Acosta | Instituto Tecnológico de Costa Rica |
| Marielos Alfaro Murillo | Universidad Nacional |
| Carlos Wiessel | Central de Servicios Químicos |
| Juan Tuk. | Grupo Xilo |

| | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Mariela Herrera M Eddy Corrales | Amanco Tubosistemas CR |
| Hector A. Martínez | Plywood Costarricense SA |
| Luis Arturo Salazar | Maderas Cultivadas de CR |
| Ronald Ulate | MEIC-ENTE REGULADOR |
| David Rochwerger | Maderas Universales |
| Erick Ulate | Asoc. Consumidores de CR |
| Ramón Ureña Ronald Alvarado | ABONOS AGRO |
| Javier Bonilla | DURPANEL S.A |

Madera aserrada para uso general

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

- 1.1** Esta norma tiene por objeto establecer un sistema de clasificación para la madera aserrada de uso general, donde se define la condición de humedad y tolerancia para la madera y para los defectos el tipo, cantidad, ubicación y magnitud.
- 1.2** Esta norma aplica para madera aserrada de uso general.
- 1.3** Esta norma no aplica para madera aserrada para uso estructural, muebles y molduras, contrachapada y laminada.

NORMAS DE REFERENCIA

INTE 06-07-01-08, “Norma de terminología de maderas”

DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establece, además de las indicadas en INTE 06-07-01-08, las siguientes:

3.1 madera de uso general: se refiere a la madera aserrada que va a ser utilizada en la construcción en general o cualquier otro uso que no sea estructural ni en la fabricación de muebles

3.2 remolinado

Cambio en la dirección de las fibras causado por la cercanía de un nudo, se observa como un veteado.



Figura — Ejemplo de remolinada

3.3 dimensión nominal: es la medida meta que se busca producir durante el proceso de aserrío.

3.4 dimensión real (comercial): es la medida que resulta del cambio de la dimensión nominal debido a la contracción por la pérdida de humedad y del proceso de cepillado.

CLASIFICACION

La madera aserrada para usos generales, se clasifica en tres calidades para madera verde y madera seca (ver tabla 2 y tabla 3).

Clasificación por humedad de la madera:

Tabla 1 — Humedad de la madera

| Tipo | Condición de Humedad |
|--------------|------------------------|
| Madera Verde | Mayor que 19 % |
| Madera Seca | menor o igual que 19 % |

Clasificación por calidad a lo largo de la misma pieza

Tabla 1. Tamaños estándares nominales y mínimos para madera aserrada de uso general.

| Nominal (pulgadas) | Espesor mm | | Nominal (pulgadas) | Ancho mm | |
|-----------------------|------------------|-------|-----------------------|------------------|-------|
| | Mínimo cepillada | | | Mínimo cepillada | |
| | Seca | Verde | | Seca | Verde |
| 19 (3/4) | 16 | 17 | 50 (2) | 38 | 40 |
| 25 (1) | 19 | 20 | 75 (3) | 64 | 65 |
| 31 (1-1/4) | 25 | 26 | 100 (4) | 89 | 90 |
| 38 (1-1/2) | 32 | 33 | 120 (5) | 114 | 117 |
| 50 (2) | 38 | 40 | 150 (6) | 140 | 143 |
| 100 (4) | 89 | 90 | 175 (7) | 165 | 168 |
| | | | 200 (8) | 184 | 190 |
| | | | 225 (9) | 210 | 216 |
| | | | 250 (10) | 235 | 241 |
| | | | 280 (11) | 260 | 267 |
| | | | 300 (12) | 286 | 292 |
| | | | 350 (14) | 337 | 343 |
| | | | 400 (16) | 387 | 394 |

Tabla 2 — Madera Verde

| | Calidad 1 | Calidad 2 | Calidad 3 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Dimensión (Tolerancias) | | | |
| Esesor (menor que 50 mm) | ± 1 mm | ± 1,5 mm | ± 2 mm |

| | Calidad 1 | Calidad 2 | Calidad 3 |
|---|---|--|---|
| Ancho (mayor que 50 mm) | ± 1 mm | ± 1,5 mm | ± 2 mm |
| Longitud | ± 1 % | ± 2 % | ± 3 % |
| Defectos | Calidad 1 | Calidad 2 | Calidad 3 |
| Acebolladura | No se permite | No se permite | No se permite |
| Alabeo | No se permite | No se permite | Ligero y mediano |
| Agujero | No se permite | No se permite | Máximo 2 por metro lineal |
| Arista faltante | No se permite | Pequeña: máximo en un canto | Pequeña: máximo en 2 cantos Mediana: máximo en un canto |
| Bolsas de resina | Pequeñas: máximo 1 por metro lineal | Pequeñas: no se consideran Medianas: máximo 1 por metro lineal | No se considera |
| Cepillado desgarrado | No se permite | No se permite | Se permite en máximo 10 % de las piezas del lote |
| Corteza incluida | No se permite | Pequeña: en una de las superficies de la pieza. | Pequeña: no se considera Grande: en una de las superficies de la pieza |
| Quebrantadura | No se permite | No se permite | No se permite |
| Grano inclinado (el característico de la especie no se tiene en cuenta) | Con máximo 8 % de desviación | Con máximo 12 % de desviación. | Con una desviación máxima de 25 % |
| Grietas | Cortas superficiales: máximo 5 por metro lineal | Cortas y medianas superficiales: No se consideran. Cortas y medianas profundas: máximo 5 por metro lineal | Cortas y medianas: no se consideran. Largas: máximo 5 por metro lineal |
| Manchas | No se permiten | Hasta en 1/3 de la superficie de la pieza en máximo 5 % de las piezas del lote. | No se consideran |

| | Calidad 1 | Calidad 2 | Calidad 3 |
|-----------------------|---|---|---|
| Marcas de sierra | No se permiten | Las superficies no se consideran. | No se consideran |
| Medidas insuficientes | 3 % en el espesor y 2 % en el ancho en máximo 10 % de las piezas del lote. | 10 % en el espesor y 3 % en el ancho en máximo 10 % de las piezas del lote. | 10 % en el espesor y 3 % en el ancho en máximo 10 % de las piezas del lote. |
| Medula incluida | No se permite | No se permite | Cuando el diámetro no sobrepase el 30% del espesor de la pieza. |
| Nudos | Pequeños, sanos y firmes: máximo 1 por metro lineal | Pequeños, sanos y firmes: No se consideran Medianos, sanos y firmes: máximo 2 por metro lineal | Pequeños, medianos y grandes, sanos y firmes: no se consideran. Pequeños no sanos y flojos: máximo 2 por metro lineal. |
| Pudrición | No se permite | No se permite | En un área concentrada igual a máximo el 10 % de la superficie de la pieza. |
| Rajaduras | No se permiten | Cortas: Únicamente en los extremos | Cortas: no se consideran. Medianas: Únicamente en los extremos |
| Remolinado | Pequeño: máximo 1 por metro lineal | Pequeño: no se considera Mediano: máximo dos por metro lineal | Pequeño, mediano y grande: no se consideran |
| Taladrado | Pequeño: máximo 10 por metro lineal | Pequeño: máximo 20 por metro lineal Grande: máximo 3 por metro lineal | Pequeño: no se considera Grande: máximo 5 por metro lineal. |

Nota: las piezas deben ser observadas por la cara de mayores defectos.

IDENTIFICACIÓN DE CALIDAD

Una clasificación genérica que indicará en un código alfanumérico la descripción de la madera de la siguiente manera:

Tipo

Seca (S)

Cepillada (C)

Verde (V)

Uso

General (G)

Estructural (E)

Calidad

Calidad uno (1)

Calidad dos (2)

Calidad tres (3)

Plus

Acabada (A)

Preservado (P)

Lijado (L)

Especie: se debe de indicar el nombre completo de la especie utilizada y sus dimensiones.

CG1P – Pino caribea 1"x8"x4 m

CORRESPONDENCIA



Anexo 2

Datos de campo

Cuadro 1. Parámetros dasométricos de la plantación con pendiente de 30% de *Gmelina arborea*.
Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica. 2010.

| Parcela | Subparcela | Árbol | Diámetro (cm) | d sin cort (cm)* | h total (m)* | h comercial (m) | Nº trozas |
|---------|------------|-------|---------------|------------------|--------------|-----------------|-----------|
| 1 | 1 | 1 | 31 | 29 | 17 | 11 | 4 |
| 1 | 1 | 2 | 32 | 30 | 15 | 12 | 3 |
| 1 | 1 | 3 | 34 | 32 | 15 | 8 | 3 |
| 1 | 1 | 4 | 27 | 25 | 8 | 5 | 2 |
| 1 | 1 | 5 | 34 | 32 | 18 | 12 | 4 |
| 1 | 1 | 6 | 38 | 36 | 15 | 12 | 4 |
| 1 | 1 | 7 | 37 | 35 | 10 | 5 | 2 |
| 1 | 2 | 1 | 44 | 42 | 16 | 10 | 3 |
| 1 | 2 | 2 | 25 | 23 | 10 | 5 | 2 |
| 1 | 2 | 3 | 34 | 32 | 15 | 11 | 3 |
| 1 | 2 | 4 | 25 | 23 | 15 | 8 | 3 |
| 1 | 2 | 5 | 27 | 25 | 14 | 9 | 3 |
| 1 | 2 | 6 | 24 | 22 | 17 | 9 | 3 |
| 1 | 2 | 7 | 27 | 25 | 15 | 6 | 2 |
| 1 | 2 | 8 | 35 | 33 | 15 | 9 | 3 |
| 1 | 3 | 1 | 32 | 30 | 15 | 9 | 3 |
| 1 | 3 | 2 | 25 | 23 | 15 | 9 | 3 |
| 1 | 3 | 3 | 32 | 30 | 14 | 6 | 2 |
| 1 | 4 | 1 | 31 | 29 | 12 | 6 | 1 |
| 1 | 4 | 2 | 26 | 24 | 15 | 9 | 3 |
| 1 | 4 | 3 | 40 | 38 | 18 | 14 | 4 |
| 1 | 4 | 4 | 35 | 33 | 16 | 14 | 4 |
| 1 | 4 | 5 | 26 | 24 | 10 | 8 | 2 |
| 1 | 4 | 6 | 25 | 23 | 10 | 6 | 2 |
| 1 | 4 | 7 | 38 | 36 | 18 | 12 | 4 |
| 1 | 4 | 8 | 24 | 22 | 10 | 5 | 2 |
| 1 | 4 | 9 | 28 | 26 | 18 | 12 | 4 |

*Diámetro sin corteza (cm) a 1,3 del nivel del suelo

*Altura total

Cuadro 2. Parámetros dasométricos de la plantación con pendiente de 60% de *Gmelina arborea*.
Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica. 2010.

| Parcela | Subparcela | Árbol | Diámetro (cm) | d sin cort (cm)* | h total (m)* | h comercial (m) | Nº trozas |
|---------|------------|-------|---------------|------------------|--------------|-----------------|-----------|
| 2 | 1 | 1 | 39 | 37 | 18 | 15 | 4 |
| 2 | 1 | 2 | 25 | 23 | 15 | 9 | 3 |
| 2 | 1 | 3 | 33 | 31 | 18 | 15 | 4 |
| 2 | 1 | 4 | 21 | 19 | 10 | 6 | 2 |
| 2 | 1 | 5 | 37 | 35 | 18 | 12 | 4 |
| 2 | 1 | 6 | 22 | 20 | 12 | 7 | 2 |
| 2 | 1 | 7 | 44 | 42 | 16 | 9 | 2 |
| 2 | 1 | 8 | 33 | 31 | 15 | 9 | 3 |
| 2 | 1 | 9 | 30 | 28 | 12 | 9 | 3 |
| 2 | 1 | 10 | 29 | 27 | 15 | 9 | 3 |
| 2 | 1 | 11 | 28 | 26 | 12 | 8 | 2 |
| 2 | 1 | 12 | 32 | 30 | 16 | 10 | 3 |
| 2 | 1 | 13 | 38 | 36 | 18 | 16 | 4 |
| 2 | 1 | 14 | 32 | 30 | 15 | 9 | 2 |
| 2 | 2 | 1 | 33 | 31 | 16 | 9 | 3 |
| 2 | 2 | 2 | 28 | 26 | 18 | 11 | 4 |
| 2 | 2 | 3 | 28 | 26 | 15 | 9 | 3 |
| 2 | 2 | 4 | 36 | 34 | 18 | 12 | 4 |
| 2 | 2 | 5 | 27 | 25 | 15 | 5 | 2 |
| 2 | 2 | 6 | 34 | 32 | 15 | 9 | 2 |
| 2 | 2 | 7 | 28 | 26 | 12 | 8 | 2 |
| 2 | 3 | 1 | 34 | 32 | 18 | 10 | 3 |
| 2 | 3 | 2 | 31 | 29 | 18 | 10 | 4 |
| 2 | 3 | 3 | 34 | 32 | 17 | 10 | 3 |
| 2 | 4 | 1 | 33 | 31 | 17 | 9 | 3 |
| 2 | 4 | 2 | 38 | 36 | 18 | 9 | 5 |
| 2 | 4 | 3 | 25 | 23 | 12 | 6 | 2 |
| 2 | 4 | 4 | 38 | 36 | 12 | 8 | 2 |
| 2 | 4 | 5 | 32 | 30 | 20 | 15 | 5 |
| 2 | 4 | 6 | 23 | 21 | 12 | 6 | 2 |

