



Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
Y DEL AMBIENTE

Trabajo de Graduación

Tesis Maestría

Caracterización y rendimiento en la transformación de madera en rollo a madera aserrada de la especie de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) en seis aserraderos en Nueva Segovia y Estelí.

Autor

Ing. Danilo Antonio Pérez Flores

Asesor

Dr. Guillermo Castro Marín

Managua, Nicaragua

Agosto, 2018

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
INDICE GENERAL	i-iii
GLOSARIO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ANEXOS	ix-x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1-2
II. OBJETIVOS	3
III. MATERIALES Y METODOS	4
3.1 Ubicación de las industrias forestales a caracterizar y evaluar	4
3.2 Levantamiento de información técnica y social en las seis industrias forestales	5
3.3. Levantamiento de información para determinar el factor de rendimiento	6
3.3.1 Selección de la especie <i>Pinus oocarpa</i> schiede	6
3.3.2 Características generales de la especie <i>Pinus oocarpa</i> Schiede	6

3.3.3	Cantidad de trozas a evaluar	6
3.3.4	Selección de trozas	7
3.3.5	Medición y valoración de la calidad de las trozas	7
3.3.6	Cubicación de madera en rollo	8
3.3.7	Medición y cubicación de madera procesada	8-9
3.3.8	Determinación del rendimiento de la madera	9
3.3.9	Análisis estadístico	9-10
3.4	Análisis de las tres reglas madereras de la madera aserrada	10
3.4.1	Regla Doyle	11
3.4.2	Regla Scribner	11
3.4.3	Regla Internacional	11-12
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	13
4.1.	Caracterización técnica y social de las seis industrias forestales del estudio.	13-14
4.1.1	Mano de obra en las seis industrias forestales	14-15
4.1.2	Experiencia y habilidad del operador de la sierra principal	15
4.1.3	Especificaciones técnicas de la sierra principal de las seis industrias forestales	16
4.1.4	Maquinaria complementaria en las seis industrias forestales	17
4.1.5	Fuente de abastecimiento de madera en rollo en las seis industrias forestales	17

4.1.6	Mercado y dimensiones de la madera en las seis industrias forestales	18
4.1.7	Producción de plantas de pino en vivero en las seis industrias forestales	18
4.1.8	Inversiones y fuentes de financiamiento de las seis industrias forestales	19
4.2.	Factor de rendimiento de madera de rollo a procesada de la especie de pino (<i>Pinus oocarpa</i> Schiede)	19-29
4.3.	Estimación de volumen y comparación de tres reglas maderera (Internacional, Doyle y Scribner) y los resultados directos del producto del aserrado	29-32
V.	CONCLUSIONES	33
VI.	RECOMENDACIONES	34
VII.	LITERATURA CONSULTADA	35-38
VIII.	ANEXOS	39-57

GLOSARIO

Madera común o madera aserrada: Piezas de madera maciza obtenida por aserrado de la troza. Pieza escuadrada, es decir con caras paralelas entre sí y cantos perpendiculares a las mismas.

Medición directa de la madera: Está basada en mediciones o conteos sobre el recurso que nos interesa. Por ejemplo: medición de cada pieza de madera aserrada obtenida de la troza

Triscado o trabado: Los dientes de las hojas de sierra de cinta se doblan alternativamente a la derecha y a la izquierda, con una herramienta llamada triscador; el triscado de los dientes también se puede hacer con pinzas especiales de triscar o con una máquina triscadora.

Ancho de corte: Es el ensanche que se le da al borde dentado de la sierra, con la finalidad de proporcionar a la misma el espacio suficiente, para evitar roces del cuerpo de la hoja con la madera al realizar el corte

Sierra de Cinta: Es la sierra que está siendo utilizada preferentemente en la industria maderera gracias a su rendimiento, altura de corte y una buena precisión. Se considera el medio más económico y racional para aserrar trozas de grandes diámetros.

Eficiencia del proceso de aserrado: Tiene que ver con los indicadores como son rendimiento total, porcentaje de desperdicios de aserrín y porcentaje de desperdicio de otros residuos.

Troceado: Corte del fuste a la longitud especificada por el destinatario de las trozas.

Alfajilla: pieza de madera aserrada escuadrada de dimensiones de 2"x4"x14' (16')

DEDICATORIA

¡A LA SANTA TRINIDAD: creadora, redentora, consoladora y salvadora que está en los cielos!

En memoria a mi madre, Elsa Flores Espinoza (Q.E.P.D) por su amor y apoyo incondicional.

A mis queridos hermanos: Liliam, Santos, Francisco y Carlos por sus consejos y apoyo incondicional durante mi vida, les agradezco.

A mis hijos: Ángeles G. Pérez; Francisco J. Pérez y Marielsa Pérez Bautista.

A Lic. Ruth Bautista Gómez con mucho cariño.

A mis sobrinos con mucho aprecio: Ing. Wilnstor Pérez Morales, Kelin Pérez y Norlan Rodríguez Pérez.

PAZ ET BONUM

Ing. Danilo Antonio Pérez Flores.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Nacional Forestal (INAFOR) y al Proyecto Cadena de Valor de la Madera (CAVAMA), financiado por la Unión Europea, a través de la Cooperación Alemana (GIZ), que apoyó la realización de esta maestría.

Al Ing. MSc. Mario García Roa, Coordinador del Proyecto INAFOR/CAVAMA, por brindarme la oportunidad de estudiar esta maestría, muchas gracias.

Al Ing. Lester Talley Laguna, exdirector de la oficina de Industrias Forestales del Inafor Central por su apoyo y cooperación, muchas gracias y bendiciones.

Al Phd. Guillermo Castro Marín, Docente Titular de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA), asesor de esta investigación, por brindarme su tiempo y compartir sus conocimientos, muchas gracias.

A los compañeros de estudio en esta maestría por su amistad, apoyo y respeto, principalmente a los de la Dirección de la Coordinación técnica Territorial (Dcoot Inafor Central), muchas gracias.

A los dueños de las industrias forestales estudiadas, en especial al Sr. Maximino López de la industria forestal Esquipulas en Mozonte, por su apoyo, Sr. German Ortez de la industria Ortez en Jalapa y el Sr. Alcides Centeno de la industria forestal San Nicolás en San Fernando, estas en Nueva Segovia.

A los docentes de la Facultad de los Recursos Naturales de la Universidad Nacional Agraria, que durante estos años contribuyeron en mi formación profesional.

A los docentes investigadores de la Facultad de los Recursos Naturales de la Universidad Nacional Agraria: Phd. Benigno Gonzáles, Msc. Lucia Romero y Msc. Edwin Alonso Serrano que aportaron temas para enriquecer el documento.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Valores de r^2 .	10
2. Características generales de los aserraderos.	15
3. Características técnicas de la sierra principal de los aserraderos.	16
4. Factor de Rendimiento del total del volumen aserrado en las seis industrias Forestales.	21
5. Rendimiento por categorías diamétricas de <i>Pinus oocarpa Schiede</i> .	22
6. Relación de variable diámetro y conicidad con el Factor de rendimiento.	26
7. Volumen de madera subestimada por categorías diamétrica entre la medición directa versus estimada por las reglas madereras en las seis industrias.	31

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación de las industrias forestales de estudio, 2018	4
2. Capacidad instalada y de procesamiento.	16
3. Fuente de abastecimiento de madero rollo en las seis industrias forestales.	17
4. Plantas en vivero en cada industria forestal.	18
5. Factor de rendimiento por industria forestal.	20
6. Volumen aserrado, % de rendimiento y factor de rendimiento.	23
7. Coeficiente de correlación del volumen rollo y volumen procesado.	27
8. Coeficiente de correlación del diámetro menor (ssc) y volumen procesado.	28
9. Comparación de medición directa y reglas madereras.	30

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PÁGINA
1 Formato de registro No. 1: Características y especificaciones técnicas del aserradero.	39
2. Formato de registro No. 2: Experiencia y habilidad del operador principal del aserrío.	40
3. Formato de registro No. 3: Selección de trozas por clase diamétrica.	41
4. Formato de registro No. 4: Información a nivel de trozas a evaluar.	42
5. Coordenadas UTM de las Industrias Forestales.	43
6. Datos totales del volumen de las seis industrias y Factor de Rendimiento.	44
7. Datos totales del volumen de las seis industrias y Factor de Rendimiento.	45
8. Datos totales del volumen de las seis industrias y Factor de Rendimiento.	46
9. Rendimiento Volumétrico para la categoría 10 – 19.9 cm.	47
10. Rendimiento Volumétrico para la categoría 20 – 29.9 cm.	47
11. Rendimiento Volumétrico para la categoría 30 – 39.9 cm.	48
12. Rendimiento Volumétrico para la categoría 40 – 49.9 cm.	49
13. Rendimiento Volumétrico para la categoría 50 – 59.9 y 60 – 69.9	49
14. ANOVA de comparación de rendimientos por clase diamétricas	50

15.	Tabla del volumen de rendimiento de madera aserrada de <i>Pinus oocarpa</i> , utilizando la ecuación de la recta lineal $Y = - 0,0524 + 0,8827 (X)$.	51
16.	Equivalencia en m ³ y pt de los Factores de Rendimiento.	52
17.	Cálculos de medición directa y reglas madereras.	53
18.	Análisis de Mann-Whitney en la Medición Directa y la Regla Scribner.	54
19.	Análisis de Mann-Whitney en la Medición Directa y la Regla Doyle.	55
20.	Análisis de Mann-Whitney en la Medición Directa y la Regla Internacional.	56
21.	Imágenes del Estudio.	57

RESUMEN

El propósito de este estudio es analizar el rendimiento en la transformación de la madera en rollo a madera aserrada de la especie de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) en seis industrias forestales con aserríos portátiles con sierra principal sin fin en los departamentos de Nueva Segovia y Estelí. La caracterización determinó el tipo de maquinaria complementaria que transforma la madera, tipos mercados, permanencia de la mano de obra, fuentes de abastecimiento, inversiones, fuentes de financiamiento y principalmente las características técnicas de la sierra principal y el nivel de experiencia del operador en la maquina principal y su vinculación con el rendimiento de la madera aserrada. Para el análisis del rendimiento se estableció una muestra de 15 trozas de la especie de *Pinus oocarpa* Schiede por cada una de las 6 industrias forestales, para un total de 90 trozas, se midieron las dimensiones de los diámetros extremos para determinar el volumen en rollo utilizando la fórmula de Smalian, se sometieron al procesado de asierre para obtener madera común (tablas, reglas y alfajillas) a estos productos se midieron sus dimensiones largo, ancho y grosor con el fin de determinar el rendimiento de madera aserrada. El coeficiente de rendimiento global obtenido en las seis industrias fue de 75% (factor de rendimiento 1.3), al realizar el rendimiento por categorías diamétricas de 10-19.9 = 58% (factor 1.7); 20 - 29.9 y 30-39.9 = 66% (factor 1.5); 40-49.9 = 76% (factor 1.3) y 50-69.9 = <83% (factor 1.2), existe un coeficiente de correlación muy alta del diámetro respecto al volumen, indicando una perfecta asociación positiva y que a medida que aumenta una de las variables también aumenta la otra variable. Al comparar la medición directa del volumen de madera aserrada con la estimación volumétrica utilizando las tres reglas de estimación maderera (Scribner, Doyle y la Internacional) resultó que existe diferencia significativa entre la medición directa y las reglas: Doyle y Scribner y la que más se acerca al volumen obtenido de la medición directa es la Internacional con la que no existió diferencia significativa.