*Diámetro sin corteza (cm) a 1,3 del nivel del suelo

*Altura total

Cuadro 3. Valores de las trozas aserradas de la pendiente de 30% de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica. 2010.

| Árbol | Nº Trozas | Cara 1 | | Cara 2 | | d (cm) | Largo (varas) | Bloque | # Tablas | Volumen (m ³) Troza | Volumen (m ³) Bloque | |
|-------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|---------------|--------|----------|---------------------------------|----------------------------------|----------|
| | | d ₁ | d ₂ | d ₁ | d ₂ | | | | | | | |
| 11 | 1 | 37 | 36 | 26 | 26 | 31,25 | 3 | 18 | 19 | 7 | 0,198736759 | 0,086184 |
| 11 | 2 | 24 | 24 | 26 | 25 | 24,75 | 2 | 18 | 18 | 7 | 0,080899938 | 0,054432 |
| 13 | 1 | 35 | 38 | 27 | 28 | 32 | 2,5 | 19 | 20 | 8 | 0,172231927 | 0,0798 |
| 14 | 1 | 24 | 23 | 27 | 27 | 25,25 | 2,5 | 16 | 18 | 6 | 0,105660597 | 0,06048 |
| 14 | 2 | 25 | 24 | 23 | 23 | 23,75 | 2 | 15 | 15 | 6 | 0,074500514 | 0,0378 |
| 15 | 1 | 29 | 30 | 27 | 29 | 28,75 | 3 | 18 | 18 | 7 | 0,163704859 | 0,081648 |
| 15 | 2 | 30 | 30 | 36 | 37 | 33,25 | 3 | 24 | 23 | 9 | 0,220903836 | 0,139104 |
| 15 | 3 | 26 | 26 | 26 | 27 | 26,25 | 2,5 | 18 | 20 | 7 | 0,113659877 | 0,0756 |
| 16 | 1 | 42 | 37 | 30 | 30 | 34,75 | 4 | 23 | 23 | 9 | 0,32462234 | 0,177744 |
| 16 | 2 | 3 | 33 | 26 | 25 | 21,75 | 3 | 20 | 18 | 8 | 0,096411944 | 0,09072 |
| 21 | 1 | 30 | 31 | 37 | 36 | 33,5 | 4 | 20 | 23 | 8 | 0,298529842 | 0,15456 |
| 21 | 2 | 48 | 45 | 36 | 36 | 41,25 | 3 | 28 | 31 | 12 | 0,342229003 | 0,218736 |
| 21 | 3 | 28 | 29 | 30 | 32 | 29,75 | 3 | 23 | 23 | 9 | 0,175481119 | 0,133308 |
| 23 | 1 | 26 | 27 | 33 | 30 | 29 | 4 | 20 | 15 | 5 | 0,223584008 | 0,1008 |
| 23 | 2 | 23 | 28 | 23 | 25 | 24,75 | 3 | 18 | 18 | 7 | 0,121349907 | 0,081648 |
| 24 | 1 | 20 | 22 | 21 | 24 | 21,75 | 3 | 15 | 12 | 4 | 0,09374002 | 0,04536 |
| 24 | 2 | 26 | 28 | 23 | 20 | 24,25 | 3 | 18 | 15 | 6 | 0,117886301 | 0,06804 |
| 28 | 1 | 27 | 27 | 31 | 28 | 28,25 | 3 | 18 | 18 | 7 | 0,15826205 | 0,081648 |
| 28 | 2 | 30 | 30 | 41 | 40 | 35,25 | 3 | 23 | 21 | 8 | 0,251383568 | 0,121716 |
| 31 | 1 | 24 | 24 | 24 | 36 | 27 | 3 | 15 | 17 | 6 | 0,146065209 | 0,06426 |
| 31 | 2 | 22 | 20 | 21 | 21 | 21 | 2,5 | 13 | 16 | 5 | 0,072735724 | 0,04368 |
| 31 | 3 | 20 | 20 | 23 | 23 | 21,5 | 2 | 15 | 13 | 5 | 0,061289331 | 0,03276 |
| 33 | 1 | 29 | 27 | 26 | 29 | 27,75 | 2,5 | 18 | 17 | 5 | 0,1270195 | 0,06426 |
| 33 | 2 | 25 | 20 | 23 | 28 | 24 | 4 | 16 | 15 | 4 | 0,15259658 | 0,08064 |
| 33 | 3 | 22 | 21 | 24 | 25 | 23 | 3 | 18 | 18 | 6 | 0,105145179 | 0,081648 |
| 42 | 1 | 20 | 21 | 31 | 28 | 25 | 3 | 17 | 13 | 5 | 0,127708098 | 0,055692 |
| 42 | 2 | 21 | 20 | 18 | 18 | 19,25 | 3 | 13 | 13 | 4 | 0,073651105 | 0,042588 |
| 43 | 1 | 24 | 25 | 29 | 26 | 26 | 4 | 18 | 15 | 6 | 0,178985958 | 0,09072 |
| 43 | 2 | 29 | 31 | 34 | 33 | 31,75 | 3 | 23 | 23 | 8 | 0,200122201 | 0,133308 |
| 43 | 3 | 41 | 42 | 31 | 32 | 36,5 | 3 | 24 | 28 | 12 | 0,268627378 | 0,169344 |
| 44 | 1 | 30 | 31 | 26 | 27 | 28,5 | 3 | 29 | 29 | 6 | 0,161552475 | 0,211932 |
| 44 | 2 | 23 | 24 | 24 | 25 | 24 | 3 | 18 | 18 | 7 | 0,114051594 | 0,081648 |
| 44 | 3 | 24 | 21 | 20 | 19 | 21 | 3 | 14 | 13 | 4 | 0,087728189 | 0,045864 |
| 44 | 4 | 40 | 33 | 32 | 29 | 33,5 | 3 | 20 | 23 | 8 | 0,223897381 | 0,11592 |
| 44 | 5 | 27 | 26 | 25 | 24 | 25,5 | 3 | 18 | 18 | 7 | 0,12889562 | 0,081648 |
| 45 | 1 | 23 | 22 | 23 | 26 | 23,5 | 3 | 16 | 12 | 4 | 0,109499427 | 0,048384 |

Continuación Cuadro 3

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|----|----|----|-------|-----|----|----|---|-------------|----------|
| 45 | 2 | 19 | 20 | 21 | 21 | 20,25 | 3 | 15 | 15 | 4 | 0,081271038 | 0,0567 |
| 47 | 1 | 30 | 33 | 26 | 29 | 29,5 | 3 | 20 | 19 | 7 | 0,173031855 | 0,09576 |
| 47 | 2 | 41 | 46 | 32 | 30 | 37,25 | 3 | 23 | 23 | 9 | 0,282358101 | 0,133308 |
| 49 | 1 | 21 | 20 | 24 | 24 | 22,25 | 3 | 14 | 15 | 5 | 0,098589068 | 0,05292 |
| 49 | 2 | 18 | 19 | 20 | 21 | 19,5 | 2 | 14 | 13 | 5 | 0,050304752 | 0,030576 |
| 49 | 3 | 20 | 19 | 17 | 19 | 18,75 | 3 | 11 | 10 | 4 | 0,069692699 | 0,02772 |
| 49 | 4 | 23 | 23 | 29 | 31 | 26,5 | 3 | 18 | 18 | 7 | 0,141414081 | 0,081648 |
| 11 | 3 | 19 | 20 | 21 | 21 | 20,25 | 3 | 13 | 13 | - | 0,081271038 | 0,042588 |
| 11 | 4 | 20 | 21 | 24 | 24 | 22,25 | 3 | 14 | 14 | - | 0,098589068 | 0,049392 |
| 12 | 1 | 25 | 23 | 25 | 21 | 23,5 | 4 | 19 | 20 | - | 0,145801315 | 0,12768 |
| 12 | 2 | 25 | 27 | 25 | 24 | 25,25 | 3 | 16 | 16 | - | 0,126297915 | 0,064512 |
| 12 | 3 | 21 | 22 | 19 | 20 | 20,5 | 3 | 15 | 15 | - | 0,083373942 | 0,0567 |
| 12 | 4 | 25 | 23 | 21 | 22 | 22,75 | 3 | 15 | 15 | - | 0,102745395 | 0,0567 |
| 13 | 2 | 25 | 23 | 28 | 28 | 26 | 2 | 15 | 15 | - | 0,089723886 | 0,0378 |
| 14 | 3 | 23 | 26 | 20 | 20 | 22,25 | 3 | 15 | 12 | - | 0,098984909 | 0,04536 |
| 16 | 3 | 26 | 24 | 36 | 24 | 27,5 | 3 | 15 | 18 | - | 0,150914257 | 0,06804 |
| 17 | 1 | 36 | 36 | 35 | 33 | 35 | 3 | 22 | 22 | - | 0,242650333 | 0,121968 |
| 22 | 1 | 22 | 19 | 16 | 19 | 19 | 3 | 10 | 10 | - | 0,071894562 | 0,0252 |
| 22 | 2 | 26 | 27 | 21 | 19 | 23,25 | 3 | 13 | 12 | - | 0,109078846 | 0,039312 |
| 23 | 3 | 43 | 35 | 30 | 31 | 34,75 | 4 | 22 | 20 | - | 0,323434818 | 0,14784 |
| 25 | 1 | 22 | 23 | 28 | 28 | 25,25 | 3 | 15 | 17 | - | 0,127683358 | 0,06426 |
| 25 | 2 | 22 | 21 | 24 | 22 | 22,25 | 3 | 15 | 15 | - | 0,098094267 | 0,0567 |
| 25 | 3 | 19 | 19 | 22 | 20 | 20 | 3 | 14 | 13 | - | 0,079366055 | 0,045864 |
| 26 | 1 | 21 | 20 | 20 | 20 | 20,25 | 3 | 13 | 13 | - | 0,081172078 | 0,042588 |
| 26 | 2 | 20 | 22 | 19 | 16 | 19,25 | 2,5 | 13 | 13 | - | 0,061623322 | 0,03549 |
| 26 | 3 | 28 | 26 | 20 | 19 | 23,25 | 2,5 | 18 | 18 | - | 0,091476306 | 0,06804 |
| 27 | 1 | 20 | 21 | 23 | 23 | 21,75 | 3 | 14 | 14 | - | 0,09393794 | 0,049392 |
| 27 | 2 | 31 | 31 | 23 | 23 | 27 | 3 | 17 | 15 | - | 0,147450651 | 0,06426 |
| 28 | 3 | 22 | 32 | 29 | 29 | 28 | 2,5 | 13 | 20 | - | 0,129472887 | 0,0546 |
| 31 | 4 | 24 | 25 | 29 | 33 | 27,75 | 3 | 18 | 18 | - | 0,154501563 | 0,081648 |
| 32 | 1 | 30 | 25 | 19 | 22 | 24 | 3 | 15 | 15 | - | 0,116426638 | 0,0567 |
| 32 | 2 | 21 | 20 | 18 | 20 | 19,75 | 3 | 10 | 14 | - | 0,077312632 | 0,03528 |
| 33 | 4 | 36 | 32 | 24 | 29 | 30,25 | 3 | 18 | 20 | - | 0,183892733 | 0,09072 |
| 41 | 1 | 23 | 21 | 25 | 24 | 23,25 | 3 | 15 | 15 | - | 0,107297563 | 0,0567 |
| 41 | 2 | 26 | 21 | 26 | 23 | 24 | 2 | 15 | 15 | - | 0,076034396 | 0,0378 |
| 43 | 4 | 31 | 32 | 28 | 28 | 29,75 | 3 | 18 | 20 | - | 0,175777999 | 0,09072 |
| 43 | 5 | 20 | 20 | 25 | 24 | 22,25 | 3 | 14 | 15 | - | 0,098984909 | 0,05292 |
| 46 | 1 | 20 | 19 | 20 | 20 | 19,75 | 2,5 | 13 | 14 | - | 0,064344726 | 0,03822 |
| 46 | 2 | 23 | 24 | 31 | 38 | 29 | 3 | 15 | 13 | - | 0,172438094 | 0,04914 |
| 47 | 3 | 25 | 28 | 25 | 24 | 25,5 | 4 | 15 | 17 | - | 0,171860826 | 0,08568 |

Continuación Cuadro 3

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|----|----|----|-------|---|----|----|---|-------------|----------|
| 48 | 1 | 24 | 28 | 18 | 19 | 22,25 | 3 | 13 | 14 | - | 0,100766192 | 0,045864 |
|----|---|----|----|----|----|-------|---|----|----|---|-------------|----------|

Cuadro 4. Valores de las trozas aserradas de la pendiente de 60% de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica. 2010.

| Árbol | Nº Trozas | Cara 1 | | Cara 2 | | d (cm) | Largo (varas) | Bloque | # Tablas | Volumen (m ³) Troza | Volumen (m ³) Bloque | |
|-------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|---------------|--------|----------|---------------------------------|----------------------------------|----------|
| | | d ₁ | d ₂ | d ₁ | d ₂ | | | | | | | |
| 11 | 1 | 33 | 32 | 33 | 30 | 32 | 3 | 23 | 20 | 8 | 0,202719905 | 0,11592 |
| 11 | 2 | 26 | 25 | 23 | 23 | 24,25 | 3 | 15 | 15 | 6 | 0,116698779 | 0,0567 |
| 11 | 3 | 24 | 24 | 31 | 29 | 27 | 3 | 18 | 15 | 6 | 0,146065209 | 0,06804 |
| 11 | 4 | 41 | 50 | 32 | 34 | 39,25 | 4 | 25 | 23 | 10 | 0,416853217 | 0,1932 |
| 12 | 1 | 18 | 21 | 18 | 17 | 18,5 | 2,5 | 11 | 11 | 5 | 0,056613463 | 0,02541 |
| 12 | 2 | 18 | 20 | 17 | 27 | 20,5 | 3 | 15 | 14 | 5 | 0,083621342 | 0,05292 |
| 13 | 1 | 24 | 25 | 28 | 28 | 26,25 | 3 | 18 | 18 | 7 | 0,136985613 | 0,081648 |
| 13 | 2 | 35 | 36 | 26 | 26 | 30,75 | 4 | 19 | 21 | 8 | 0,255482169 | 0,134064 |
| 14 | 1 | 18 | 27 | 24 | 16 | 21,25 | 2 | 15 | 11 | 5 | 0,059788435 | 0,02772 |
| 14 | 2 | 21 | 15 | 17 | 15 | 17 | 3 | 14 | 8 | 4 | 0,057396898 | 0,028224 |
| 15 | 1 | 21 | 20 | 24 | 23 | 22 | 3 | 13 | 14 | 5 | 0,096238764 | 0,045864 |
| 15 | 2 | 21 | 19 | 19 | 18 | 19,25 | 2 | 12 | 12 | 5 | 0,04896879 | 0,024192 |
| 16 | 1 | 18 | 23 | 17 | 21 | 19,75 | 3 | 15 | 13 | 5 | 0,077312632 | 0,04914 |
| 16 | 2 | 19 | 15 | 16 | 15 | 16,25 | 3 | 8 | 12 | 4 | 0,052374669 | 0,024192 |
| 17 | 1 | 37 | 38 | 33 | 33 | 35,25 | 2,5 | 28 | 24 | 8 | 0,205775301 | 0,14112 |
| 17 | 2 | 43 | 49 | 39 | 37 | 42 | 3 | 28 | 28 | 10 | 0,3522982 | 0,197568 |
| 18 | 1 | 28 | 20 | 24 | 23 | 23,75 | 3 | 18 | 15 | 3 | 0,11165181 | 0,06804 |
| 18 | 2 | 30 | 25 | 27 | 21 | 25,75 | 3 | 14 | 15 | 6 | 0,131839685 | 0,05292 |
| 18 | 3 | 29 | 26 | 43 | 34 | 33 | 3 | 23 | 17 | 10 | 0,221522337 | 0,098532 |
| 19 | 1 | 25 | 22 | 23 | 20 | 22,5 | 2 | 12 | 12 | 5 | 0,066930061 | 0,024192 |
| 19 | 2 | 20 | 20 | 25 | 22 | 21,75 | 3 | 14 | 12 | 4 | 0,094234821 | 0,042336 |
| 19 | 3 | 35 | 30 | 24 | 26 | 28,75 | 4 | 16 | 16 | 6 | 0,221835711 | 0,086016 |
| 110 | 1 | 29 | 22 | 30 | 33 | 28,5 | 3 | 18 | 20 | 6 | 0,162542077 | 0,09072 |
| 110 | 2 | 29 | 21 | 26 | 18 | 23,5 | 2,5 | 13 | 15 | 5 | 0,091455689 | 0,04095 |
| 110 | 3 | 23 | 17 | 27 | 18 | 21,25 | 3 | 14 | 14 | 6 | 0,089682653 | 0,049392 |
| 112 | 1 | 27 | 31 | 28 | 29 | 28,75 | 3 | 21 | 18 | 8 | 0,163605899 | 0,095256 |
| 112 | 2 | 22 | 21 | 22 | 23 | 22 | 3 | 15 | 12 | 5 | 0,095842923 | 0,04536 |
| 112 | 3 | 28 | 28 | 22 | 23 | 25,25 | 3 | 16 | 15 | 6 | 0,127683358 | 0,06048 |
| 114 | 1 | 27 | 27 | 25 | 23 | 25,5 | 4 | 15 | 15 | 5 | 0,172190693 | 0,0756 |
| 114 | 2 | 32 | 37 | 27 | 26 | 30,5 | 3 | 20 | 20 | 7 | 0,187282119 | 0,1008 |
| 21 | 1 | 25 | 33 | 27 | 28 | 28,25 | 3 | 18 | 20 | 7 | 0,158064129 | 0,09072 |

Continuación Cuadro 4

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----|----|----|----|-------|-----|----|----|----|-------------|----------|
| 21 | 2 | 28 | 28 | 24 | 25 | 26,25 | 3 | 16 | 17 | 7 | 0,136985613 | 0,068544 |
| 21 | 3 | 21 | 23 | 25 | 24 | 23,25 | 3 | 14 | 15 | 6 | 0,107297563 | 0,05292 |
| 22 | 1 | 30 | 34 | 23 | 28 | 28,75 | 3 | 18 | 20 | 5 | 0,165684062 | 0,09072 |
| 22 | 2 | 27 | 24 | 23 | 26 | 25 | 3 | 18 | 14 | 6 | 0,123749691 | 0,063504 |
| 22 | 3 | 20 | 19 | 22 | 21 | 20,5 | 2,5 | 15 | 12 | 5 | 0,069478285 | 0,0378 |
| 22 | 4 | 19 | 19 | 19 | 20 | 19,25 | 2 | 13 | 13 | 5 | 0,048902817 | 0,028392 |
| 23 | 1 | 25 | 25 | 32 | 31 | 28,25 | 3 | 18 | 15 | 6 | 0,160043333 | 0,06804 |
| 23 | 2 | 22 | 23 | 19 | 21 | 21,25 | 2,5 | 11 | 10 | 3 | 0,074735544 | 0,0231 |
| 24 | 1 | 32 | 30 | 29 | 28 | 29,75 | 3 | 20 | 20 | 5 | 0,175481119 | 0,1008 |
| 24 | 2 | 42 | 36 | 32 | 29 | 34,75 | 3 | 20 | 25 | 10 | 0,242576113 | 0,126 |
| 24 | 3 | 23 | 22 | 28 | 30 | 25,75 | 3 | 15 | 16 | 6 | 0,133324087 | 0,06048 |
| 26 | 1 | 34 | 41 | 29 | 34 | 34,5 | 3 | 23 | 23 | 6 | 0,237355964 | 0,133308 |
| 26 | 2 | 53 | 42 | 40 | 34 | 42,25 | 3 | 30 | 28 | 11 | 0,358755351 | 0,21168 |
| 27 | 1 | 19 | 23 | 23 | 21 | 21,5 | 3 | 12 | 15 | 5 | 0,091538156 | 0,04536 |
| 27 | 2 | 21 | 22 | 24 | 18 | 21,25 | 3 | 16 | 17 | 7 | 0,089385772 | 0,068544 |
| 32 | 1 | 23 | 21 | 20 | 21 | 21,25 | 3 | 14 | 15 | 5 | 0,089484732 | 0,05292 |
| 32 | 2 | 28 | 24 | 25 | 23 | 25 | 3 | 16 | 15 | 5 | 0,123898131 | 0,06048 |
| 32 | 3 | 26 | 26 | 32 | 30 | 28,5 | 3 | 19 | 19 | 8 | 0,161997796 | 0,090972 |
| 33 | 1 | 19 | 21 | 22 | 22 | 21 | 3 | 15 | 12 | 5 | 0,087480789 | 0,04536 |
| 33 | 2 | 23 | 22 | 25 | 27 | 24,25 | 2 | 14 | 14 | 5 | 0,077997106 | 0,032928 |
| 33 | 3 | 30 | 30 | 27 | 25 | 28 | 2,5 | 18 | 15 | 5 | 0,129967688 | 0,0567 |
| 33 | 4 | 27 | 30 | 39 | 32 | 32 | 2,5 | 19 | 20 | 8 | 0,170912458 | 0,0798 |
| 43 | 1 | 20 | 19 | 21 | 21 | 20,25 | 3 | 13 | 12 | 5 | 0,081271038 | 0,039312 |
| 43 | 2 | 25 | 30 | 21 | 22 | 24,5 | 3 | 15 | 12 | 5 | 0,120582965 | 0,04536 |
| 43 | 3 | 20 | 19 | 20 | 18 | 19,25 | 3 | 13 | 13 | 4 | 0,073354225 | 0,042588 |
| 44 | 1 | 23 | 26 | 24 | 23 | 24 | 3 | 15 | 15 | 6 | 0,114051594 | 0,0567 |
| 44 | 2 | 24 | 24 | 30 | 27 | 26,25 | 3 | 16 | 17 | 6 | 0,137381454 | 0,068544 |
| 44 | 3 | 27 | 30 | 35 | 28 | 30 | 3 | 20 | 21 | 9 | 0,178573624 | 0,10584 |
| 46 | 1 | 27 | 27 | 18 | 19 | 22,75 | 3 | 15 | 12 | 4 | 0,106011081 | 0,04536 |
| 46 | 2 | 20 | 18 | 18 | 18 | 18,5 | 3 | 12 | 12 | 4 | 0,067787715 | 0,036288 |
| 13 | 3 | 23 | 22 | 25 | 22 | 23 | 2 | 15 | 17 | - | 0,069832892 | 0,04284 |
| 15 | 3 | 13 | 30 | 19 | 25 | 21,75 | 3 | 20 | 18 | - | 0,09364106 | 0,09072 |
| 15 | 4 | 16 | 16 | 22 | 23 | 19,25 | 3 | 15 | 13 | - | 0,075432389 | 0,04914 |
| 17 | 3 | 33 | 33 | 33 | 32 | 32,75 | 3 | 22 | 20 | - | 0,212294302 | 0,11088 |
| 23 | 3 | 19 | 21 | 19 | 18 | 19,25 | 3 | 12 | 12 | - | 0,073453185 | 0,036288 |
| 24 | 4 | 23 | 45 | 21 | 22 | 27,75 | 2,5 | 15 | 13 | - | 0,133451911 | 0,04095 |
| 25 | 1 | 24 | 22 | 29 | 25 | 25 | 3 | 18 | 15 | - | 0,124491892 | 0,06804 |
| 26 | 3 | 34 | 29 | 29 | 29 | 30,25 | 2 | 15 | 18 | - | 0,120945819 | 0,04536 |
| 27 | 3 | 18 | 17 | 22 | 21 | 19,5 | 2 | 13 | 11 | - | 0,050700593 | 0,024024 |
| 31 | 1 | 28 | 26 | 28 | 29 | 27,75 | 3 | 18 | 18 | - | 0,15252236 | 0,081648 |

Continuación Cuadro 4

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|----|----|----|-------|-----|----|----|---|-------------|----------|
| 31 | 2 | 27 | 26 | 34 | 23 | 27,5 | 3 | 18 | 15 | - | 0,149875175 | 0,06804 |
| 31 | 3 | 29 | 29 | 39 | 35 | 33 | 3 | 20 | 20 | - | 0,218701973 | 0,1008 |
| 42 | 1 | 18 | 17 | 15 | 18 | 17 | 2 | 13 | 13 | - | 0,038165638 | 0,028392 |
| 45 | 1 | 40 | 41 | 33 | 35 | 37,25 | 3 | 23 | 26 | - | 0,276717371 | 0,150696 |
| 45 | 2 | 30 | 31 | 32 | 31 | 31 | 2,5 | 23 | 23 | - | 0,158542437 | 0,11109 |
| 113 | 1 | 34 | 33 | 17 | 28 | 28 | 4 | 24 | 20 | - | 0,214875513 | 0,16128 |
| 113 | 2 | 16 | 23 | 22 | 19 | 20 | 3 | 15 | 13 | - | 0,079217615 | 0,04914 |
| 113 | 3 | 17 | 18 | 23 | 26 | 21 | 3 | 13 | 15 | - | 0,089707393 | 0,04914 |
| 113 | 4 | 24 | 33 | 43 | 39 | 34,75 | 2,5 | 25 | 23 | - | 0,205610367 | 0,12075 |
| 113 | 5 | 31 | 31 | 29 | 27 | 29,5 | 2,5 | 18 | 15 | - | 0,143904578 | 0,0567 |

Cuadro 5. Dimensiones y volumen de las tablas aserradas y medidas para las dos pendientes estudiadas de *Gmelina arborea*. Hacienda Junquillal, San José, Costa Rica. 2010.