Palabras claves: rendimiento, madera en rollo, aserraderos, maquinaria.

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the performance in the transformation of roundwood to sawn wood of the pine species (*Pinus oocarpa* Schiede) in six forest industries with portable sawmills with endless main saw in the departments of Nueva Segovia and Estelí.

The characterization determined the type of complementary machinery that transforms the wood, types of markets, permanence of labor, sources of supply, investments, sources of financing and mainly the technical characteristics of the main mountain range and the level of experience of the operator in the main machine and its link to the performance of sawn wood.

For the analysis of the yield a sample of 15 logs of the pine species was established by each of the 6 forest industries, for a total of 90 logs, the dimensions of the extreme diameters were measured to determine the volume in roll using the formula of Smalian, were subjected to the process of sawing to obtain common wood (tables, rulers and grid planks) to these products were measured their length, width and thickness in order to determine the yield of sawn wood.

The overall coefficient of performance obtained in the six industries was 75% (yield factor 1.3), when performing the yield by diametric categories of 10-19.9 = 58% (factor 1.7); 20 - 29.9 and 30-39.9 = 66% (factor 1.5); 40-49.9 = 76% (factor 1.3) and 50-69.9 = <83% (factor 1.2), there is a very high correlation coefficient of the diameter with respect to the volume, indicating a perfect positive association and that as one of the variables also increases the other variable.

Then the direct measurement was compared with the volumetric estimation using the three timber estimation rules (Scribner, Doyle and the International) resulting in a significant difference between the direct measurement and the rules: Doyle and Scribner and the one closest to the measurement Direct is the International with which there was no significant difference.

Key words: yiel, roundwood, sawmill, machinery

I. INTRODUCCIÓN

La extensión de bosque en Nicaragua se estima en un 25% del territorio nacional, equivalente a unas 3, 254,145 ha, de estas 3, 180,466 ha (98%) corresponden al bosque natural y sólo unas 73,679 ha (2%) son plantaciones forestales. Del total de área de bosques, el bosque latifoliado ocupa 2, 760,018 ha (87%) y el bosque natural de conífera, 374,739 ha (12%), el restante corresponde a manglar con 28,919 ha y mixto con 16,789 ha según el Instituto Nacional Forestal en el Inventario Nacional Forestal (2008), pero según información del Instituto Nacional Forestal (INAFOR) esta cantidad se ha incrementado a 3.4 millones de hectáreas debido al manejo de la regeneración natural y las jornadas de reforestación que realiza el Gobierno a través de las alcaldías, centros educativos, organismos no gubernamentales (ONG'S) y el INAFOR.

El crecimiento continuo de la población junto con el consecuente aumento de la demanda de viviendas y de otras necesidades, se refleja en un incremento de la demanda de madera aserrada en los próximos años. Ello unido a la iniciada limitación de las existencias maderables, el elevado costo de la materia prima, suscita la necesidad de elevar la baja eficiencia de la conversión que se registra actualmente en la industria del aserrío, con la finalidad de aumentar los volúmenes de producción.

La industria forestal tiene como objetivo transformar la madera en rollo en madera procesada la cual desempeña funciones claves para la economía del país, si se aprovecha racionalmente, en este contexto el territorio nacional cuenta con 80 industrias operando a nivel nacional, estas se ubican en su mayoría en los departamentos Nueva Segovia y Estelí, en la región de la costa caribe en: Rosita, Prinzapolka, Alamikamba, Bilwi y Waspán por la abundancia del recurso bosque de pino.

El proceso de primera transformación convierte la madera en rollo en tablas, tablones, timber, vigas, durmientes, entre otros, utilizando maquinaria, equipo, recurso humano, fuentes de energía y dinero. Estos procesos requieren ser eficientes con el propósito de lograr mayor producción, con buena calidad de productos terminados y menores costos de producción. El manejo eficiente y provechoso de las operaciones de industrialización requiere de un trabajo cuidadoso a fin de obtener el mayor volumen de material útil y valioso de la troza; esas operaciones también deben convertir la troza en productos que cumplan con las especificaciones de calidad, dimensiones y acabado.

El rendimiento es un parámetro que sirve de base para que los manejadores de los aserraderos evalúen con relativa transparencia si las operaciones de producción están siendo ejecutadas correctamente en la industria forestal. Actualmente el factor de rendimiento que se utiliza en Nicaragua es 1.5 utilizado para todas las especies y tipo de sierras principales. El 1.5 equivale al 66% aprovechable de una troza, pero en realidad se sabe por pruebas elaboradas por dueños de industria que se llega a un aprovechamiento mayor del 85% teniendo relación significativa el tipo de sierra y el diámetro de las trozas.

Este estudio permitirá caracterizar y determinar el factor de rendimiento o coeficiente de rendimiento en la transformación de la madera en rollo a madera aserrada de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) en la industria de primera transformación con sierras principales Sin fin de corte horizontal (aserríos portátiles) y según las categorías diamétricas y contar con tablas nacionales de rendimiento aprobadas por INAFOR como un elemento de supervisión y control en la industria forestal. De igual forma el dueño de bosque, dueño industria forestal, regente forestal o cualquier persona que se dedique a la comercialización de madera en rollo podrá contar con una regla madera que mejor estime el volumen de madera aserrada que una troza puede producir y obtener mejor ganancia.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Analizar el rendimiento en la transformación de la madera en rollo a madera aserrada de la especie de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) en industrias forestales con aserríos portátiles con sierra principal sin fin en Nueva Segovia y Estelí.

2.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar las características técnica y sociales de los seis aserríos en estudio que influyen en el rendimiento de la transformación de la madera en rollo a madera aserrada de la especie de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) en Nueva Segovia y Estelí.
2. Determinar el factor de rendimiento de madera de rollo a procesada de la especie de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) general y por categoría diamétrica en seis industrias forestales con sierra principal sin fin en Nueva Segovia y Estelí.
3. Demostrar que regla maderera (Internacional, Doyle o Scribner) utilizada en la cubicación de madera en rollo a madera aserrada su resultado se aproxima al volumen de la medición directa de madera aserrada de *Pinus oocarpa* Schiede en seis industrias forestales con sierra principal sin fin en Nueva Segovia y Estelí.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación de las industrias forestales a caracterizar y evaluar

La selección de industrias caracterizadas y evaluadas se realizó mediante la clasificación según su sierra principal, esta información se basó en el formulario básico que se registra al momento de la renovación del permiso de operación de la industria que realiza anualmente, en este caso se seleccionó los aserríos portátiles con tipo de sierra sin fin y con permiso de operación vigente y operando, siendo ésta de mucho interés técnico por INAFOR.

En este caso son seis: San Judas Tadeo y Esquipulas en Mozonte, Ortez en Jalapa, San Nicolás en San Fernando, estos en Nueva Segovia y Hermanos Blandón y Rocha-Ruíz en Estelí, (Figura 1.) determinando la cantidad de 6 industrias (equivale al 75%), de las 8 industrias con sierra sin fin de corte horizontal que se encuentran distribuidas proporcionalmente en el departamento de Nueva Segovia y Estelí, otros criterios que se tomaron en cuenta al momento de la selección son: accesibilidad y disponibilidad de madera.

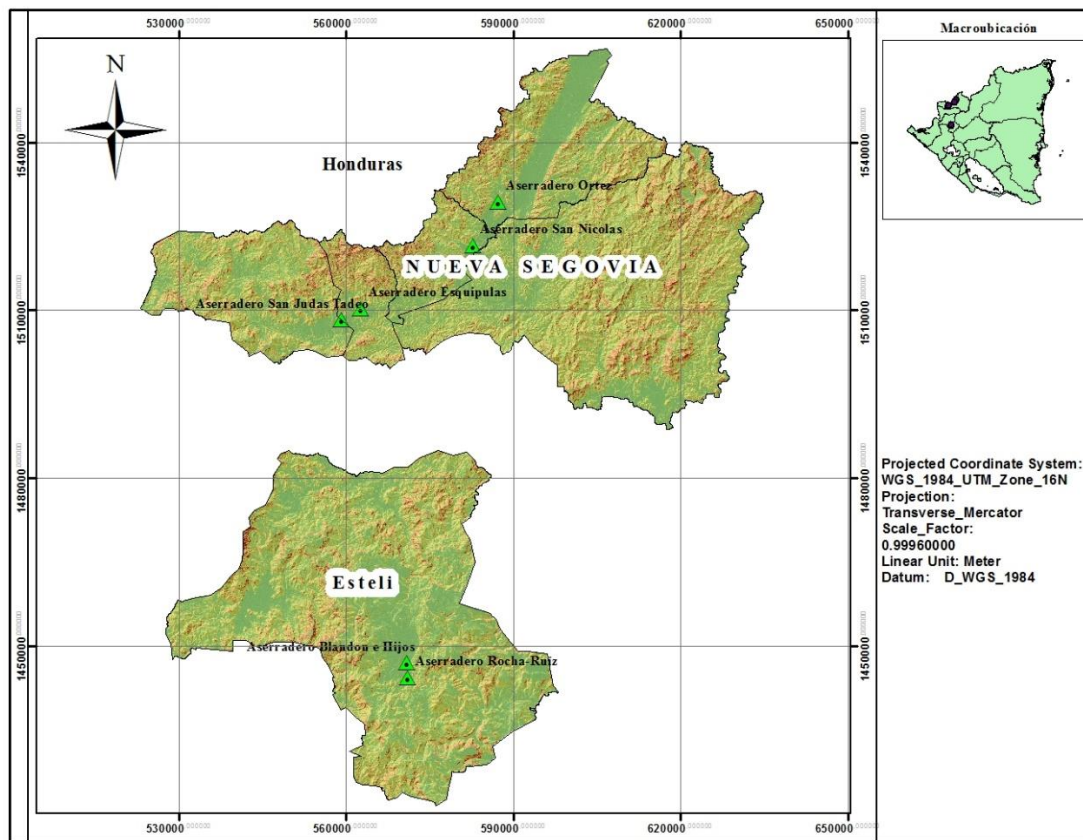


Figura 1. Ubicación de las industrias forestales de estudio, 2018

3.2 Levantamiento de información técnica y social en las seis industrias forestales

Este trabajo tuvo por objetivo caracterizar las seis industrias forestales como base para la toma de decisiones acertadas en función si las características técnicas y sociales influyen en el rendimiento de la madera de rollo a madera aserrada. Esta información se levantó en los meses de Marzo y Abril de 2015.