| n* | % | # Tabla | Largo (cm) | Ancho (cm) | Espesor (cm) | Volumen (m ³) | v/troza (m ³)* |
|----|----|---------|------------|------------|--------------|---------------------------|----------------------------|
| 1 | 30 | 1111 | 257,2 | 17,6 | 2 | 0,00905344 | |
| 2 | 30 | 1112 | 258,7 | 17,7 | 2,4 | 0,010989576 | |
| 3 | 30 | 1113 | 259,9 | 17,7 | 2,1 | 0,009660483 | |
| 4 | 30 | 1114 | 260 | 17,7 | 2 | 0,009204 | |
| 5 | 30 | 1115 | 259,3 | 17,3 | 2,1 | 0,009420369 | |
| 6 | 30 | 1116 | 259,3 | 17,6 | 2,7 | 0,012321936 | |
| 7 | 30 | 1117 | 259,8 | 17,7 | 2 | 0,00919692 | 0,069846724 |
| 8 | 30 | 1121 | 169,6 | 17,7 | 2,5 | 0,0075048 | |
| 9 | 30 | 1122 | 169,6 | 17,4 | 2,5 | 0,0073776 | |
| 10 | 30 | 1123 | 168,8 | 18 | 2,1 | 0,00638064 | |
| 11 | 30 | 1124 | 169,4 | 17,9 | 2 | 0,00606452 | |
| 12 | 30 | 1125 | 169,3 | 17,4 | 2,2 | 0,006480804 | |
| 13 | 30 | 1126 | 169,7 | 17,9 | 1,9 | 0,005771497 | |
| 14 | 30 | 1127 | 169,5 | 18 | 2,6 | 0,0079326 | 0,047512461 |
| 15 | 30 | 1311 | 219,4 | 20,2 | 1,6 | 0,007091008 | |
| 16 | 30 | 1312 | 220,4 | 20,4 | 2,1 | 0,009441936 | |
| 17 | 30 | 1313 | 221,2 | 20,3 | 2,1 | 0,009429756 | |
| 18 | 30 | 1314 | 222,3 | 20,3 | 2 | 0,00902538 | |
| 19 | 30 | 1315 | 223,1 | 20,4 | 2,1 | 0,009557604 | |
| 20 | 30 | 1316 | 221,7 | 20,2 | 2 | 0,00895668 | |
| 21 | 30 | 1317 | 222,3 | 20,2 | 1,9 | 0,008531874 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|----|-----------|------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 22 | 30 | 1318 | 222,9 | 20,2 | 2,5 | 0,01125645 | 0,073290688 |
| 23 | 30 | 1411 | 218,8 | 17,6 | 2,2 | 0,008471936 | |
| 24 | 30 | 1412 | 218,4 | 17,6 | 2,2 | 0,008456448 | |
| 25 | 30 | 1413 | 218,4 | 17,6 | 2,2 | 0,008456448 | |
| 26 | 30 | 1414 | 218,4 | 17,5 | 2,1 | 0,0080262 | |
| 27 | 30 | 1415 | 218,2 | 17,7 | 2,2 | 0,008496708 | |
| 28 | 30 | 1416 | 218,8 | 17,5 | 2,8 | 0,0107212 | 0,05262894 |
| 29 | 30 | 1421 | 171 | 15,3 | 2,1 | 0,00549423 | |
| 30 | 30 | 1422 | 170,8 | 15,3 | 2,2 | 0,005749128 | |
| 31 | 30 | 1423 | 170,3 | 15,3 | 2,2 | 0,005732298 | |
| 32 | 30 | 1424 | 170,5 | 15,2 | 2,2 | 0,00570152 | |
| 33 | 30 | 1425 | 170,7 | 15,2 | 1,9 | 0,004929816 | |
| 34 | 30 | 1426 | 170,7 | 15,3 | 2,6 | 0,006790446 | 0,034397438 |
| 35 | 30 | 1511 | 255,4 | 17,7 | 2,1 | 0,009493218 | |
| 36 | 30 | 1512 | 255,7 | 17,7 | 2,3 | 0,010409547 | |
| 37 | 30 | 1513 | 255,2 | 17,8 | 2,1 | 0,009539376 | |
| 38 | 30 | 1514 | 255,4 | 17,7 | 2,1 | 0,009493218 | |
| 39 | 30 | 1515 | 255,6 | 17,7 | 2,1 | 0,009500652 | |
| 40 | 30 | 1516 | 255,6 | 17,7 | 1,9 | 0,008595828 | |
| 41 | 30 | 1517 | 255,4 | 17,7 | 2,4 | 0,010849392 | 0,067881231 |
| 42 | 30 | 1521 | 260,5 | 22,7 | 2,2 | 0,01300937 | |
| 43 | 30 | 1522 | 259,5 | 22,8 | 2,4 | 0,01419984 | |
| 44 | 30 | 1523 | 260,4 | 22,7 | 2,2 | 0,013004376 | |
| 45 | 30 | 1524 | 260 | 22,9 | 2,4 | 0,0142896 | |
| 46 | 30 | 1525 | 260 | 23 | 2 | 0,01196 | |
| 47 | 30 | 1526 | 260,5 | 22,9 | 2 | 0,0119309 | |
| 48 | 30 | 1527 | 206,5 | 22,7 | 2,1 | 0,009843855 | |
| 49 | 30 | 1528 | 260,8 | 22,9 | 2 | 0,01194464 | |
| 50 | 30 | 1529 | 260,5 | 22,9 | 2,5 | 0,014913625 | 0,115096206 |
| 51 | 30 | 1531 | 220 | 20,1 | 2,2 | 0,0097284 | |
| 52 | 30 | 1532 | 220,4 | 20,6 | 2,2 | 0,009988528 | |
| 53 | 30 | 1533 | 219,7 | 20,2 | 2,1 | 0,009319674 | |
| 54 | 30 | 1534 | 220 | 20,3 | 2 | 0,008932 | |
| 55 | 30 | 1535 | 220,1 | 20,2 | 1,7 | 0,007558234 | |
| 56 | 30 | 1536 | 220,4 | 20,3 | 2 | 0,00894824 | |
| 57 | 30 | 1537 | 219,5 | 20,3 | 2,6 | 0,01158521 | 0,066060286 |
| 58 | 30 | 1611 | 334,5 | 22,7 | 2,1 | 0,015945615 | |
| 59 | 30 | 1612 | 334,4 | 22,7 | 2,1 | 0,015940848 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|----|-----------|-------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 60 | 30 | 1613 | 334,5 | 22,8 | 2 | 0,0152532 | |
| 61 | 30 | 1614 | 334 | 22,7 | 2,1 | 0,01592178 | |
| 62 | 30 | 1615 | 334 | 22,7 | 2 | 0,0151636 | |
| 63 | 30 | 1616 | 334,2 | 22,7 | 2,1 | 0,015931314 | |
| 64 | 30 | 1617 | 334,4 | 22,7 | 2,1 | 0,015940848 | |
| 65 | 30 | 1618 | 334,9 | 22,6 | 2 | 0,01513748 | |
| 66 | 30 | 1619 | 334,4 | 22,7 | 2,4 | 0,018218112 | 0,143452797 |
| 67 | 30 | 1621 | 261,2 | 17,7 | 2,1 | 0,009708804 | |
| 68 | 30 | 1622 | 261,2 | 17,7 | 2,2 | 0,010171128 | |
| 69 | 30 | 1623 | 261 | 17,7 | 2,1 | 0,00970137 | |
| 70 | 30 | 1624 | 259 | 17,7 | 2,1 | 0,00962703 | |
| 71 | 30 | 1625 | 259,4 | 17,7 | 2,1 | 0,009641898 | |
| 72 | 30 | 1626 | 259,1 | 17,6 | 2,1 | 0,009576336 | |
| 73 | 30 | 1627 | 260,5 | 17,7 | 2 | 0,0092217 | |
| 74 | 30 | 1628 | 259,8 | 17,8 | 2,4 | 0,011098656 | 0,078746922 |
| 75 | 30 | 2111 | 255,4 | 17,7 | 2,4 | 0,010849392 | |
| 76 | 30 | 2112 | 333,9 | 22,7 | 1,9 | 0,014401107 | |
| 77 | 30 | 2113 | 333,9 | 22,7 | 2,1 | 0,015917013 | |
| 78 | 30 | 2114 | 334 | 22,7 | 2,1 | 0,01592178 | |
| 79 | 30 | 2115 | 333,7 | 22,7 | 2 | 0,01514998 | |
| 80 | 30 | 2116 | 334,3 | 22,7 | 2 | 0,01517722 | |
| 81 | 30 | 2117 | 333,5 | 22,7 | 1,5 | 0,011355675 | |
| 82 | 30 | 2118 | 334 | 22,7 | 2,5 | 0,0189545 | 0,117726667 |
| 83 | 30 | 2121 | 260,7 | 26 | 2 | 0,0135564 | |
| 84 | 30 | 2122 | 262,6 | 28 | 2 | 0,0147056 | |
| 85 | 30 | 2123 | 260,7 | 28 | 2 | 0,0145992 | |
| 86 | 30 | 2124 | 261 | 28 | 2,1 | 0,0153468 | |
| 87 | 30 | 2125 | 260,8 | 28,1 | 2,1 | 0,015389808 | |
| 88 | 30 | 2126 | 260,2 | 27,7 | 2,1 | 0,015135834 | |
| 89 | 30 | 2127 | 260,7 | 28 | 2,2 | 0,01605912 | |
| 90 | 30 | 2128 | 260,2 | 28 | 1,9 | 0,01384264 | |
| 91 | 30 | 2129 | 260,2 | 28 | 2 | 0,0145712 | |
| 92 | 30 | 21210 | 260,5 | 28 | 2 | 0,014588 | |
| 93 | 30 | 21211 | 260,8 | 27,9 | 2 | 0,01455264 | |
| 94 | 30 | 21212 | 260,5 | 28 | 2,5 | 0,018235 | 0,180582242 |
| 95 | 30 | 2131 | 260 | 21,1 | 2,2 | 0,0120692 | |
| 96 | 30 | 2132 | 260,2 | 23 | 2,2 | 0,01316612 | |
| 97 | 30 | 2133 | 258,7 | 23 | 2,2 | 0,01309022 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 98 | 30 | 2134 | 260,3 | 23 | 2,2 | 0,01317118 | |
| 99 | 30 | 2135 | 258 | 22,8 | 2,3 | 0,01352952 | |
| 100 | 30 | 2136 | 260 | 22,8 | 2,1 | 0,0124488 | |
| 101 | 30 | 2137 | 258,1 | 22,8 | 2,2 | 0,012946296 | |
| 102 | 30 | 2138 | 260,5 | 22,8 | 2,5 | 0,0148485 | |
| 103 | 30 | 2139 | 261 | 22,8 | 2,1 | 0,01249668 | 0,117766516 |
| 104 | 30 | 2311 | 335,6 | 20,2 | 2,2 | 0,014914064 | |
| 105 | 30 | 2312 | 334,6 | 20,2 | 2,1 | 0,014193732 | |
| 106 | 30 | 2313 | 334,8 | 20,1 | 1,9 | 0,012786012 | |
| 107 | 30 | 2314 | 335,8 | 20,2 | 2,4 | 0,016279584 | |
| 108 | 30 | 2315 | 337,5 | 20,2 | 2,5 | 0,01704375 | 0,075217142 |
| 109 | 30 | 2321 | 261,7 | 17,6 | 2,2 | 0,010133024 | |
| 110 | 30 | 2322 | 262,2 | 17,6 | 2,3 | 0,010613856 | |
| 111 | 30 | 2323 | 262,7 | 17,6 | 2,5 | 0,0115588 | |
| 112 | 30 | 2324 | 262,3 | 17,5 | 2,1 | 0,009639525 | |
| 113 | 30 | 2325 | 262,6 | 17,7 | 2,3 | 0,010690446 | |
| 114 | 30 | 2326 | 262,7 | 17,6 | 2 | 0,00924704 | |
| 115 | 30 | 2327 | 262,7 | 17,6 | 2,3 | 0,010634096 | 0,072516787 |
| 116 | 30 | 2411 | 265,3 | 15,1 | 2 | 0,00801206 | |
| 117 | 30 | 2412 | 265,5 | 15,1 | 2 | 0,0080181 | |
| 118 | 30 | 2413 | 265,6 | 15,1 | 2 | 0,00802112 | |
| 119 | 30 | 2414 | 265 | 15,1 | 2,2 | 0,0088033 | 0,03285458 |
| 120 | 30 | 2421 | 261,5 | 17,6 | 2 | 0,0092048 | |
| 121 | 30 | 2422 | 261,7 | 17,7 | 2,1 | 0,009727389 | |
| 122 | 30 | 2423 | 261,7 | 17,7 | 2,1 | 0,009727389 | |
| 123 | 30 | 2424 | 262 | 17,6 | 2,2 | 0,01014464 | |
| 124 | 30 | 2425 | 262 | 17,7 | 1,9 | 0,00881106 | |
| 125 | 30 | 2426 | 261,7 | 17,6 | 2,5 | 0,0115148 | 0,059130078 |
| 126 | 30 | 2811 | 220 | 17,6 | 2,1 | 0,0081312 | |
| 127 | 30 | 2812 | 219,5 | 17,5 | 2,1 | 0,008066625 | |
| 128 | 30 | 2813 | 217,5 | 17,6 | 2,1 | 0,0080388 | |
| 129 | 30 | 2814 | 217,8 | 17,5 | 2,1 | 0,00800415 | |
| 130 | 30 | 2815 | 218,7 | 17,6 | 2,1 | 0,008083152 | |
| 131 | 30 | 2816 | 219 | 17,8 | 2 | 0,0077964 | |
| 132 | 30 | 2817 | 219,5 | 17,7 | 2,4 | 0,00932436 | 0,057444687 |
| 133 | 30 | 2821 | 261 | 22,7 | 2,1 | 0,01244187 | |
| 134 | 30 | 2822 | 261 | 23 | 2,1 | 0,0126063 | |
| 135 | 30 | 2823 | 259,7 | 23 | 2,1 | 0,01254351 | |
| 136 | 30 | 2824 | 259,7 | 22,8 | 2 | 0,01184232 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 137 | 30 | 2825 | 259,7 | 23 | 2,1 | 0,01254351 | |
| 138 | 30 | 2826 | 260,3 | 23 | 2,3 | 0,01376987 | |
| 139 | 30 | 2827 | 261 | 22,7 | 2,1 | 0,01244187 | |
| 140 | 30 | 2828 | 260,7 | 22,8 | 2,5 | 0,0148599 | 0,10304915 |
| 141 | 30 | 3111 | 259,7 | 17,7 | 1,9 | 0,008733711 | |
| 142 | 30 | 3112 | 260,4 | 17,7 | 2,4 | 0,011061792 | |
| 143 | 30 | 3113 | 262,3 | 17,7 | 2,1 | 0,009749691 | |
| 144 | 30 | 3114 | 262 | 17,6 | 2,1 | 0,00968352 | |
| 145 | 30 | 3115 | 260,9 | 17,5 | 2,1 | 0,009588075 | |
| 146 | 30 | 3116 | 261,3 | 17,7 | 2,4 | 0,011100024 | 0,059916813 |
| 147 | 30 | 3121 | 219,4 | 15,1 | 2,5 | 0,00828235 | |
| 148 | 30 | 3122 | 219,5 | 15,1 | 2,1 | 0,006960345 | |
| 149 | 30 | 3123 | 219,3 | 15,3 | 2,1 | 0,007046109 | |
| 150 | 30 | 3124 | 219,5 | 15,1 | 2,7 | 0,008949015 | |
| 151 | 30 | 3125 | 219,1 | 15,4 | 2,1 | 0,007085694 | 0,038323513 |
| 152 | 30 | 3131 | 167,5 | 15,2 | 2 | 0,005092 | |
| 153 | 30 | 3132 | 168,1 | 15 | 2,2 | 0,0055473 | |
| 154 | 30 | 3133 | 168,5 | 15,3 | 2,2 | 0,00567171 | |
| 155 | 30 | 3134 | 168 | 15,3 | 2,3 | 0,00591192 | |
| 156 | 30 | 3135 | 168,7 | 15 | 2,4 | 0,0060732 | 0,02829613 |
| 157 | 30 | 3311 | 170 | 17,6 | 2,1 | 0,0062832 | |
| 158 | 30 | 3312 | 170,2 | 17,7 | 2,1 | 0,006326334 | |
| 159 | 30 | 3313 | 170 | 17,6 | 2,1 | 0,0062832 | |
| 160 | 30 | 3314 | 171,9 | 17,6 | 2,1 | 0,006353424 | |
| 161 | 30 | 3315 | 171,5 | 17,7 | 2,5 | 0,007588875 | 0,032835033 |
| 162 | 30 | 3321 | 338,2 | 15 | 2,2 | 0,0111606 | |
| 163 | 30 | 3322 | 337,8 | 14,7 | 2 | 0,00993132 | |
| 164 | 30 | 3323 | 338 | 14,9 | 2,1 | 0,01057602 | |
| 165 | 30 | 3324 | 338,2 | 14,8 | 2,5 | 0,0125134 | 0,04418134 |
| 166 | 30 | 3331 | 166 | 17,7 | 2 | 0,0058764 | |
| 167 | 30 | 3332 | 166,1 | 17,5 | 2 | 0,0058135 | |
| 168 | 30 | 3333 | 163,9 | 17,5 | 2 | 0,0057365 | |
| 169 | 30 | 3334 | 164,6 | 17,6 | 2 | 0,00579392 | |
| 170 | 30 | 3335 | 165,2 | 17,6 | 2,1 | 0,006105792 | |
| 171 | 30 | 3336 | 165,7 | 17,5 | 2,4 | 0,0069594 | 0,036285512 |
| 172 | 30 | 4211 | 263 | 17,2 | 2,1 | 0,00949956 | |
| 173 | 30 | 4212 | 262,7 | 17,2 | 2,6 | 0,011747944 | |
| 174 | 30 | 4213 | 261,1 | 17,2 | 2,2 | 0,009880024 | |
| 175 | 30 | 4214 | 262,6 | 17,2 | 2,2 | 0,009936784 | |

Continuación Cuadro 4

| | | | | | | | |
|-----|-----------|-------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 176 | 30 | 4215 | 262,6 | 17,3 | 2,2 | 0,009994556 | 0,051058868 |
| 177 | 30 | 4221 | 261,9 | 12 | 2 | 0,0062856 | |
| 178 | 30 | 4222 | 262,6 | 12,1 | 2,1 | 0,006672666 | |
| 179 | 30 | 4223 | 262,2 | 12 | 2,5 | 0,007866 | |
| 180 | 30 | 4224 | 262,7 | 12,7 | 2,1 | 0,007006209 | 0,027830475 |
| 181 | 30 | 4311 | 339,2 | 17,4 | 2,4 | 0,014164992 | |
| 182 | 30 | 4312 | 339,6 | 17,4 | 2 | 0,01181808 | |
| 183 | 30 | 4313 | 339,3 | 17,6 | 2 | 0,01194336 | |
| 184 | 30 | 4314 | 339,3 | 17,8 | 2 | 0,01207908 | |
| 185 | 30 | 4315 | 339,6 | 17,7 | 2,4 | 0,014426208 | |
| 186 | 30 | 4316 | 339,5 | 17,8 | 2,2 | 0,01329482 | 0,07772654 |
| 187 | 30 | 4321 | 257,2 | 22,5 | 2,2 | 0,0127314 | |
| 188 | 30 | 4322 | 257,2 | 22,5 | 2 | 0,011574 | |
| 189 | 30 | 4323 | 258,2 | 22,6 | 2,2 | 0,012837704 | |
| 190 | 30 | 4324 | 258,7 | 22,6 | 2 | 0,01169324 | |
| 191 | 30 | 4325 | 259 | 22,7 | 2,2 | 0,01293446 | |
| 192 | 30 | 4326 | 259,2 | 22,6 | 2 | 0,01171584 | |
| 193 | 30 | 4327 | 258,2 | 22,6 | 2 | 0,01167064 | |
| 194 | 30 | 4328 | 258,8 | 22,5 | 2,1 | 0,0122283 | 0,097385584 |
| 195 | 30 | 4331 | 257 | 24,2 | 2 | 0,0124388 | |
| 196 | 30 | 4332 | 257,2 | 24,2 | 2,2 | 0,013693328 | |
| 197 | 30 | 4333 | 258,2 | 24,2 | 2,3 | 0,014371412 | |
| 198 | 30 | 4334 | 257,7 | 24,2 | 2 | 0,01247268 | |
| 199 | 30 | 4335 | 258,8 | 24 | 1,9 | 0,01180128 | |
| 200 | 30 | 4336 | 259,4 | 24 | 2 | 0,0124512 | |
| 201 | 30 | 4337 | 258,7 | 24,2 | 2 | 0,01252108 | |
| 202 | 30 | 4338 | 258,8 | 24,3 | 2 | 0,01257768 | |
| 203 | 30 | 4339 | 258,6 | 24,2 | 2 | 0,01251624 | |
| 204 | 30 | 43310 | 258,5 | 24,3 | 2 | 0,0125631 | |
| 205 | 30 | 43311 | 258,7 | 24,2 | 1,6 | 0,010016864 | |
| 206 | 30 | 43312 | 258,7 | 24,3 | 2,5 | 0,015716025 | 0,153139689 |
| 207 | 30 | 4411 | 250 | 19 | 1,9 | 0,009025 | |
| 208 | 30 | 4412 | 250 | 18,9 | 2,1 | 0,0099225 | |
| 209 | 30 | 4413 | 250,2 | 19 | 2,1 | 0,00998298 | |
| 210 | 30 | 4414 | 250,5 | 19,1 | 2 | 0,0095691 | |
| 211 | 30 | 4415 | 250,7 | 18,8 | 2,5 | 0,0117829 | |
| 212 | 30 | 4416 | 250,1 | 18,9 | 2,3 | 0,010871847 | 0,061154327 |
| 213 | 30 | 4421 | 253,3 | 17,6 | 2,1 | 0,009361968 | |
| 214 | 30 | 4422 | 253,7 | 18 | 2,3 | 0,01050318 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 215 | 30 | 4423 | 253,2 | 17,7 | 2,1 | 0,009411444 | |
| 216 | 30 | 4424 | 253,3 | 17,7 | 2,1 | 0,009415161 | |
| 217 | 30 | 4425 | 253,3 | 18 | 2,2 | 0,01003068 | |
| 218 | 30 | 4426 | 254 | 17,7 | 2,3 | 0,01034034 | |
| 219 | 30 | 4427 | 253,5 | 17,7 | 2,1 | 0,009422595 | 0,068485368 |
| 220 | 30 | 4431 | 220,2 | 13,9 | 2 | 0,00612156 | |
| 221 | 30 | 4432 | 219,3 | 13,9 | 2,1 | 0,006401367 | |
| 222 | 30 | 4433 | 219,7 | 13,9 | 2,2 | 0,006718426 | |
| 223 | 30 | 4434 | 220,2 | 13,9 | 2,5 | 0,00765195 | 0,026893303 |
| 224 | 30 | 4441 | 261,6 | 22,7 | 2,2 | 0,013064304 | |
| 225 | 30 | 4442 | 262 | 22,7 | 2,2 | 0,01308428 | |
| 226 | 30 | 4443 | 261,6 | 22,7 | 2,6 | 0,015439632 | |
| 227 | 30 | 4444 | 260,1 | 22,7 | 2 | 0,01180854 | |
| 228 | 30 | 4445 | 260,7 | 22,7 | 2,2 | 0,013019358 | |
| 229 | 30 | 4446 | 263 | 22,7 | 2 | 0,0119402 | |
| 230 | 30 | 4447 | 261 | 22,7 | 2 | 0,0118494 | |
| 231 | 30 | 4448 | 261 | 22,7 | 2,6 | 0,01540422 | 0,105609934 |
| 232 | 30 | 4451 | 250,3 | 17,5 | 2,1 | 0,009198525 | |
| 233 | 30 | 4452 | 250,3 | 17,7 | 2,1 | 0,009303651 | |
| 234 | 30 | 4453 | 250 | 17,6 | 2,4 | 0,01056 | |
| 235 | 30 | 4454 | 250,2 | 17,5 | 2,2 | 0,0096327 | |
| 236 | 30 | 4455 | 250,5 | 17,5 | 2,9 | 0,012712875 | |
| 237 | 30 | 4456 | 250,3 | 17,7 | 1,7 | 0,007531527 | |
| 238 | 30 | 4457 | 250,3 | 17,5 | 2,1 | 0,009198525 | 0,068137803 |
| 239 | 30 | 4511 | 260,5 | 16,1 | 2,1 | 0,008807505 | |
| 240 | 30 | 4512 | 261 | 16 | 2,2 | 0,0091872 | |
| 241 | 30 | 4513 | 261 | 16,4 | 2,1 | 0,00898884 | |
| 242 | 30 | 4514 | 261 | 16,3 | 2,5 | 0,01063575 | 0,037619295 |
| 243 | 30 | 4521 | 258 | 15,1 | 2 | 0,0077916 | |
| 244 | 30 | 4522 | 258 | 15,1 | 2,2 | 0,00857076 | |
| 245 | 30 | 4523 | 258,5 | 15,2 | 2 | 0,0078584 | |
| 246 | 30 | 4524 | 258,6 | 15,1 | 2,4 | 0,009371664 | 0,033592424 |
| 247 | 30 | 4711 | 253 | 18,2 | 2 | 0,0092092 | |
| 248 | 30 | 4712 | 254,5 | 21,2 | 2,1 | 0,01133034 | |
| 249 | 30 | 4713 | 253,9 | 20,3 | 2,1 | 0,010823757 | |
| 250 | 30 | 4714 | 254 | 20,2 | 2,1 | 0,01077468 | |
| 251 | 30 | 4715 | 253,7 | 20,3 | 2,3 | 0,011845253 | |
| 252 | 30 | 4716 | 254 | 20,2 | 2 | 0,0102616 | |
| 253 | 30 | 4717 | 253,9 | 20,3 | 2,2 | 0,011339174 | 0,075584004 |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 254 | 30 | 4721 | 252,3 | 22,9 | 2,1 | 0,012133107 | |
| 255 | 30 | 4722 | 252,4 | 22,8 | 2 | 0,01150944 | |
| 256 | 30 | 4723 | 252,4 | 22,8 | 2 | 0,01150944 | |
| 257 | 30 | 4724 | 250,7 | 22,8 | 2,2 | 0,012575112 | |
| 258 | 30 | 4725 | 251,3 | 22,9 | 2 | 0,01150954 | |
| 259 | 30 | 4726 | 251,7 | 23 | 2,2 | 0,01273602 | |
| 260 | 30 | 4727 | 251,7 | 22,7 | 2,2 | 0,012569898 | |
| 261 | 30 | 4728 | 252,1 | 23 | 2,2 | 0,01275626 | |
| 262 | 30 | 4729 | 252,1 | 23 | 2,5 | 0,01449575 | 0,111794567 |
| 263 | 30 | 4911 | 257,6 | 14,9 | 2,1 | 0,008060304 | |
| 264 | 30 | 4912 | 258 | 14,8 | 2,1 | 0,00801864 | |
| 265 | 30 | 4913 | 258,2 | 16 | 2,1 | 0,00867552 | |
| 266 | 30 | 4914 | 258,5 | 15 | 2,4 | 0,009306 | |
| 267 | 30 | 4915 | 257,7 | 15,3 | 2,5 | 0,009857025 | 0,043917489 |
| 268 | 30 | 4921 | 169 | 14 | 2,1 | 0,0049686 | |
| 269 | 30 | 4922 | 169,3 | 13,8 | 2,2 | 0,005139948 | |
| 270 | 30 | 4923 | 169,1 | 14 | 2,1 | 0,00497154 | |
| 271 | 30 | 4924 | 169,1 | 14 | 2,1 | 0,00497154 | |
| 272 | 30 | 4925 | 169 | 13,9 | 2,5 | 0,00587275 | 0,025924378 |
| 273 | 30 | 4941 | 261,5 | 17,7 | 2,1 | 0,009719955 | |
| 274 | 30 | 4942 | 261,7 | 17,7 | 2,1 | 0,009727389 | |
| 275 | 30 | 4943 | 261,5 | 17,7 | 2 | 0,0092571 | |
| 276 | 30 | 4944 | 260,6 | 17,7 | 2,1 | 0,009686502 | |
| 277 | 30 | 4945 | 260,7 | 17,7 | 2 | 0,00922878 | |
| 278 | 30 | 4946 | 260,9 | 17,7 | 2,4 | 0,011083032 | |
| 279 | 30 | 4947 | 261,3 | 17,6 | 2 | 0,00919776 | 0,067900518 |
| 280 | 60 | 1111 | 262,3 | 22,7 | 2 | 0,01190842 | |
| 281 | 60 | 1112 | 262,2 | 22,7 | 2,1 | 0,012499074 | |
| 282 | 60 | 1113 | 263,4 | 22,6 | 2,2 | 0,013096248 | |
| 283 | 60 | 1114 | 264,6 | 22,7 | 2,2 | 0,013214124 | |
| 284 | 60 | 1115 | 262,6 | 22,9 | 2 | 0,01202708 | |
| 285 | 60 | 1116 | 262,7 | 23 | 2,1 | 0,01268841 | |
| 286 | 60 | 1117 | 263,3 | 22,7 | 2,1 | 0,012551511 | |
| 287 | 60 | 1118 | 262,6 | 22,6 | 2,6 | 0,015430376 | 0,103415243 |
| 288 | 60 | 1121 | 263,3 | 14,6 | 2,2 | 0,008457196 | |
| 289 | 60 | 1122 | 263,3 | 14,6 | 2,4 | 0,009226032 | |
| 290 | 60 | 1123 | 263,2 | 14,6 | 2,2 | 0,008453984 | |
| 291 | 60 | 1124 | 263,1 | 14,6 | 2,4 | 0,009219024 | |
| 292 | 60 | 1125 | 262,5 | 14,5 | 2,6 | 0,00989625 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|-------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 293 | 60 | 1126 | 262,6 | 14,4 | 2,4 | 0,009075456 | 0,054327942 |
| 294 | 60 | 1131 | 261,7 | 17,7 | 2,1 | 0,009727389 | |
| 295 | 60 | 1132 | 262,2 | 17,6 | 2,2 | 0,010152384 | |
| 296 | 60 | 1133 | 261,1 | 17,5 | 2 | 0,0091385 | |
| 297 | 60 | 1134 | 261,4 | 17,6 | 2,1 | 0,009661344 | |
| 298 | 60 | 1135 | 262 | 17,6 | 2,1 | 0,00968352 | |
| 299 | 60 | 1136 | 262,2 | 17,5 | 1,5 | 0,00688275 | 0,055245887 |
| 300 | 60 | 1141 | 345,7 | 22,7 | 2,1 | 0,016479519 | |
| 301 | 60 | 1142 | 345,7 | 22,7 | 2 | 0,01569478 | |
| 302 | 60 | 1143 | 345,7 | 22,7 | 2 | 0,01569478 | |
| 303 | 60 | 1144 | 343,8 | 22,8 | 2 | 0,01567728 | |
| 304 | 60 | 1145 | 334,4 | 22,7 | 1,8 | 0,013663584 | |
| 305 | 60 | 1146 | 344,4 | 22,6 | 2 | 0,01556688 | |
| 306 | 60 | 1147 | 345,7 | 22,7 | 1,9 | 0,014910041 | |
| 307 | 60 | 1148 | 345,3 | 22,6 | 2 | 0,01560756 | |
| 308 | 60 | 1149 | 345,5 | 22,7 | 2 | 0,0156857 | |
| 309 | 60 | 11410 | 345 | 22,6 | 2,2 | 0,0171534 | 0,156133524 |
| 310 | 60 | 1211 | 218 | 10,9 | 2 | 0,0047524 | |
| 311 | 60 | 1212 | 218 | 11 | 2 | 0,004796 | |
| 312 | 60 | 1213 | 218,8 | 10,9 | 1,9 | 0,004531348 | |
| 313 | 60 | 1214 | 218,3 | 11,1 | 2,2 | 0,005330886 | |
| 314 | 60 | 1215 | 218,4 | 11,2 | 1,9 | 0,004647552 | 0,024058186 |
| 315 | 60 | 1221 | 261,8 | 15,4 | 2,1 | 0,008466612 | |
| 316 | 60 | 1222 | 261,6 | 15,2 | 2,1 | 0,008350272 | |
| 317 | 60 | 1223 | 262 | 15,2 | 2,1 | 0,00836304 | |
| 318 | 60 | 1224 | 262 | 15,3 | 2 | 0,0080172 | |
| 319 | 60 | 1225 | 261,7 | 15,2 | 2,7 | 0,010740168 | 0,043937292 |