Se diseñaron formatos de registro de información (Anexos 1, 2, 3 y 4) para realizar entrevistas al personal, primeramente a los dueños de las industrias y administradores para conocer los datos legales de la industria (permiso de operación y ficha técnica del parque industrial, etc.) años de operación de la industria forestal y otros documentos brindados por Inafor. Se tomó la información sobre los recursos humanos tanto administrativo como operativo: sexo, edad, nivel académico, cantidad de trabajadores permanentes y temporales, mano de obra calificada y no calificada, etc.

En segundo momento se tomó tiempo y recorrido por el área de patio, área de procesamiento y área de afilado junto al responsable o dueño de la industria para entrevistar los operadores de la maquina principal con la finalidad de identificar las principales características de los aserraderos en relación al modelo, marca, tipo de sierra, entre otros; así como la experiencia del operador en años como aserrador empírico o capacitado, edad, nivel de educación básica o técnica, etc. Se entrevistó al afilador para identificar el tipo de maquinaria que utiliza, calibre de la cinta de aserrar, marca, tipo de diente, medidas de triscado, etc. Para el llenado de la información de campo se utilizó: cinta métrica, tablas de campo, lapiceros, cámara fotográfica, etc.

Otros datos de suma importancia como: fuente de abastecimiento de materia prima de la industria, tipo y medidas de la madera aserrada, comercialización de la madera aserrada, los planes de reposición del recurso forestal con que cuenta la industria, posibles proyectos de inversión para mejorar y diversificar el parque industria o la infraestructura, las fuentes de financiamiento con que cuenta la industria forestal, así como su respectiva georeferenciación.

Posterior al trabajo de campo se realizó la fase de procesamiento de datos donde se digitalizó la información, revisó y ordenó en formato Excel para dar paso al proceso de la generación de tablas dinámicas, gráficos, resúmenes y posterior realizar el análisis correspondiente.

3.3 Levantamiento de información para determinar el factor de rendimiento

3.3.1 Selección de la especie *Pinus oocarpa* schiede

La fuerte demanda de madera de *Pinus oocarpa* Schiede en los planes de manejo forestal de coníferas, especialmente en Nueva Segovia, Matriz y Estelí, dato comprobado por los registros del sistema de trazabilidad forestal y la necesidad del Inafor de brindar un factor de rendimiento para esta especie en las industrias forestales, seleccionó esta especie (*Pinus oocarpa* Schiede) que mayormente se procesa en los aserríos del norte de Nicaragua y por lo tanto tiene mayor demanda comercial en los mercados de la construcción, carpintería, entre otros.

3.3.2 Características generales de la especie *Pinus oocarpa* Schiede

De tamaño pequeño, mediano o grande, alcanza alturas de 45 m y DAP de hasta 1 m, corrientemente su tronco es recto y cilíndrico. Copa: irregular, ramas finas y relativamente ralas, las inferiores horizontales, las superiores más ascendentes. Corteza: color rojizo oscuro a grisáceo, fuertemente fisurada, se exfolia en bandas largas e irregulares, escamosas. Hojas: en forma de aguja, en grupos de cinco (ocasionalmente 3 o 4), de 14-25 cm de largo, erguidas, gruesas y ásperas, con bordes finamente aserrados. Flores: pequeñas, en inflorescencias terminales en la parte superior de la copa, y las masculinas en las ramas inferiores. Frutos: los conos son fuertes y pesados, ovoides a globosos, de 5-10 cm de largo, de color café oscuro, a veces con tinte verdoso, lustrosos, con escamas leñosas, en grupos de dos a tres en la rama. Las semillas son triangulares, pequeñas (4-7 mm de longitud), color café oscuro, con una ala membranosa color café de 10-12 mm de largo (IRENA, 1992).

3.3.3 Cantidad de trozas a evaluar

Para determinar la cantidad de trozas evaluadas se utilizó como base el documento “Estudio de Rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío” dicho manual establece que el número máximo sugerido por especie es de 120 trozas y el mínimo sugerido son 10 trozas por especie, atendiendo las normas del Comité Panamericano de Normas Técnicas (COPANT). Por efectos estadísticos la recomendación práctica es de 30 trozas por especie (Chávez, 1997).

Considerando lo anterior se estableció como parámetro para el presente estudio una muestra mínima de 15 trozas de la especie de pino por cada una de las 6 industria forestales, para un total de 90 trozas.

3.3.4 Selección de trozas

Se procedió a obtener las trozas al azar, desde las guías forestales de madera en rollo, identificando el número de guía y el número de la troza, se anotan los números de las trozas en un papel y se colocan en una bolsa, seguidamente se realizó un recorrido por el patio de acopio, tomando uno de los papeles de la bolsa, se observa el número y se identifica la troza con el número ubicado en uno de los extremos de la troza y se procedió al marcado y registro de datos de diámetros, longitud, rectitud, etc. en los formatos (Anexos 5 y 6).

3.3.5 Medición y valoración de la calidad de las trozas

Cada una de las trozas seleccionadas fueron medidas tomando en cuenta los siguientes elementos: diámetro de extremo mayor y menor en metros o centímetros, longitud de la troza en metros haciendo uso de cinta métrica y el respectivo formato para registrar la información.

La calidad de las trozas es una variable en la que se analizaron tres factores tales como: conicidad, rectitud y sanidad. La primera consiste en la diferencia entre el diámetro de la base y el diámetro de la punta con la distancia que la separa, se obtuvo a partir de las mediciones realizadas del diámetro menor y mayor, así como su longitud.

En el caso del factor rectitud se valoró a partir de la observación, considerando cuatro tipos de formas (Chávez, 1997).

- Derecha: troza recta en toda su longitud
- Semi-sinuosa: Si el alejamiento del eje longitudinal de la troza no es demasiado
- Sinuosa: cuando en algún sector de la troza este alejamiento es excesivo del eje longitudinal de la misma.
- Torcida: cuando la troza presenta gran desviación longitudinal formando ángulos.

Finalmente el factor sanidad, de igual manera se valoró a partir de la observación considerando el daño ocasionados por hongos e insectos y daños mecánicos, según los siguientes criterios de Chávez (1997).

- Troza sana: sin daños
- Troza afectada: con daños de hasta un 30% de la troza
- Troza dañada: con daños mayores a 30% de la troza

Las 90 trozas de nuestro estudio eran derechas y sanas.

3.3.6 Cubicación de madera en rollo

Para la determinación del volumen de madera en rollo se utilizó la fórmula Smallian utilizada oficialmente por el INAFOR, según González y Cuadra (2004).

$$V = \frac{(D_{\text{menor}} + D_{\text{mayor}})^2}{16} * 3.1416 * L$$

Donde:

- V = Volumen de trozas en metros cúbicos sólidos con corteza (ssc)
- D_{mayor} = Diámetro extremo mayor de la troza (m)
- D_{menor} = Diámetro extremo menor de la troza (m)
- L = Longitud de la troza (m)

3.3.7 Medición y cubicación de madera procesada

Las dimensiones a utilizar en este tipo de producto son: ancho, grueso y largo. El ancho y el grueso se miden en centímetros, y el largo se mide en metros. Para obtener el volumen, se divide cada medida de ancho y grueso entre 100, para luego multiplicar cada uno de ellos por el largo, y obtener el volumen en metros cúbicos m³

Con relación al cálculo del volumen de cada una de las piezas obtenidas, se utilizó la fórmula. (González y Cuadra 2004).

$$V = \text{Ancho (m)} \times \text{Grueso (m)} \times \text{Largo (m)}$$

Donde:

- V = Volumen de madera aserrada metros cúbicos
- Ancho de la pieza en metros
- Grueso de la pieza en metros
- Largo de la pieza en metros

3.3.8 Determinación del rendimiento de la madera

Según Chávez (1997) define como la relación entre el volumen de madera aserrada producido y el volumen de madera en troza antes del aserrado, expresado en porcentaje. Con el volumen calculado de las piezas de madera aserrada obtenida y el volumen de la madera en rollo utilizada, se aplica la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\text{Volumen de las piezas (m}^3\text{)}}{\text{Volumen de la troza (m}^3\text{)}} \times 100$$

Donde:

R: Rendimiento de madera aserrada (%)

- Vol/piezas: Volumen total de las piezas (m³)
- Vol/troza: Volumen de troza (m³)

Luego para encontrar el factor de rendimiento para madera común o escuadrada obtenida de la troza el INAFOR aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Facto de rendimiento} = \frac{100}{\% \text{ de rendimiento de la troza}}$$

3.3.9 Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de correlación, el cual determina el grado de relación que existe entre dos o más variables. En este caso se identificó la variable independiente y la dependiente. Se puede trabajar con dos o más variables, en este caso utilizamos la regresión lineal. Este tipo de análisis permitió expresar una relación entre las variables por medio de una ecuación. Lo que se trató de establecer es si existe relación entre dos variables (X y Y). En este caso, el volumen en troza está representado por la variable independiente X y el volumen obtenido de la madera aserrada está representado por la variable dependiente Y.

El análisis de regresión permite estimar o predecir una de las variables (dependiente), en función del conocimiento de la otra (independiente), basado en la ecuación de la recta. Siguiendo en el mismo tipo de análisis, primeramente se graficó y observó la tendencia que presenta la curva y ajustar al modelo que mejor represente la curva o al que presente el r^2 más elevado o que más se aproxime a uno (Chávez, 1997).

$$Y = a + bX$$

Donde:

- Y : Variable dependiente (p.ej. volumen de madera aserrada)
- a : Constante
- b : Coeficiente de regresión (Pendiente)
- X : Variable independiente (p.ej. volumen en troza; diámetro troza, longitud troza, etc.)

Para valorar los resultados del análisis de correlación entre las variables o el valor de r^2 se utilizó la siguiente tabla (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de r^2 (Chávez, 1997)

Valores de r^2	Descripción	valoración
1	Correlación perfecta	Satisfactorio
0.9 - 1	Correlación excelente	Satisfactorio
0.8 - 0.9	Correlación buena	Satisfactorio
0.6 - 0.8	Correlación regular	No aceptable
0.3 - 0.6	Correlación mala	No aceptable
< 0.3	No hay correlación	No aceptable

3.4 Análisis de las tres reglas madereras de la madera aserrada

Se realizó el análisis aplicando las fórmulas de cubicación de madera aserrada para ver si existen diferencias significativas entre la regla maderera Internacional, Doyle, Scribner con la medición directa de la madera procesada.

3.4.1 Regla Doyle

Según Prodan et al., citado por Flores y González (2006).

$$V = \frac{(d - 4)^2 L}{16} * (1 - 0.25)$$

V = Volumen expresado en pie tablar.

d = Diámetro de la sección menor de la troza sin corteza, expresado en pulgadas.

L = Longitud de la troza expresado en pie.

(1-0.25) = Factor de ajuste que compensa la pérdida de costaneras

3.4.2 Regla Scribner. Según Bond (1914).

$$V = 0.79D^2 - 2D - 4 * L/16$$

V = Volumen expresado en pie tablar.

D = Diámetro de la sección menor de la troza sin corteza, expresado en pulgadas.

L = Longitud de la troza expresado en pie.