| 320 | 60 | 1311 | 262,8 | 17,3 | 2,1 | 0,009547524 | |
| 321 | 60 | 1312 | 263,3 | 17,3 | 1,9 | 0,008654671 | |
| 322 | 60 | 1313 | 262,5 | 17,5 | 2 | 0,0091875 | |
| 323 | 60 | 1315 | 262,5 | 17,5 | 2 | 0,0091875 | |
| 324 | 60 | 1316 | 262,3 | 17,4 | 2,4 | 0,010953648 | |
| 325 | 60 | 1317 | 261,8 | 17,4 | 2 | 0,00911064 | 0,056641483 |
| 326 | 60 | 1321 | 259,6 | 21,4 | 2,2 | 0,012221968 | |
| 327 | 60 | 1322 | 259,6 | 21,3 | 2,2 | 0,012164856 | |
| 328 | 60 | 1323 | 260,3 | 21,2 | 2,1 | 0,011588556 | |
| 329 | 60 | 1324 | 260,3 | 21,2 | 2,1 | 0,011588556 | |
| 330 | 60 | 1325 | 259,8 | 21,2 | 1,8 | 0,009913968 | |
| 331 | 60 | 1326 | 259,8 | 21,2 | 2,1 | 0,011566296 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 332 | 60 | 1327 | 260 | 21,2 | 2,1 | 0,0115752 | |
| 333 | 60 | 1328 | 260,4 | 21,2 | 2,3 | 0,012697104 | 0,093316504 |
| 334 | 60 | 1411 | 172,2 | 15,2 | 1,9 | 0,004973136 | |
| 335 | 60 | 1412 | 172,2 | 15,2 | 1,9 | 0,004973136 | |
| 336 | 60 | 1413 | 172,6 | 15,2 | 2,1 | 0,005509392 | |
| 337 | 60 | 1414 | 172,6 | 15,2 | 2,6 | 0,006821152 | |
| 338 | 60 | 1415 | 172,5 | 15,2 | 2 | 0,005244 | 0,027520816 |
| 339 | 60 | 1511 | 258,2 | 13,1 | 2,2 | 0,007441324 | |
| 340 | 60 | 1512 | 260,7 | 13,1 | 2,5 | 0,008537925 | |
| 341 | 60 | 1513 | 260,5 | 12,6 | 2,2 | 0,00722106 | |
| 342 | 60 | 1514 | 258,8 | 12,6 | 2,2 | 0,007173936 | |
| 343 | 60 | 1515 | 259,2 | 12,6 | 2,6 | 0,008491392 | 0,038865637 |
| 344 | 60 | 1521 | 170,6 | 12,6 | 2 | 0,00429912 | |
| 345 | 60 | 1522 | 170,5 | 12,6 | 2 | 0,0042966 | |
| 346 | 60 | 1523 | 170,7 | 12,7 | 2 | 0,00433578 | |
| 347 | 60 | 1524 | 170,8 | 12,7 | 2,5 | 0,0054229 | |
| 348 | 60 | 1525 | 170,6 | 12,7 | 2 | 0,00433324 | 0,02268764 |
| 349 | 60 | 1611 | 260,6 | 14,6 | 2,2 | 0,008370472 | |
| 350 | 60 | 1612 | 260,8 | 14,5 | 2,1 | 0,00794136 | |
| 351 | 60 | 1613 | 260,7 | 14,6 | 2,2 | 0,008373684 | |
| 352 | 60 | 1614 | 260 | 14,6 | 2,7 | 0,0102492 | |
| 353 | 60 | 1615 | 260,6 | 14,6 | 2,5 | 0,0095119 | 0,044446616 |
| 354 | 60 | 1711 | 224,6 | 23,9 | 1,9 | 0,010199086 | |
| 355 | 60 | 1712 | 224,3 | 23,9 | 1,9 | 0,010185463 | |
| 356 | 60 | 1713 | 224,7 | 23,9 | 1,9 | 0,010203627 | |
| 357 | 60 | 1714 | 224,4 | 23,8 | 2 | 0,01068144 | |
| 358 | 60 | 1715 | 224,4 | 23,9 | 1,9 | 0,010190004 | |
| 359 | 60 | 1716 | 224,3 | 23,9 | 2,1 | 0,011257617 | |
| 360 | 60 | 1717 | 224,8 | 23,8 | 2,1 | 0,011235504 | |
| 361 | 60 | 1718 | 224,7 | 23,9 | 2 | 0,01074066 | 0,084693401 |
| 362 | 60 | 1721 | 251,1 | 27,7 | 2,1 | 0,014606487 | |
| 363 | 60 | 1722 | 251,6 | 27,7 | 2 | 0,01393864 | |
| 364 | 60 | 1723 | 254,2 | 21,9 | 2,2 | 0,012247356 | |
| 365 | 60 | 1724 | 252,7 | 21,9 | 2,1 | 0,011621673 | |
| 366 | 60 | 1725 | 253,9 | 21,8 | 2,1 | 0,011623542 | |
| 367 | 60 | 1726 | 254,2 | 22 | 2,2 | 0,01230328 | |
| 368 | 60 | 1727 | 254,1 | 22 | 2,1 | 0,01173942 | |
| 369 | 60 | 1728 | 254,2 | 22,1 | 2,1 | 0,011797422 | |
| 370 | 60 | 1729 | 254 | 22 | 2,1 | 0,0117348 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|-------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 371 | 60 | 17210 | 255,1 | 21,8 | 2 | 0,01112236 | 0,12273498 |
| 372 | 60 | 1811 | 258 | 17,5 | 2,2 | 0,009933 | |
| 373 | 60 | 1812 | 258,7 | 17,5 | 2,1 | 0,009507225 | |
| 374 | 60 | 1813 | 259,2 | 17,4 | 1,6 | 0,007216128 | 0,026656353 |
| 375 | 60 | 1821 | 263 | 15,4 | 2,3 | 0,00931546 | |
| 376 | 60 | 1822 | 262,9 | 15,2 | 2,2 | 0,008791376 | |
| 377 | 60 | 1823 | 262,8 | 15,2 | 2 | 0,00798912 | |
| 378 | 60 | 1824 | 263,4 | 15,2 | 2 | 0,00800736 | |
| 379 | 60 | 1825 | 263,3 | 15,3 | 2,6 | 0,010474074 | |
| 380 | 60 | 1826 | 262,8 | 15,2 | 1,6 | 0,006391296 | 0,050968686 |
| 381 | 60 | 1831 | 263,9 | 17,5 | 2,1 | 0,009698325 | |
| 382 | 60 | 1832 | 263,9 | 17,6 | 2,1 | 0,009753744 | |
| 383 | 60 | 1833 | 263,5 | 17,6 | 2 | 0,0092752 | |
| 384 | 60 | 1834 | 261,8 | 17,5 | 2,2 | 0,0100793 | |
| 385 | 60 | 1835 | 262,1 | 17,5 | 2,1 | 0,009632175 | |
| 386 | 60 | 1836 | 262,5 | 17,5 | 1,7 | 0,007809375 | |
| 387 | 60 | 1837 | 262,2 | 17,6 | 2 | 0,00922944 | |
| 388 | 60 | 1838 | 262,2 | 17,6 | 2 | 0,00922944 | |
| 389 | 60 | 1839 | 262 | 17,5 | 1,8 | 0,008253 | |
| 390 | 60 | 18310 | 261,6 | 17,6 | 2,5 | 0,0115104 | 0,094470399 |
| 391 | 60 | 1911 | 171,4 | 12,5 | 2,1 | 0,00449925 | |
| 392 | 60 | 1912 | 171 | 12,4 | 2,1 | 0,00445284 | |
| 393 | 60 | 1913 | 171,2 | 12,5 | 2,2 | 0,004708 | |
| 394 | 60 | 1914 | 171,1 | 12,3 | 2,1 | 0,004419513 | |
| 395 | 60 | 1915 | 171,1 | 12,6 | 2,4 | 0,005174064 | 0,023253667 |
| 396 | 60 | 1921 | 260 | 12,9 | 2,1 | 0,0070434 | |
| 397 | 60 | 1922 | 260,6 | 12,6 | 2 | 0,00656712 | |
| 398 | 60 | 1923 | 260,5 | 13 | 1,9 | 0,00643435 | |
| 399 | 60 | 1924 | 260,3 | 13 | 1,5 | 0,00507585 | 0,02512072 |
| 400 | 60 | 1931 | 338,5 | 16,5 | 2 | 0,0111705 | |
| 401 | 60 | 1932 | 338 | 16,2 | 2 | 0,0109512 | |
| 402 | 60 | 1933 | 338,4 | 16,4 | 2,3 | 0,012764448 | |
| 403 | 60 | 1934 | 338,5 | 16,5 | 2 | 0,0111705 | |
| 404 | 60 | 1935 | 338,8 | 16,3 | 2,4 | 0,013253856 | |
| 405 | 60 | 1936 | 338,3 | 16,3 | 2,5 | 0,013785725 | 0,073096229 |
| 406 | 60 | 11011 | 258 | 20,2 | 2 | 0,0104232 | |
| 407 | 60 | 11012 | 258,7 | 20,2 | 1,9 | 0,009928906 | |
| 408 | 60 | 11013 | 258,8 | 20,3 | 2,2 | 0,011558008 | |
| 409 | 60 | 11014 | 258,8 | 20,2 | 2,2 | 0,011501072 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|--------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 410 | 60 | 11015 | 258,8 | 20,1 | 2,4 | 0,012484512 | |
| 411 | 60 | 11016 | 259 | 20,1 | 2,4 | 0,01249416 | 0,068389858 |
| 412 | 60 | 11021 | 223,1 | 15,2 | 2,2 | 0,007460464 | |
| 413 | 60 | 11022 | 223 | 15,3 | 2,1 | 0,00716499 | |
| 414 | 60 | 11023 | 222,5 | 15,2 | 2 | 0,006764 | |
| 415 | 60 | 11024 | 222,5 | 15,2 | 1,6 | 0,0054112 | |
| 416 | 60 | 11025 | 223,1 | 15,3 | 2,5 | 0,008533575 | 0,035334229 |
| 417 | 60 | 11031 | 257,1 | 15,1 | 2,2 | 0,008540862 | |
| 418 | 60 | 11032 | 257,2 | 15,2 | 2,1 | 0,008209824 | |
| 419 | 60 | 11033 | 257,1 | 15,2 | 2,1 | 0,008206632 | |
| 420 | 60 | 11034 | 257,2 | 15,3 | 2 | 0,00787032 | |
| 421 | 60 | 11035 | 257,1 | 15,4 | 2,5 | 0,00989835 | |
| 422 | 60 | 11036 | 257 | 15,4 | 1,7 | 0,00672826 | 0,049454248 |
| 423 | 60 | 11211 | 260,8 | 21,3 | 1,8 | 0,009999072 | |
| 424 | 60 | 11212 | 261 | 21,3 | 2,1 | 0,01167453 | |
| 425 | 60 | 11213 | 261,9 | 21,3 | 2 | 0,01115694 | |
| 426 | 60 | 11214 | 261,9 | 21,4 | 2,3 | 0,012890718 | |
| 427 | 60 | 11215 | 261,7 | 21,4 | 2,2 | 0,012320836 | |
| 428 | 60 | 11216 | 261,3 | 21,4 | 2 | 0,01118364 | |
| 429 | 60 | 11217 | 261,6 | 21,3 | 2 | 0,01114416 | |
| 430 | 60 | 11218 | 261,5 | 21,2 | 2,4 | 0,01330512 | 0,093675016 |
| 431 | 60 | 11221 | 252,2 | 15,1 | 2,2 | 0,008378084 | |
| 432 | 60 | 11222 | 252,8 | 15 | 2,1 | 0,0079632 | |
| 433 | 60 | 11223 | 251,5 | 14,9 | 2,1 | 0,007869435 | |
| 434 | 60 | 11224 | 250,6 | 14,9 | 2,1 | 0,007841274 | |
| 435 | 60 | 11225 | 251 | 15 | 2,4 | 0,009036 | 0,041087993 |
| 436 | 60 | 11231 | 257,1 | 16,4 | 2,1 | 0,008854524 | |
| 437 | 60 | 11232 | 256,8 | 16,2 | 2,2 | 0,009152352 | |
| 438 | 60 | 11233 | 256,4 | 16,4 | 2 | 0,00840992 | |
| 439 | 60 | 11234 | 256,8 | 16,4 | 2,1 | 0,008844192 | |
| 440 | 60 | 11235 | 256,7 | 16,4 | 1,7 | 0,007156796 | |
| 441 | 60 | 11236 | 256,4 | 16,4 | 2,4 | 0,010091904 | 0,052509688 |
| 442 | 60 | 11411 | 337,7 | 14,9 | 2,1 | 0,010566633 | |
| 443 | 60 | 11412 | 338,8 | 14,9 | 2,4 | 0,012115488 | |
| 444 | 60 | 114113 | 337,5 | 14,9 | 2 | 0,0100575 | |
| 445 | 60 | 11414 | 337,7 | 14,9 | 1,9 | 0,009560287 | |
| 446 | 60 | 11415 | 337,7 | 15 | 2,6 | 0,0131703 | 0,055470208 |
| 447 | 60 | 11421 | 260,1 | 20,1 | 2,4 | 0,012547224 | |
| 448 | 60 | 11422 | 261 | 20,1 | 2,1 | 0,01101681 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|-------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 449 | 60 | 11423 | 261,1 | 20,2 | 2,2 | 0,011603284 | |
| 450 | 60 | 11424 | 260,2 | 20,1 | 2,2 | 0,011506044 | |
| 451 | 60 | 11425 | 260,2 | 20,2 | 2,2 | 0,011563288 | |
| 452 | 60 | 11426 | 261,1 | 20,4 | 2,1 | 0,011185524 | |
| 453 | 60 | 11427 | 260,7 | 20,2 | 2,3 | 0,012112122 | 0,081534296 |
| 454 | 60 | 2111 | 260,7 | 19,7 | 2,1 | 0,010785159 | |
| 455 | 60 | 2112 | 261 | 19,7 | 2,1 | 0,01079757 | |
| 456 | 60 | 2113 | 262,9 | 19,6 | 2,1 | 0,010820964 | |
| 457 | 60 | 2114 | 262,5 | 19,7 | 2,3 | 0,011893875 | |
| 458 | 60 | 2115 | 261,8 | 19,7 | 1,9 | 0,009799174 | |
| 459 | 60 | 2116 | 261,8 | 19,7 | 2,1 | 0,010830666 | |
| 460 | 60 | 2117 | 262 | 20 | 2,5 | 0,0131 | 0,078027408 |
| 461 | 60 | 2121 | 263,3 | 16,4 | 2,3 | 0,009931676 | |
| 462 | 60 | 2122 | 263,3 | 16,4 | 2,4 | 0,010363488 | |
| 463 | 60 | 2123 | 263,4 | 16,5 | 2,2 | 0,00956142 | |
| 464 | 60 | 2124 | 263,5 | 16,6 | 2,2 | 0,00962302 | |
| 465 | 60 | 2125 | 263,2 | 16,5 | 1,7 | 0,00738276 | |
| 466 | 60 | 2126 | 263,4 | 16,5 | 2,2 | 0,00956142 | |
| 467 | 60 | 2127 | 263,4 | 16,5 | 2,6 | 0,01129986 | 0,067723644 |
| 468 | 60 | 2131 | 262,9 | 13,8 | 2,2 | 0,007981644 | |
| 469 | 60 | 2132 | 262,8 | 13,7 | 2,2 | 0,007920792 | |
| 470 | 60 | 2133 | 262,2 | 13,6 | 2,1 | 0,007488432 | |
| 471 | 60 | 2134 | 262,2 | 13,6 | 2,1 | 0,007488432 | |
| 472 | 60 | 2135 | 262,2 | 13,6 | 2,4 | 0,008558208 | |
| 473 | 60 | 2136 | 264 | 13,9 | 2,6 | 0,00954096 | 0,048978468 |
| 474 | 60 | 2211 | 262 | 20 | 2,5 | 0,0131 | |
| 475 | 60 | 2212 | 261,3 | 20 | 2,2 | 0,0114972 | |
| 476 | 60 | 2213 | 260,6 | 20 | 2,1 | 0,0109452 | |
| 477 | 60 | 2214 | 260,8 | 20 | 1,5 | 0,007824 | |
| 478 | 60 | 2215 | 261,2 | 20,3 | 2,5 | 0,0132559 | 0,0566223 |
| 479 | 60 | 2221 | 260,8 | 17,4 | 2 | 0,00907584 | |
| 480 | 60 | 2222 | 260,2 | 17,3 | 2,3 | 0,010353358 | |
| 481 | 60 | 2223 | 260,9 | 17,3 | 2,1 | 0,009478497 | |
| 482 | 60 | 2224 | 260,9 | 17,4 | 2,2 | 0,009987252 | |
| 483 | 60 | 2225 | 260,2 | 17,3 | 1,7 | 0,007652482 | |
| 484 | 60 | 2226 | 260,2 | 17,3 | 2,6 | 0,011703796 | 0,058251225 |
| 485 | 60 | 2231 | 220,3 | 15,3 | 2,2 | 0,007415298 | |
| 486 | 60 | 2232 | 220,4 | 15,3 | 2 | 0,00674424 | |
| 487 | 60 | 2233 | 220,2 | 15,2 | 2 | 0,00669408 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|-------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 488 | 60 | 2234 | 220,4 | 15,2 | 2,1 | 0,007035168 | |
| 489 | 60 | 2235 | 221,3 | 15,2 | 2,4 | 0,008073024 | 0,03596181 |
| 490 | 60 | 2241 | 172,5 | 12,7 | 2,5 | 0,005476875 | |
| 491 | 60 | 2242 | 172,3 | 12,7 | 2,1 | 0,004595241 | |
| 492 | 60 | 2243 | 172,3 | 12,7 | 2,2 | 0,004814062 | |
| 493 | 60 | 2244 | 172,4 | 12,7 | 2,2 | 0,004816856 | |
| 494 | 60 | 2245 | 172,5 | 12,7 | 2,2 | 0,00481965 | 0,024522684 |
| 495 | 60 | 2311 | 263,1 | 17,5 | 2 | 0,0092085 | |
| 496 | 60 | 2312 | 263,3 | 17,5 | 2,1 | 0,009676275 | |
| 497 | 60 | 2313 | 264,1 | 17,5 | 2 | 0,0092435 | |
| 498 | 60 | 2314 | 264,1 | 17,5 | 2 | 0,0092435 | |
| 499 | 60 | 2315 | 263,6 | 17,5 | 1,8 | 0,0083034 | |
| 500 | 60 | 2316 | 263,8 | 17,7 | 2,2 | 0,010272372 | 0,055947547 |
| 501 | 60 | 2321 | 230,3 | 11,3 | 2,1 | 0,005465019 | |
| 502 | 60 | 2322 | 230,4 | 11,4 | 2,5 | 0,0065664 | |
| 503 | 60 | 2323 | 230,3 | 11,5 | 3 | 0,00794535 | 0,019976769 |
| 504 | 60 | 2411 | 261,7 | 19,8 | 2,3 | 0,011917818 | |
| 505 | 60 | 2412 | 261,7 | 17,7 | 1,7 | 0,007874553 | |
| 506 | 60 | 2413 | 262,1 | 17,7 | 2,2 | 0,010206174 | |
| 507 | 60 | 2414 | 263 | 17,1 | 2,4 | 0,01079352 | |
| 508 | 60 | 2415 | 264,2 | 17,6 | 2,3 | 0,010694816 | |
| 509 | 60 | 2416 | 264,2 | 17,7 | 2 | 0,00935268 | 0,060839561 |
| 510 | 60 | 2421 | 262,7 | 20 | 2,1 | 0,0110334 | |
| 511 | 60 | 2422 | 262,8 | 20 | 2,1 | 0,0110376 | |
| 512 | 60 | 2423 | 263 | 20 | 2,1 | 0,011046 | |
| 513 | 60 | 2424 | 263,2 | 20 | 2 | 0,010528 | |
| 514 | 60 | 2425 | 262,6 | 20 | 2,1 | 0,0110292 | |
| 515 | 60 | 2426 | 263,3 | 20 | 2,1 | 0,0110586 | |
| 516 | 60 | 2427 | 263,6 | 20,1 | 1,9 | 0,010066884 | |
| 517 | 60 | 2428 | 263,2 | 20 | 2,1 | 0,0110544 | |
| 518 | 60 | 2429 | 263 | 20 | 2 | 0,01052 | |
| 519 | 60 | 24210 | 262,8 | 20,1 | 2,4 | 0,012677472 | 0,110051556 |
| 520 | 60 | 2431 | 261,3 | 16,4 | 2,1 | 0,008999172 | |
| 521 | 60 | 2432 | 262,5 | 16,4 | 2,2 | 0,009471 | |
| 522 | 60 | 2433 | 261,6 | 16,4 | 2 | 0,00858048 | |
| 523 | 60 | 2434 | 261,3 | 16,3 | 2,1 | 0,008944299 | |
| 524 | 60 | 2435 | 260,3 | 16,4 | 2 | 0,00853784 | |
| 525 | 60 | 2436 | 262,8 | 16,5 | 2,5 | 0,0108405 | 0,055373291 |
| 526 | 60 | 2611 | 260,2 | 22,4 | 2 | 0,01165696 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|-------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 527 | 60 | 2612 | 260,3 | 22,5 | 2,1 | 0,012299175 | |
| 528 | 60 | 2613 | 260,2 | 22,5 | 2,1 | 0,01229445 | |
| 529 | 60 | 2614 | 260,2 | 22,6 | 2,1 | 0,012349092 | |
| 530 | 60 | 2615 | 259,9 | 22,5 | 2 | 0,0116955 | |
| 531 | 60 | 2616 | 259,8 | 22,6 | 2,1 | 0,012330108 | 0,072625285 |
| 532 | 60 | 2621 | 259 | 27,7 | 2,1 | 0,01506603 | |
| 533 | 60 | 2622 | 259,7 | 27,7 | 2 | 0,01438738 | |
| 534 | 60 | 2623 | 267,2 | 27,7 | 2,1 | 0,015543024 | |
| 535 | 60 | 2624 | 266,2 | 22,6 | 2,1 | 0,012633852 | |
| 536 | 60 | 2625 | 265,8 | 22,7 | 2,1 | 0,012670686 | |
| 537 | 60 | 2626 | 265,5 | 22,6 | 2,1 | 0,01260063 | |
| 538 | 60 | 2627 | 265,1 | 22,6 | 2,1 | 0,012581646 | |
| 539 | 60 | 2628 | 264,4 | 22,6 | 2,1 | 0,012548424 | |
| 540 | 60 | 2629 | 265,1 | 22,6 | 2,2 | 0,013180772 | |
| 541 | 60 | 26210 | 265,7 | 22,6 | 2,2 | 0,013210604 | |
| 542 | 60 | 26211 | 265 | 22,6 | 2,1 | 0,0125769 | 0,146999948 |
| 543 | 60 | 2711 | 260,7 | 15 | 2,1 | 0,00821205 | |
| 544 | 60 | 2712 | 260,7 | 14,7 | 2 | 0,00766458 | |
| 545 | 60 | 2713 | 260,6 | 12,6 | 2 | 0,00656712 | |
| 546 | 60 | 2714 | 260,8 | 12,7 | 2,1 | 0,006955536 | |
| 547 | 60 | 2715 | 260,6 | 12,6 | 2,5 | 0,0082089 | 0,037608186 |
| 548 | 60 | 2721 | 260,3 | 16,3 | 2,3 | 0,009758647 | |
| 549 | 60 | 2722 | 260,5 | 16,1 | 2,3 | 0,009646315 | |
| 550 | 60 | 2723 | 260,7 | 16,2 | 2 | 0,00844668 | |
| 551 | 60 | 2724 | 260,9 | 16,2 | 2 | 0,00845316 | |
| 552 | 60 | 2725 | 260,7 | 16,1 | 2 | 0,00839454 | |
| 553 | 60 | 2726 | 260,7 | 16,2 | 2 | 0,00844668 | |
| 554 | 60 | 2727 | 260,6 | 16,1 | 2,5 | 0,01048915 | 0,063635172 |
| 555 | 60 | 3211 | 270,7 | 15 | 2,3 | 0,00933915 | |
| 556 | 60 | 3212 | 268,6 | 15 | 2,2 | 0,0088638 | |
| 557 | 60 | 3213 | 269,4 | 15 | 2,3 | 0,0092943 | |
| 558 | 60 | 3214 | 270,3 | 15 | 2,4 | 0,0097308 | |
| 559 | 60 | 3215 | 268,6 | 15 | 1,9 | 0,0076551 | 0,04488315 |
| 560 | 60 | 3221 | 265 | 16,2 | 2,1 | 0,0090153 | |
| 561 | 60 | 3222 | 265 | 16,1 | 2,1 | 0,00895965 | |
| 562 | 60 | 3223 | 264,4 | 16 | 2 | 0,0084608 | |
| 563 | 60 | 3224 | 264,8 | 16,1 | 2,1 | 0,008952888 | |
| 564 | 60 | 3225 | 265,5 | 16,2 | 2,4 | 0,01032264 | 0,045711278 |
| 565 | 60 | 3231 | 258,7 | 18,8 | 2 | 0,00972712 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 566 | 60 | 3232 | 259,7 | 18,9 | 2 | 0,00981666 | |
| 567 | 60 | 3233 | 258,8 | 18,8 | 2,3 | 0,011190512 | |
| 568 | 60 | 3234 | 258,3 | 19 | 2 | 0,0098154 | |
| 569 | 60 | 3235 | 257 | 18,7 | 2 | 0,0096118 | |
| 570 | 60 | 3236 | 257,8 | 18,8 | 2 | 0,00969328 | |
| 571 | 60 | 3237 | 259 | 18,8 | 2,1 | 0,01022532 | |
| 572 | 60 | 3238 | 259,8 | 18,8 | 2,5 | 0,0122106 | 0,082290692 |
| 573 | 60 | 3311 | 269,4 | 15,1 | 2,4 | 0,009763056 | |
| 574 | 60 | 3312 | 268,9 | 15,1 | 2,2 | 0,008932858 | |
| 575 | 60 | 3313 | 267,3 | 15,2 | 2 | 0,00812592 | |
| 576 | 60 | 3314 | 267,6 | 15,2 | 2,1 | 0,008541792 | |
| 577 | 60 | 3315 | 268,6 | 15,1 | 2,5 | 0,01013965 | 0,045503276 |
| 578 | 60 | 3321 | 170,6 | 14 | 2 | 0,0047768 | |
| 579 | 60 | 3322 | 170,6 | 13,9 | 1,9 | 0,004505546 | |
| 580 | 60 | 3323 | 170,5 | 13,8 | 2 | 0,0047058 | |
| 581 | 60 | 3324 | 170,5 | 14,1 | 2,4 | 0,00576972 | |
| 582 | 60 | 3325 | 170,8 | 13,9 | 1,9 | 0,004510828 | 0,024268694 |
| 583 | 60 | 3331 | 222,3 | 17,4 | 2,2 | 0,008509644 | |
| 584 | 60 | 3332 | 221,4 | 17,5 | 2,2 | 0,0085239 | |
| 585 | 60 | 3333 | 222,1 | 17,5 | 2 | 0,0077735 | |
| 586 | 60 | 3334 | 221,6 | 17,5 | 2 | 0,007756 | |
| 587 | 60 | 3335 | 221,4 | 17,6 | 2,4 | 0,009351936 | 0,04191498 |
| 588 | 60 | 3341 | 224,8 | 20,2 | 2,1 | 0,009536016 | |
| 589 | 60 | 3342 | 224,8 | 20,2 | 2 | 0,00908192 | |
| 590 | 60 | 3343 | 225,3 | 20,2 | 2 | 0,00910212 | |
| 591 | 60 | 3344 | 225,8 | 20,1 | 2,1 | 0,009531018 | |
| 592 | 60 | 3345 | 224,8 | 20,2 | 2,1 | 0,009536016 | |
| 593 | 60 | 3346 | 225,1 | 20,2 | 2,1 | 0,009548742 | |
| 594 | 60 | 3347 | 225,1 | 20,1 | 1,9 | 0,008596569 | |
| 595 | 60 | 3348 | 226 | 20,1 | 2,5 | 0,0113565 | 0,076288901 |
| 596 | 60 | 4311 | 260,9 | 12,6 | 2 | 0,00657468 | |
| 597 | 60 | 4312 | 260,9 | 12,5 | 2,1 | 0,006848625 | |
| 598 | 60 | 4313 | 261,8 | 12,7 | 2 | 0,00664972 | |
| 599 | 60 | 4314 | 261,6 | 12,7 | 2 | 0,00664464 | |
| 600 | 60 | 4315 | 261 | 12,5 | 2,4 | 0,00783 | 0,034547665 |
| 601 | 60 | 4321 | 260,6 | 14,7 | 2,4 | 0,009193968 | |
| 602 | 60 | 4322 | 261,1 | 14,9 | 2,1 | 0,008169819 | |
| 603 | 60 | 4323 | 261,4 | 14,9 | 2,1 | 0,008179206 | |
| 604 | 60 | 4324 | 260,8 | 15 | 1,6 | 0,0062592 | |