0.79 constante

3.4.3 Regla Internacional

Según Romahn y Ramírez (2010).

$$V = 0.88D^2 - 1.52D - 1.36$$

V = Volumen expresado en pie tablar.

D = Diámetro menor de la sección menor de la troza sin corteza, expresado en pulgadas.

- Para trozas de 16 pies y un ancho de corte de 4 mm.

Es común en la práctica de comercialización de madera en rollo, destinadas a los aserraderos, los dueños de bosque e industrias forestales estiman el volumen en pie maderero de madera aserrada empleando reglas madereras. Éstas corresponden a representaciones gráficas de la relación entre dimensiones y características de las trozas y el volumen del producto aserrado que rendiría una troza bajo una serie de supuestos o experiencias prácticas, Prodan et al., citado por Flores y González (2006).

Este análisis determinará cual regla maderera predice lo más cerca posible, el volumen de madera aserrada de una troza de pino (*Pinus oocarpa* Schiede) a partir de su diámetro menor y

pueda ser utilizada por dueños de bosques, industrias, regentes forestales, por lo tanto así, disminuir las pérdidas económicas.

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización técnica y social de las seis industrias forestales del estudio

La mayoría de los aserríos en los departamentos de Nueva Segovia y Estelí poseen sierras de tipo de banda (sin fin) muchos en mal estado, pero algunas ya cuentan con aserríos portátiles nuevos, como los Wood maizer, sencillos o hidráulicos de alto rendimiento productivo por las características de su sierra y potencia, ya muy pocos son los aserríos con sierra circulares que proporcionan considerable bajo rendimiento, generando un alto grado de desperdicio, por otro lado existe una evidente falta de recursos humanos con conocimientos técnicos, lo que limita disponer de una visión de desarrollo compatible con los mercados nacionales.

El INAFOR cuenta con información registrada de las características de las industrias forestales desde el año 2001, sin embargo, ésta no se actualiza cada año, por lo que se hace necesario disponer información actualizada con criterios de calidad y veracidad. Para ello se realizó la caracterización del tipo de maquinarias, especialmente las características de la maquina principal, experiencia en el aserrado de la troza, medidas de las piezas aserradas y otros elementos que podrían afectar el rendimiento de la madera procesada y otros datos que son de mucha importancia como la comercialización, tipo de mano de obra, áreas de los planteles, etc.

Las industrias estudiadas cuentan con permiso de operación vigente otorgada por el INAFOR siendo estas: Rocha-Ruíz código 0502-0112; Blandón e Hijos código 0502-0079, en Estelí; San Judas Tadeo código 1306-0024; Esquipulas código 1607-0153, en Mozonte; San Nicolás código 1310-0100 y Aserradero Ortez código 1302-0204, (Anexo 5.) esto significa que tuvieron que poseer un sin número de requisitos solicitados por el registro nacional forestal, en base a la Normativa de industrias forestales 13-2015 y pagos a la Dirección General de Ingresos (DGI), origen de la materia prima, parque industrial disponible, etc. A estas industrias el INAFOR les asigna un usuario en el sistema de trazabilidad donde la industria debe registrar los ingresos y egresos de madera según las guías forestales y al mismo tiempo registrar en los libros, sirviendo esto como una herramienta de monitoreo y seguimiento para evitar el procesamiento y comercialización de madera no autorizada.

Las razones sociales datan desde el año 1993 hasta 2017, pero sus dueños tienen mucha más experiencia en el sector forestal ya que siempre han sido dueños de más de una industria,

ubicadas en diferentes zonas forestales, especialmente la zona de Rosita y Prinzapolka en la Costa Caribe Norte. La industria Blandón e hijos es la que más años tiene de laborar (24 años) y la menor es la industria Esquipulas con 5 años (Cuadro 2).

Entre las variables consideradas en cada industria para determinar el tamaño de las mismas fue el área de infraestructura de trabajo y patio de acopio (Cuadro 2.) que disponen actualmente. Se muestra la suma de las áreas totales por cada industria forestal. Las áreas de infraestructura varían desde 1500 m² hasta los 133 m². Esto significa que hay industrias que cuenta con un parque industrial más variado en cuanto se refiere a maquinarias como es el caso San Judas Tadeo que posee dos Wood maizer un LT 40 y un LT 70 y varias máquinas complementarias y Hermanos Blandón, posee 4 Wood maizer modelo LT 40, lo que implica una infraestructura amplia para alojar la maquinaria y protección a los operarios.

4.1.1 Mano de obra en las seis industrias forestales

En cuanto a la mano de obra en las industrias durante el estudio se registraron una serie de elementos, entre ellos: la cantidad, género y la permanencia (Cuadro 2).

La cantidad de mano de obra de tipo permanente y temporal en todas las industrias forestales es variable, solamente la industria San Judas Tadeo tiene personal permanente mayoritario, esto se debe que al momento de levantar la información, la industria contaba con varios planes de manejo en extracción, pero en la demás industrias el número de personal contratado en su mayoría es temporal. La contratación de personal permanente o temporal está sujeto a la cantidad de planes de manejo con que cuente la industria. El personal permanente está conformado por los dueños de la industria, el contador, los guardas de seguridad y los regentes, si la industria cuenta con planes de manejo propio.

La mayoría de los trabajadores en los planteles de las industrias forestales no son calificados, siendo ellos los ayudantes de los operadores de la sierra principal, ayudantes en la reaserradora, despuntadora, palillera, aliñadores y cargadores de madera aserrada. La mano de obra calificada está conformada por los operadores de toda la maquinaria, son aquellos que tienen conocimiento práctico en el mantenimiento y uso de la maquinarias que procesan madera en rollo y/o procesada, uno de los que juega un papel muy importante es el afilador ya que este debe contar con mucha experiencia y cuidado en su labor.

El área administrativa cuenta con personal con experiencia empírica, como por ejemplo los patieros que tiene gran habilidad en la cubicación de madera. También dentro de los administrativos hay personal profesional en contaduría, pocas veces hay forestales administrando una industria forestal, esto se debe a los mejores honorarios ejecutando planes de manejos forestales, a mayor volumen que ingresan a la industria, mayor rentabilidad económica.

Las mujeres en las seis industrias forestales son apenas 9 de los 97 hombres que laboran, estas mujeres se limitan a trabajos relacionados con la cocina principalmente y en segundo lugar para las esposas de los dueños de las industrias que ejercen el papel de administrativas y/o contadoras, no se encontraron mujeres laborando como regentes forestales dentro de industria.

4.1.2 Experiencia y habilidad del operador de la sierra principal

Durante el estudio se determinó el nivel de calificación que tiene el personal que opera la sierra principal, en relación al grado de educación, preparación técnica o empírica. En las seis industrias los operadores de sierras sin fin son mayores de edad que va desde los 24 años hasta los 55 años de edad, el 90% con primaria incompleta y el 10% secundaria incompleta. Ninguno ha recibido capacitación teórica ni práctica para el procesamiento de trozas. Los conocimientos han sido adquiridos a través de la práctica y por el paso de orientaciones verbales por los de mayor edad que han sido parte del personal de las viejas industrias forestales en los años 70 y 80 en Nueva Segovia y la Costa Caribe, los restantes características generales se muestran a continuación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características generales de los aserraderos

Industria	Años de operación	Area infraest. (m ²)	Area de patio (ha)	Mano de obra Permanente	Mano de obra Temporal	Años de experiencia del aserrador
Blandon e hijos	24	480	2.52	11	2	5
Rocha-Ruíz	21	220	1.68	7	2	8
San Judas Tadeo	18	1500	1.35	28	3	25
Maderas San Nicolás	17	200	0.05	9	8	30
Aserradero Ortez	6	800	0.1	4	21	8
Esquipulas	5	133	0.25	3	8	2

Fuente propia

4.1.3 Especificaciones técnicas de la sierra principal de las seis industrias forestales

Las industrias evaluadas en su mayoría tienen aserríos de la marca Wood Maizer de los modelos 40 y 70 a excepción de Rocha-Ruiz que tiene un marca Cooks SAW 26. Las especificaciones técnicas son iguales, principalmente en el ancho de corte que es igual a 3 mm (Cuadro 3). Este ancho es utilizado para aserrar madera de pino por ser una madera suave y diámetros variables. Estos aserríos son modernos como los modelos 70 que tienen mandos hidráulicos y hasta cabina de protección para el operador.

Cuadro 3. Características técnicas de la sierra principal de los aserraderos

Nombre de la industria	Características técnicas de la sierra principal de los aserraderos								Fuente Motriz
	Marca	Modelo	Longitud (m)	Longitud de trozas (m)	Diámetro de trozas (cm)	Ancho de cinta (pulg)	Ancho de corte (mm)	Diametro volante (cm)	
Rocha-Ruiz	Cooks	Cooks SAW 26	8	6.7	91	1.5	3	66	Motor 50 HP Diesel
Esquipulas	Wood Maizer	LT70HD	8	6	91	1.5	3	48	Motor 35 HP Diesel
Ortez	Wood Maizer	LT40	8	6	91	1.5	3	48	Motor 30 HP Diesel
San Nicolas	Wood Maizer	LT15	8	6	91	1.5	3	48	Motor 23 HP Diesel
San Judas Tadeo	Wood Maizer	LT70	8	7.5	91	1.5	3	48	Motor 70 HP Elect
Blandón e Hijos	Wood Maizer	LT70	8	7.5	91	1.5	3	48	Motor 20 HP Elect

Fuente propia

La capacidad de producción por turnos de 8 horas, (Figura 2.) está definida por la cantidad de madera que ingrese a las industrias procedentes de los planes de manejo forestal, por lo general la producción es inferior a la capacidad instalada de la maquina principal.

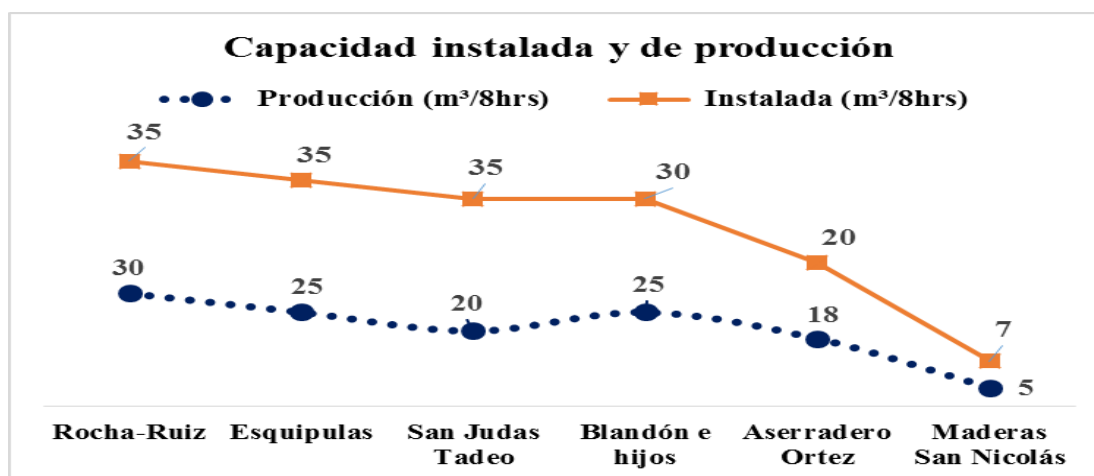


Figura 2. Capacidad instalada y de procesamiento.