Continuación Cuadro 5

| | | | | | | | |
|-----|-----------|------|-------|------|-----|-------------|--------------------|
| 605 | 60 | 4325 | 260,1 | 15 | 2,3 | 0,00897345 | 0,040775643 |
| 606 | 60 | 4331 | 260,3 | 12,2 | 2 | 0,00635132 | |
| 607 | 60 | 4332 | 261 | 12,1 | 2,4 | 0,00757944 | 0,01393076 |
| 608 | 60 | 4411 | 266,2 | 15 | 2,5 | 0,0099825 | |
| 609 | 60 | 4412 | 266,3 | 15 | 2,4 | 0,0095868 | |
| 610 | 60 | 4413 | 267 | 15,1 | 2,1 | 0,00846657 | |
| 611 | 60 | 4414 | 265,2 | 15,2 | 2 | 0,00806208 | |
| 612 | 60 | 4415 | 266,3 | 15 | 1,7 | 0,00679065 | |
| 613 | 60 | 4416 | 267,8 | 15,1 | 2,5 | 0,01010945 | 0,05299805 |
| 614 | 60 | 4421 | 264,5 | 16,5 | 2,1 | 0,009164925 | |
| 615 | 60 | 4422 | 264,8 | 16,4 | 2,4 | 0,010422528 | |
| 616 | 60 | 4423 | 265,3 | 16,5 | 2,6 | 0,01138137 | |
| 617 | 60 | 4424 | 263,3 | 16,6 | 2,2 | 0,009615716 | |
| 618 | 60 | 4425 | 263,7 | 16,6 | 2,4 | 0,010505808 | |
| 619 | 60 | 4426 | 264,1 | 16,4 | 2,5 | 0,0108281 | 0,061918447 |
| 620 | 60 | 4431 | 261 | 21,4 | 2,3 | 0,01284642 | |
| 621 | 60 | 4432 | 260 | 17,7 | 2,1 | 0,0096642 | |
| 622 | 60 | 4433 | 260,3 | 17,6 | 2,3 | 0,010536944 | |
| 623 | 60 | 4434 | 261,3 | 17,6 | 2,1 | 0,009657648 | |
| 624 | 60 | 4435 | 261 | 17,6 | 2,2 | 0,01010592 | |
| 625 | 60 | 4436 | 260,7 | 17,7 | 2,1 | 0,009690219 | |
| 626 | 60 | 4437 | 261 | 17,6 | 2,1 | 0,00964656 | |
| 627 | 60 | 4438 | 260,9 | 17,6 | 1,9 | 0,008724496 | |
| 628 | 60 | 4439 | 260,7 | 17,6 | 2,4 | 0,011011968 | 0,091884375 |
| 629 | 60 | 4611 | 261,3 | 14,9 | 2,3 | 0,008954751 | |
| 630 | 60 | 4612 | 261 | 15 | 2 | 0,00783 | |
| 631 | 60 | 4613 | 261,1 | 15 | 2,1 | 0,00822465 | |
| 632 | 60 | 4614 | 261,3 | 15,1 | 2,4 | 0,009469512 | 0,034478913 |
| 633 | 60 | 4621 | 261,9 | 12,1 | 2 | 0,00633798 | |
| 634 | 60 | 4622 | 262,2 | 12,1 | 2 | 0,00634524 | |
| 635 | 60 | 4623 | 262,2 | 12,2 | 2,4 | 0,007677216 | |
| 636 | 60 | 4624 | 262,2 | 12,2 | 2 | 0,00639768 | 0,026758116 |

*número de tabla

*volumen por troza