4.1.4 Maquinaria complementaria en las seis industrias forestales

Los resultados muestran que las industrias disponen de una serie de maquinarias complementarias para la transformación de la madera, entre las que se destacan maquinarias de patio y maquinarias bajo techo. Las maquinarias de patio corresponden a: cargadoras frontales, Skider, tractores agrícolas y tractores de orugas y las máquinas bajo techo se logran identificar: despuntadoras, reaserradoras, canteadoras, cepilladoras, molduladoras, palilleras, despuntadoras, afiladora, motosierras, machimbradora, entre otras. También se encontraron juntas de bueyes para el transporte de las trozas, del patio de acopio a la maquina principal.

4.1.5 Fuente de abastecimiento de madera en rollo en las seis industrias forestales

Las fuentes de abastecimiento en las seis industrias son muy diversas San Judas Tadeo se abastece de plantación forestal de pino privada en un 70%; San Nicolás es el único que se abastece en un 100% de plantaciones y bosques propios y el Aserradero Ortez que se abastece en un 50% de bosque de pino propio, Las industrias Esquipulas, Rocha-Ruíz y Blandón e hijos compran la madera en un 100% a dueños de bosques particulares (Figura 3.)

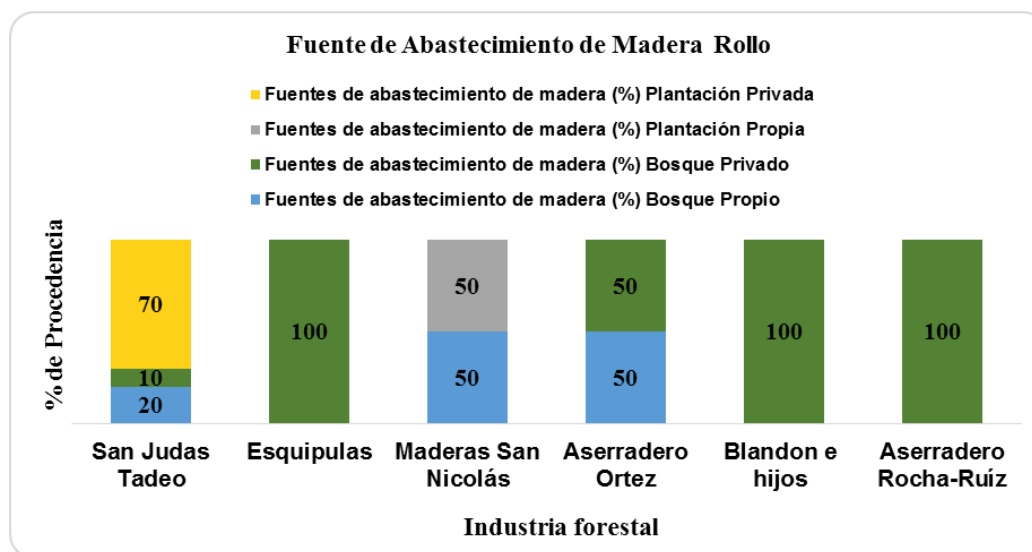


Figura 3. Fuente de abastecimiento de madero rollo en las seis industrias forestales.

4.1.6 Mercado y dimensiones de la madera en las seis industrias forestales

Se logró determinar los tipos de mercado que incursionan industrias para la comercialización de sus productos, entre estos se encuentra a nivel local y nacional. La venta a nivel local es mínima, en cuanto se refiere a madera común, la demanda se concentra a la venta de costaneras para cercas cuando son grandes. Los residuos de las palilleras se venden para leña que se utiliza en hornos para la quema de ladrillos, así como aserrín que se vende a C\$ 20.00 el saco para abono o para quemar en hornos. La madera común o escuadrada y la tabla la comercializan en su mayoría en Managua, León, Chinandega y Matagalpa, esta es utilizada en su mayoría para la construcción.

La mayor cantidad de productos elaborados por las industrias para diámetros pequeños de las trozas son: 1x2, 1x3, 2x2, 2x4, 1x6, 1x8. Cuando los diámetros son pequeños las industrias optan por procesar piezas para nasas, palillos y polines que obtienen mayor rendimiento. Cuando los diámetros son mayores a los 25 cm procesan 2x4, 2x6, 4x4, 4x6, 1x10, 1x12, 2x8, 2x10 2x12, en el caso de la madera tipo Timber se generan dimensiones de: 8x10, 10x12, 10x14. Las longitudes de la madera común va desde los 6, 8, 10, 12,14 y 16 pies, pero hay medidas especiales según los pedidos de los clientes y la disponibilidad de trozas grandes.

4.1.7 Producción de plantas de pino en vivero en las seis industrias forestales

Se realizó visita in situ para verificar si las industrias forestales están cumpliendo con lo establecido en la resolución administrativa 13- 2015 en su artículo 5, inciso d, referente a presentar un plan de producción (vivero) de al menos 10,000 plantas anuales. Los resultados indican que el 100% de las industrias forestales disponen de vivero forestal. Se registró la cantidad 86,200 plantas en vivero (Figura 4).

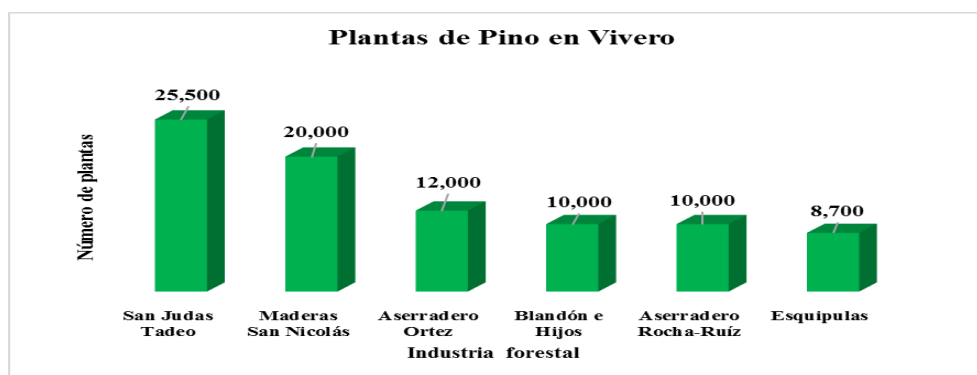


Figura 4. Plantas en vivero en cada industria forestal.

4.1.8 Inversiones y fuentes de financiamiento de las seis industrias forestales

Los tipos de inversiones que pretenden realizar los propietarios de industrias están orientadas a: maquinaria principal (aserrío), terreno, compra de materia prima y vehículos de carga. Con el objetivo de conocer cuál es la fuente de financiamiento que utilizan las industrias para su operación, se identificó a partir de tres opciones (Fuente de recursos propios, Banca nacional y Fuentes extranjera) los resultados muestran que las fuentes de recursos propios es la principal fuente que utilizan los propietarios de las industrias para el funcionamiento de sus industrias.

4.2 Factor de rendimiento de madera de rollo a procesada de la especie de pino (*Pinus oocarpa* Schiede)

Diversos estudios se han enfocado en el análisis del rendimiento y la productividad en especies de bosque templado, especialmente para coníferas y encinos, (Juacida y Saldivar 2000; Meneses y Guzmán 2000; Zavala y Hernández 2000; García et al., 2001; Zavala 2003; Murara et al., 2005; Nájera et al., 2006; Velázquez et al., 2006; Valerio et al., 2007; García et al., 2009; Estévez et al., 2010 y Nájera-Luna et al., 2011) y para maderas tropicales se han realizado estudios enfocados al análisis del proceso de asierre y a la determinación de rendimientos (Moya y Córdoba 1995; Guillén y Chávez 1996; García y Moya 1998; Biasi y Rocha 2006; Rueda-Sánchez et al., 2007 y Valera y Salvador 2009), según Zavala y Hernández (2000).

El factor de rendimiento de la madera se determinó de dos formas: a) agrupando el total de los volúmenes de las 90 trozas de *Pino oocarpa* muestreadas y relacionándolo con el total del volumen de la madera aserrada obtenida, (Anexo 6, 7 y 8) y b) agrupando la trocería por categorías diamétricas relacionadas con los volúmenes obtenidos de madera aserrada. Cabe señalar que las 90 trozas utilizadas este estudio eran rectas y cilíndricas característica del *Pinus oocarpa* Schiede.

Se obtuvo un coeficiente de rendimiento por industrias con una muestra de 15 trozas y su producto aserrado (Figura 5.) variando desde 1.2 (80%) a 1.4 (70%) por industria.

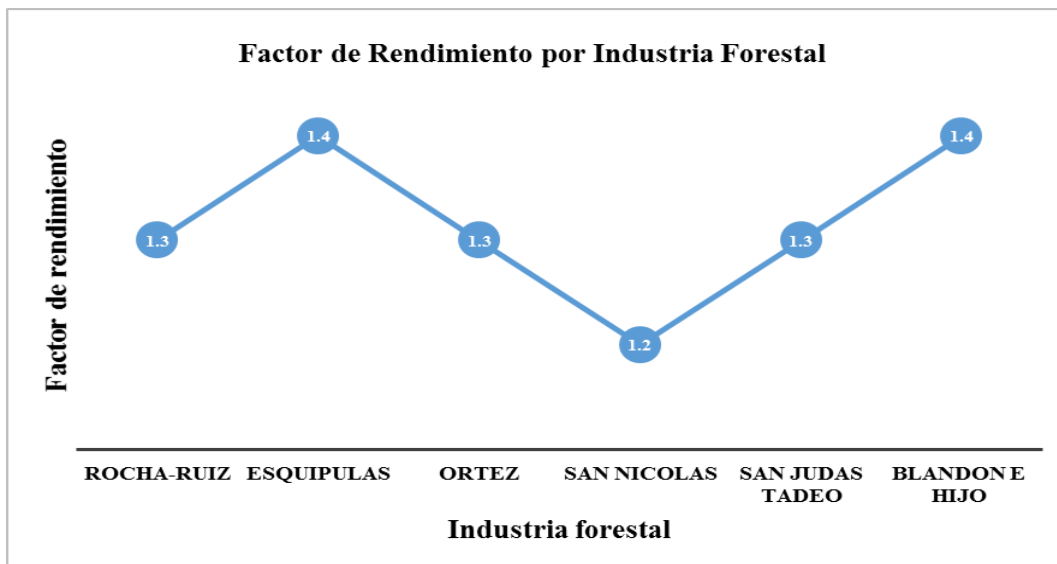


Figura 5. Factor de rendimiento por industria forestal.

La industria San Nicolás obtuvo un rendimiento de un 80% es posible relacionar este rendimiento con el tipo de diámetros utilizados y poco desperdicio de madera buena. Álvarez, *et al.*, (2003) establece que la incorrecta localización del corte de apertura tiene gran repercusión en trozas de pequeñas dimensiones, es posible que influya la experiencia del operador de la máquina principal ya que cuenta con 30 años operando Wood maizer, siendo este con mayor experiencia de todas las seis industrias, dato obtenido en la caracterización de las industrias. Entre más experimentado es un operador mejor es su disposición para aserrar la troza de la forma más adecuada, lo que dará como resultado un mejor aprovechamiento de la materia prima que entra a la sierra (Kontro 1998, citado por Flores y González, 2006).

Las demás industrias presentaron un rendimiento de 70% (factor 1.3 – 1.4) es el más común, con las categorías diamétricas utilizadas actuales, procedentes de los planes de manejo forestal de pino. Estos datos solo son de referencia ya que para efectos estadísticos la muestra debe de ser de 30 trozas como mínimo por industria (Chávez, 1997).

El rendimiento global en las seis industrias es 75% o sea un factor de rendimiento de 1.3 equivalente a 326 pie tablar por metro cubico de madera rollo (Cuadro 4.) este rendimiento es mayor al factor de rendimiento oficial de INAFOR el cual es 66% o sea 1.5 equivalente a 283 pie tablar por metro cubico, menor rendimiento de lo que se obtiene en las industrias. Para las industrias forestales el rendimiento oficial, establecido en la Resolución Administrativa No. 13-2015 en el artículo 13 es de 1.5 de la madera de *Pinus oocarpa* ha sido en su mayoría un

problema ya que en la realidad el rendimiento supera o disminuye los 283 pt/m³, alcanzando rendimientos ya supervisados por delegados y dueños de industrias de hasta 350 pt/m³ o sea un factor de rendimiento de 1.2 equivalente a más del 80%, esto trae como consecuencia que los dueños de las industrias se quedan con madera en patio y sin guías forestales para comercializar la madera procesada y se ven obligados a esperar largos procesos administrativos y técnicos para validar que la madera proviene o no de plan de manejo autorizado, mientras la madera pierde calidad y valor en el mercado.

El factor de rendimiento actual 1.5 es para todo tipo de sierra principal y no es lo mismo un ancho de corte de 11 mm de una Circular y un Sin fin de corte horizontal con ancho de corte de 3 mm y como sabemos el ancho de corte influye en el rendimiento, por lo tanto el 1.5 no se ajusta a los diferentes anchos de corte de asierre en las industrias, obteniendo variación significativas en los rendimientos. Este factor encontrado 1.3 se ajusta a la realidad que expresan los dueños de las industrias con sierra principal de corte horizontal. Existe otro escenario en la industria, cuando se proyecta rendimientos mayores al 1.5 las trozas son destinadas a la producción de nasas, palillos o en su mayoría polines y así disminuir las pérdidas, pero estas piezas egresan de la industria según el sistema de trazabilidad como madera escuadrada o común, elevándoles el rendimiento, pero el costo, es quedarse sin guías forestales para egresar el resto de madera procesada por haber completado el volumen autorizado.

Cuadro 4. Factor de Rendimiento del total del volumen aserrado en las seis industrias Forestales

Cantidad de trozas	Volumen rollo (m ³)	Volumen aserrado (m ³)	% rendimiento	Factor de rendimiento	Pie tablar
90	35.584	26.693	75	1.3	326

En el estudio realizado por Magalhães *et al.*, (2010), con el objetivo de evaluar la calidad del aserrío de trozas de *Pinus elliottii* en un prototipo de aserradero portátil construido en cooperación entre una institución de investigación y una empresa privada, el rendimiento encontrado fue mayor al 71% con un ancho de corte de 4 mm, diámetro medio menor de 34 cm y 3.10 m de largo. Japón acusa coeficientes de rendimiento nada menor que del 60 al 70%, Arreaga (2007), resultados similares al de este estudio.

Vital citado por Magalhães et al., (2010) el rendimiento de los aserraderos puede verse afectado por una serie de factores, incluido el nivel tecnológico de las máquinas utilizadas, el tipo de aserradero, el tipo de procesamiento de especies (coníferas o latifoliadas) y el diámetro de las trozas y también menciona que otros factores como la calidad de las trozas, equipos, mano de obra utilizada y las técnicas de aserradero aplicadas afectan el rendimiento.

La aplicación de los programas de optimización de la industria forestal permiten obtener resultados relevantes en la industria del aserrado (Alvares *et al.*, 2004). Al realizar el análisis de rendimiento por categorías diamétricas se establecieron cinco categorías diamétricas distribuidas de la siguiente manera (Cuadro 5), (Anexos 9, 10, 11, 12 y 13.)

Cuadro 5. Rendimiento por categorías diamétricas de *Pinus oocarpa Schiede*

Cantidad de trozas por cat.diam	% Trozas/cat. diamétrica	Clase diamétrica	Volumen rollo (m³)	Volumen aserrado (m³)	% rendimiento	Factor de rendimiento	Pie tablar
2	2.22	10 - 19.9	0.180	0.104	58	1.7	249
34	37.78	20 - 29.9	6.595	4.371	66	1.5	283
28	31.11	30 - 39.9	9.416	6.252	66	1.5	283
16	17.78	40 - 49.9	9.780	7.791	76	1.3	326
10	11.11	50 - 69.9	9.613	8.174	83	1.2	353
90	100						

El cuadro 5, muestra la distribución de las clases diamétricas para su análisis de rendimiento de madera aserrada, determinándose que el mayor porcentaje de trozas con un 37.78% se encuentran en el rango de 20 – 29.9 cm de diámetro y el menor porcentaje con 2.22% se encuentran en el rango de 10 – 19.9 cm de diámetro, con 5 clases diamétricas y una amplitud de intervalo de 9.9 cm.

Analizando el rendimiento por clase diamétrica de las trozas evaluadas, en la Figura 6. se puede observar los volúmenes ingresados y volúmenes obtenidos aserrados, donde nos indica que el volumen de las trozas ingresadas al proceso de rendimientos, aumenta proporcionalmente a medida que aumenta el diámetro de estas.

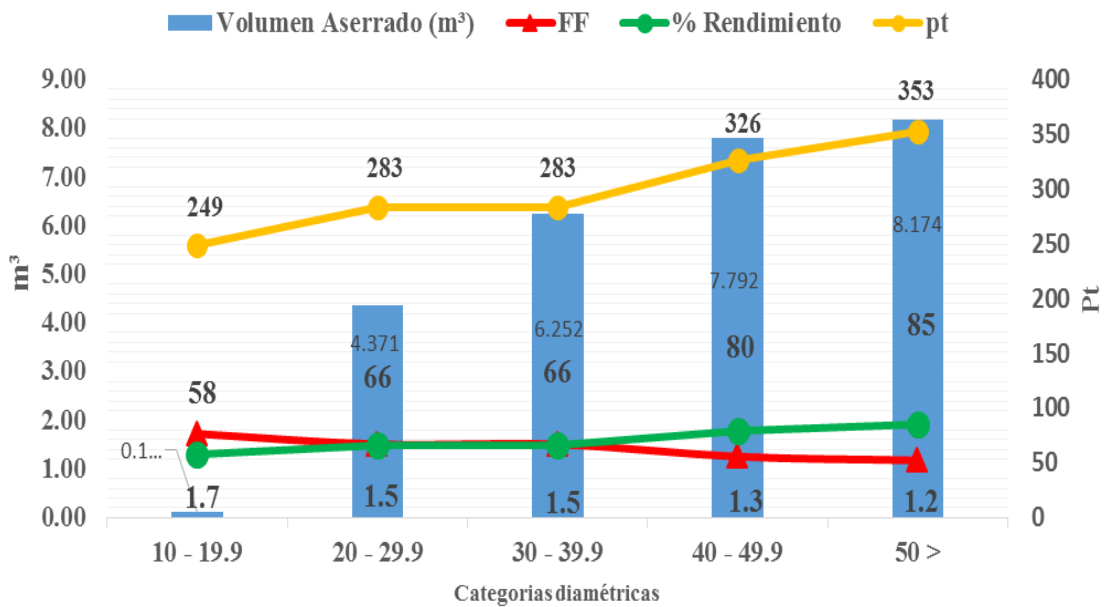


Figura 6. Volumen aserrado, % de rendimiento y factor de rendimiento.

Para la categoría diamétrica 10 – 19.9 cm se aprovecha el 58% por lo que no es rentable para las industrias forestales para procesarla en madera común, cuando estas trozas en lo general son utilizadas para procesar piezas de dimensiones pequeñas como son las nasas (trampas para camarones), palillos para escobas y polines. Esta categoría proviene de los saneamientos y raleos en el bosque que son relativamente pocos. Sin embargo se aprecia que en las categorías diamétricas 20 -29.9 cm y 30 – 39.9 cm, muestra un aprovechamiento de 66% de rendimiento y/o factor de rendimiento 1.5 para ambas clases diamétricas. Se observa la distribución porcentual del rendimiento, factor de rendimiento y volúmenes obtenidos aserrados para madera común por clase diamétrica y vemos que el rendimiento desde la clase diamétrica 40 – 49.9 cm a 50> cm va creciendo respectivamente.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de los rendimientos por clase diamétricas donde se observa que existen diferencia significativa (P.000) entre los promedios, indicando que influye las clases diamétricas en el rendimiento (Anexo 14). Con los resultados obtenidos y analizados se propone establecer un factor de rendimiento según categorías diamétricas ya que en la industria forestal ingresan diversidad de diámetros (trozas) provenientes diferentes tipo planes de manejo forestal.

Biasi y Rocha, citado por Magalhães *et al.*, 2010, estudiaron el rendimiento de madera aserrada de *Pinus elliottii* dividido en cuatro clases de diámetro (8-18 cm, 14-24 cm, 20-32 cm y 33-45 cm) y observaron un incremento de rendimiento con el aumento de las clases diamétricas.

Los datos obtenidos en este estudio, relación rendimiento versus categorías diamétricas son más altos que los obtenidos por Zavala y Hernández (2000:50) en el estudio Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino, los cuales son los siguientes: El 51% para las categorías de 30 a 45 cm, de 50% para las categorías de 45 a 55 cm y de 60-65cm, y de 49% para las categorías de 25 a 30 cm, de 55 a 60 cm y de 65 a 70 cm, posiblemente por la interrelación tan regular de diámetros y calidades de la trocería utilizada en este estudio. Esta relación difiere con la tendencia determinada por Clark, (1974) y Philips, (1975), quienes establecen una proporción directa del coeficiente de aserrío con el diámetro de las trozas.

Otra investigación en *Pinus oocarpa* Schiede en Honduras para un ancho de corte de 2.0 mm, son de: 49.70 % para un diámetro de 6"(15.24 cm), 51.07 % para un diámetro de 8" (20.32 cm) y 58.79 % para un diámetro de 10"(25.40 cm). Similares a los obtenidos en este mismo tipo de tecnología (sierra de banda Wood Maizer) en el aserradero San Carlos, instalado en Taulabé, Comayagua, Honduras, C.A., donde los rendimientos fueron de 57 %. Y en el aserradero Los Mangos, instalado en La Villa de San Antonio, Comayagua, Honduras, C.A., en donde los rendimientos fueron de 52 %. (Duarte, E. s.f).

Schewere, citado por Solano, (2012) considera que en nuestro medio para fines estadísticos se emplea un factor de conversión en aserrío de 0.52 (52%) que significa que de 1m³ se obtiene 220 pt, para cualquier tipo de sierra, y para cualquier largo de troza y para cualquier diámetro.

Duran y Tuset, citado por Solano, (2012) realizaron una revisión acerca de los antecedentes del coeficiente de aserrío que citan seguidamente: FAO presenta en sus cuadros de equivalencia generales un coeficiente de 59% para coníferas y 55% para latifoliadas; autores norteamericanos dan como coeficiente representativos de un promedio y general para su país, el del 57%. También se encuentra referencias de 53.6% para pinos y de 51% para Douglas fir. Como cifra promedio del aserrado de coníferas en gran escala en Unión Soviética, un autor cita el coeficiente de 58% para tablas, más 8% por piezas aserradas pequeñas; para Finlandia se encuentra informados los siguientes coeficientes, obtenidos en el aserrado de pinos

silvestre con sierras alternativas múltiples: entre 63 y 67% según los diámetros que oscilan entre 15 cm. hasta 27 cm; para Canadá se encuentra citados los siguientes coeficientes en el aserrado de coníferas, con sierras circulares: 47.8% y 67.3% dependiendo de diámetro; con sierras sin fin: 51.8% y 72.7% dependiendo del diámetro y en Alemania se citan los siguientes coeficientes en el aserradero de trozas delgadas: con diámetro de 10 a 15 cm en la cabeza menor 45% con sierra sin fin y 44% con alternativa múltiple; con diámetro de 16 a 20 cm en la cabeza menor, 63% con sinfín y 62% con alternativa.

El diámetro de las trozas es uno de los factores que tiene efecto directo en la cantidad de madera aserrada, ya que al aumentar el diámetro, se incrementa su rendimiento (Fahey y Ayer-Sachet, 1993), Varios autores discuten acerca de las variables atribuibles a las trozas que pueden afectar el rendimiento y productividad del aserrío, ellos coinciden en que el diámetro, largo, conicidad y calidad son de las más importantes (Nájera et al., 2011; Liu y Zhang, 2005; Zhang y Tong, 2005; Wang et al., 2003; Maness y Lin, 1995; Steele, 1984). Citado por Halo, *et al.*, (2015).

Se ha determinado que la calidad de la madera aserrada decrece con la calidad de las trozas y que el coeficiente de aserrío se reduce con el aumento de los defectos de las trozas. En general las trozas torcidas generan menos madera que las rectas, para la misma categoría diamétrica y longitud, según Zavala y Hernández (2000).

Como regla empírica, Brown, Miller y Dobie, citado por Zavala y Hernández (2000) establecieron que por cada incremento de 0.1 en la relación torcedura/ diámetro, se reduce el coeficiente de aprovechamiento hasta en un 7% comparado con trozas rectas, y que el tiempo de asierre se incrementa hasta en un 40%.

Para esta investigación las muestras de las 90 trozas eran rectas y de buena calidad y por lo tanto no presentaban daños. Esta distribución refleja una calidad de trocería muy aceptable para el proceso de aserrío y con un efecto favorable para el factor de rendimiento para una muy buena proporción de madera aserrada de calidad obtenida. Sobre la incidencia o relación de las demás variables (Cuadro 6.) evaluadas con el volumen procesado, como es el diámetro de troza, longitud, conicidad y experiencia del operador; el análisis de Correlación de datos aplicado a cada una de ellas muestra la relación entre la variable dependiente en este caso el volumen de madera aserrada (y). Los resultados de los valores de r^2 son los siguientes.

Cuadro 6. Relación de variable diámetro y conicidad con el Factor de rendimiento

Relación entre variable (X/Y)	Valor r ²	
	Diámetro (X ₁)	Conicidad (X ₂)
Volumen Procesado (Y)	0.9005	0.8758

Los resultados de la tabla muestran que la variable x_1 (diámetro) y X_2 (conicidad) tienen una relación fuerte y positiva con la variable dependiente “y”, es decir que estos factores afectan el rendimiento de la madera procesada. En la medida que aumenten ambos parámetros se incrementa la diferencia entre los diámetros en ambos extremos de la troza. Por lo tanto, una de las formas de incrementar el rendimiento volumétrico es mediante la optimización del troceado, produciendo lógicamente madera aserrada de dimensiones requeridas (Egas *et al.*, 2001)

Hallock, citado por Zavala, (1996) respecto a la conicidad de las trozas, el coeficiente de aserrío disminuye con el aumento de la conicidad y el tiempo de asierre aumenta con el aumento de los defectos de las trozas, cuando las trozas se cubican con reglas madereras, a mayor conicidad corresponde un mayor coeficiente (factor de rendimiento) de aprovechamiento; pero si la cubicación se hace con el sistema de medición directa, el coeficiente de aserrío se reduce. En general las trozas torcidas generan menos madera que las rectas, para la misma categoría diamétricas y longitud (Zavala y Hernández, 2000).

Para Aldás, (2014), otro de los factores a tener en cuenta, particularmente en la sierra principal, para maximizar el volumen es la calidad de la troza. Las dimensiones y el volumen de la madera aserrada bajo las prácticas corrientes del procesamiento tienen una relación directa con las diferentes clases de calidad de trozas; por lo que se apoya por diferentes autores la relación de las características de la superficie de las trozas y el rendimiento de madera aserrada para establecer normas para la clasificación de trozas. El efecto de la calidad de la troza, especialmente la incidencia de trozas torcidas en la calidad y volumen de la madera aserrada.

El trabajo realizado por Blackwell y Stewart, citado por Magalhães *et al.*, 2010, hace una comparación entre modelos de aserraderos portátiles de los fabricantes Lucas Mill y Wood Maizer. El modelo de Lucas Mill utiliza sierra circular como elemento cortante y el de la Wood Maizer usa sierra cinta. De acuerdo a este estudio, la calidad de corte y el rendimiento

de la madera aserrada empleando equipo con sierra de cinta fueron superior al de la sierra circular. La diferencia básica es el espesor o ancho de corte. La industria en Nicaragua debe reducir el ancho de corte de la maquina principal, para elevar la eficiencia de la conversión mecánica de la madera en los aserraderos hasta un rendimiento volumétrico total entre 4.7 y 8.3 %, lo cual posibilita una mejor utilización de la madera como materia prima (Alvares et al., 2003). Con la utilización de los aserríos portátiles el subproducto como las costaneras y aserrín disminuye, aprovechando hasta un 90% de la troza.

El ancho de corte influye sobre el rendimiento de madera aserrada ya que una vía de corte ancha se traduce en más pérdida de fibras de madera en forma de aserrín y la disminución de la eficiencia de la maquinaria, en nuestro caso el ancho de corte fue de 3 mm (1 mm grosor de sierra y 2 mm de traba o triscado) con esta calibración se puede trabajar un mayor tiempo sin presentar una desviación en el corte, ya que las sierras con dientes trabados, entre mayor es la traba mayor es la tendencia a desviarse en el corte.

En nuestro estudio se consideró evaluar la experiencia del operador de la maquina principal, que se relaciona con el diagrama de corte por considerarse un factor determinante en rendimientos óptimos en la transformación de la troza a madera procesada, los operadores de las sierras principales poseen buena experiencia en el procesamiento de la troza hasta de 30 años en diferentes industrias, esto se acompaña que su salario se realiza por metro procesado.

Del total de las 90 trozas de *Pinus oocarpa* Schiede evaluadas en las seis industrias forestales los resultados estadísticos son los siguientes: (Figura 7.)

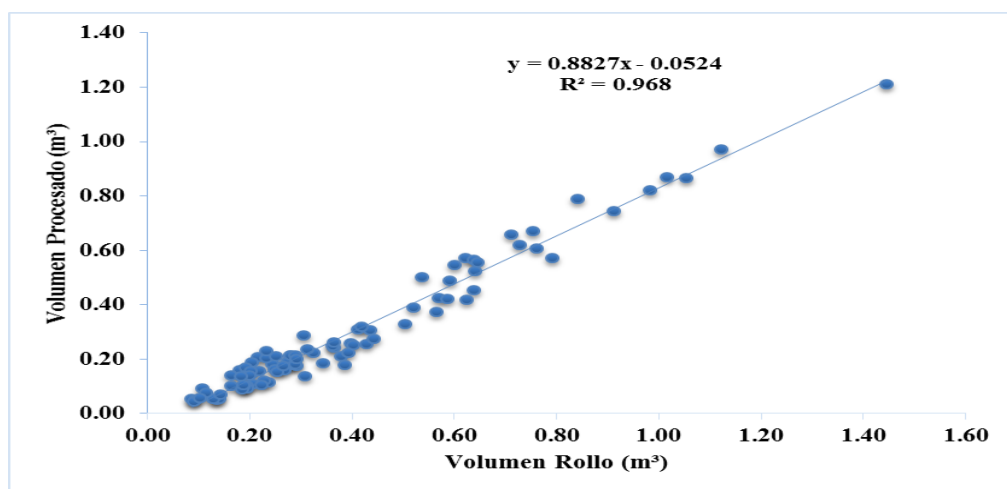


Figura 7. Coeficiente de correlación del volumen rollo y volumen procesado.

En la Figura 7, se describe que existe un coeficiente de correlación muy alta, de volumen rollo y el volumen procesado, indicando una perfecta asociación positiva y que a medida que aumenta una de las variables también aumenta la otra variable, esto significa que si aumenta el volumen rollo, aumenta el volumen aserrado, especialmente en trozas rectas y buena calidad. La ecuación para la estimación del rendimiento a partir del volumen de la troza, para cada aserradero se determinó a través de una correlación lineal siendo la ecuación $Y = -0,0524 + 0,8827X$ donde $-0,0524$ para la constante “a” y $0,8827$ para el coeficiente de regresión “b”, y “X” es una constante del volumen rollizo de la troza y “Y” el volumen aserrado esperado.

Si el dueño de bosque, de industria o cualquier persona que se dedique a la comercialización de madera, no solo podrá aplicar la ecuación anterior, también a partir del dato del diámetro menor sin corteza (Figura 8.) siendo la ecuación $Y = -0,31 + 2,1197X$ donde $-0,31$ para la constante “a” y $2,1197$ para el coeficiente de regresión “b”, y “X” es una constante el diámetro menor de la troza (ssc) y “Y” el volumen aserrado esperado.

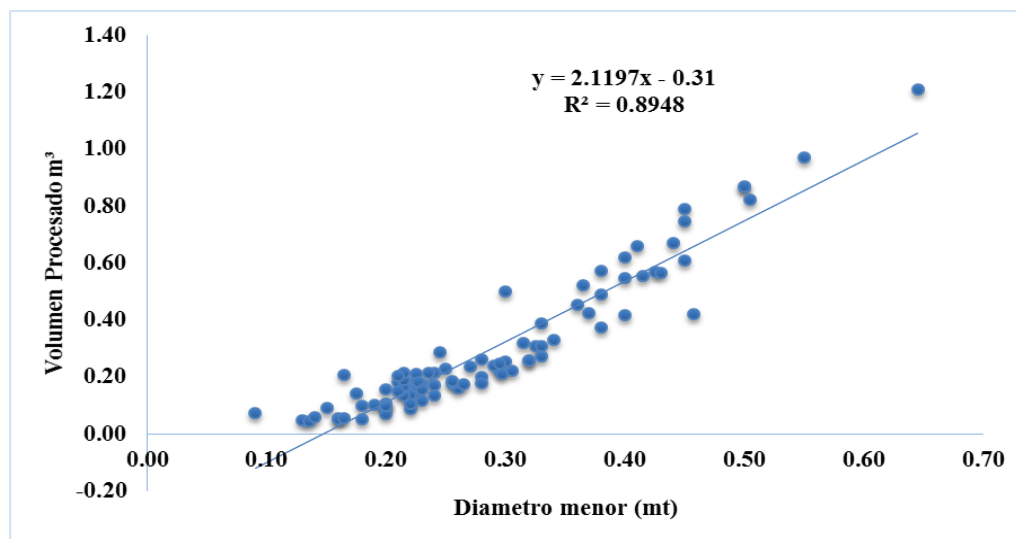


Figura 8. Coeficiente de correlación del diámetro menor (ssc) y volumen procesado

Dichas ecuaciones serán factible únicamente para la especie en estudio, lo que ayudará a realizar planificaciones sobre la comercialización de los productos. De esta manera se construye la tabla del volumen de rendimiento de madera aserrada únicamente para *Pinus oocarpa* Schiede, utilizando la ecuación de la recta lineal determinada, donde a partir del volumen rollizo y el diámetro menor (ssc) de la troza se puede predecir el volumen aserrado

para madera común (Anexo 15). Los rendimientos encontrados a nivel particular por los dueños de industrias están entre los rangos obtenidos en este estudio, el factor de rendimiento global 1.3 (Anexo 16.) beneficia a las industrias cuando ingresan trozas de diámetros mayores de los 45 cm, procedentes de planes de manejo, especialmente aquellos que se ubican en áreas protegidas, pero el mayor abastecimiento de la madera en las industrias proviene de áreas, fuera de reservas naturales y plantaciones de pinos con la tendencia a categorías diamétricas menores de 39 cm, bajando así, el rendimiento. Lo ideal será programar el sistema de trazabilidad, para que al momento de generar las guías forestales de madera en rollo, reconozca las categorías diamétricas y proyecte el factor de rendimiento y así el dueño de industria no tendrá excedente o pérdida al momento de la transformación de la troza a madera aserrada y el estado recibirá sus impuestos justamente.

La caracterización de las industrias forestales es un factor muy importante, porque conociendo las características de la maquina principal, experiencia del operador (aserrador) y hasta la fuente abastecimiento de la materia prima podemos tener idea de su posible rendimiento. El éxito de un aserradero radica, en gran parte, en lograr los mejores rendimientos posibles sin perjudicar al producto deseado, tanto en calidad como en dimensiones. La tecnología moderna se orienta así, por un lado, a perfeccionar el corte en cuanto a velocidad, delgadez y precisión para minimizar la producción de aserrín y, por otro, a analizar la materia prima, pieza por pieza, tanto a su entrada como en las diferentes etapas de su procesamiento con el fin de llegar al máximo aprovechamiento de la madera útil contenida en cada troza. (González, 2013).

4.3 Estimación de volumen y comparación de tres reglas maderera (Internacional, Doyle y Scribner) y los resultados directos del producto del aserrado

En la Figura 9, se presenta los volúmenes estimados por las reglas madereras y el volumen calculado de las piezas aserradas con sierra sin fin de corte horizontal por categoría diamétricas (Anexo 17). Estas reglas madereras son utilizadas desde la extracción de las trozas en los planes de manejo hasta la industria por dueños de bosque, comercializadores de madera en rollo y dueños de las industrias forestales.

Para todas las categorías diamétricas analizadas, las tres reglas de estimación maderera subestiman el volumen de madera procesada, esto indica que el volumen estimado por las tres reglas madereras es menor al volumen aserrado de las trozas.

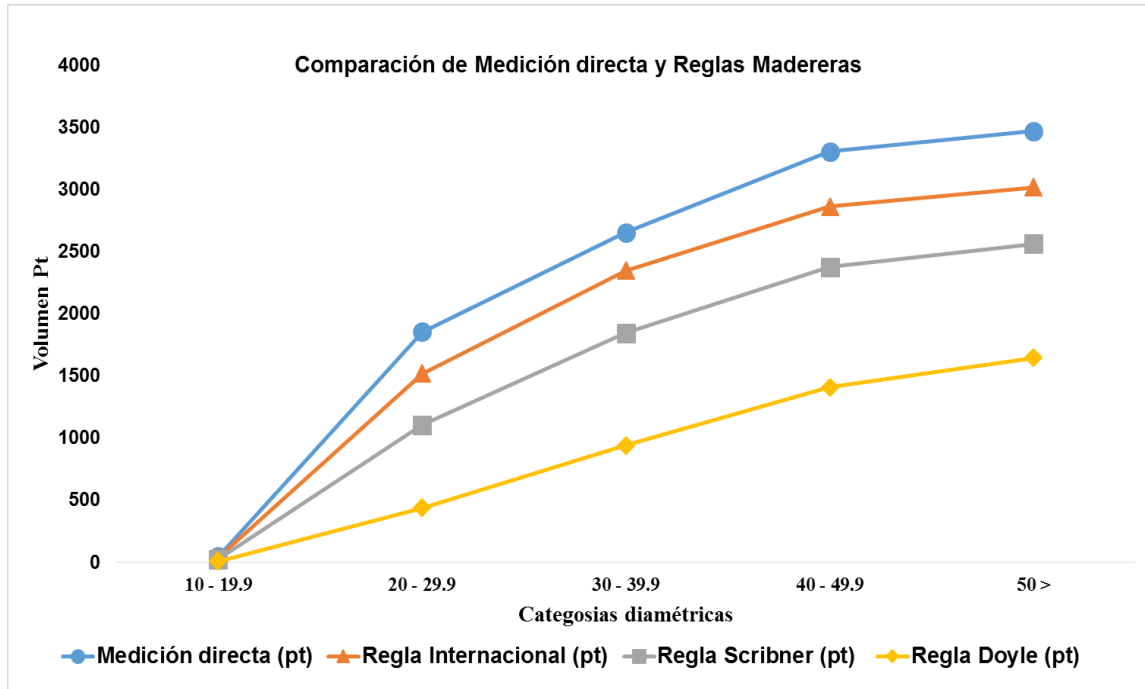


Figura 9. Comparación de medición directa y reglas madereras.

Sin embargo, al realizar el análisis estadísticos al aplicarse un análisis estadístico de Mann-Whitney para comparar el volumen de la madera aserrada (producto de la medición directa) con la regla Internacional, Scribner y Doyle encontramos que existen diferencias significativas entre la medición directa y la regla de Scribner ($p = 0.001$), (Anexo 18), medición directa y la regla de Doyle ($p = 0.000$), (Anexo 19). Sin embargo al comparar la medición directa con la regla internacional no se encontraron diferencias significativas ($p = 0.140$), (Anexo 20). Lo anterior indica que la regla Internacional estima volúmenes más cercanos a los calculados una vez procesada la madera aserrada, por lo tanto con esta regla el dueño de la industria, dueños de bosque y otras personas que se dediquen a la comercialización de madera en rollo deben utilizar para disminuir las pérdidas.

La literatura indica que cuando se emplea la regla Internacional no habrá exceso en la producción de madera aserrada. Sin embargo las pruebas realizadas en los aserraderos han demostrado que su exactitud sólo es relativa. Las trozas de pequeño diámetro tienden

a producir más madera aserrada que la indicada por la regla, debido principalmente a que dichas trozas se obtienen generalmente de las puntas de los fustes que tienen un aumento gradual en su diámetro mayor que el considerado por la regla. (Romahn y Ramírez, 2010).

Al utilizar la relación de la medición directa (medición de cada pieza de madera aserrada obtenida de la troza) versus la estimada (volumen de madera procesada que podría obtener de una troza) por las reglas madereras (Cuadro 7.) todas subestimaron, o sea que el volumen predicho es menor al volumen obtenido de la troza, la Internacional con un 13.6% menos, Scribner con 30.21% menos y Doyle con 60.86% menos, siendo ésta la que más subestimo la medición directa.

Es importante señalar que el volumen estimado con las reglas madereras y el volumen de la medición directa incrementan a medida que aumenta las categorías diamétricas. Esto nos indica que existen mayor rendimiento con diámetros mayores.

Cuadro 7. Volumen de madera subestimada por categorías diamétrica entre la medición directa versus estimada por las reglas madereras en las seis industrias

Clase diamétrica	Regla Internacional (pt)	Regla Scribner (pt)	Regla Doyle (pt)
10 - 19.9	-6.39	-22.68	-39.84
20 - 29.9	-335.07	-749.56	-1,418.72
30 - 39.9	-306.42	-809.65	-1,710.97
40 - 49.9	-443.63	-930.65	-1,896.99
50 >	-451.26	-906.43	-1,822.01
% subestimación	-13.63	-30.21	-60.86

Durante el aserrado de las trozas no se observó desperdicio intencional que muchas veces se produce de material sano, como resultado de los esfuerzos realizados para obtener mejores calidades de madera, esta práctica es más común en las trozas de grandes dimensiones. En aserríos poco eficientes (por ejemplo ancho de corte) se tendrá un déficit en la producción de madera aserrada en trozas de todas las dimensiones. La buena condición de las trozas contribuyó al aprovechamiento máximo, así como la acertada fórmula de la regla internacional para trozas de 16 pies y un ancho de corte de 1/8 (4 mm), cuando el ancho de corte utilizado fue de 3 mm.

La regla Scribner da volúmenes erróneos por defecto, tratándose especialmente de trozas de pequeño diámetro, por lo tanto es poca exacta. La regla Scribner no toma en cuenta el aumento gradual en el diámetro de las trozas y por consiguiente tampoco considera el aserrío de las costeras que se obtienen al escuadrar la troza y que produce tablas de pequeña longitud, práctica que no se realizaba en la época en que se construyó la regla. El error de la regla está constituido por una diferencia entre el volumen estimado con la regla como obtenible de un lote de trozas y la cantidad de madera aserrada realmente elaborada de tal manera que: Volumen estimado por la regla < Vol. real obtenido. (Romahn y Ramírez, 2010).

Según Romahn y Ramírez (2010), la regla de Doyle, los volúmenes que proporciona son muy inexactos. Las principales deficiencias de esta regla consisten en que se descuenta una cantidad muy pequeña por concepto de aserrín y en que deduce una cantidad muy grande en pérdidas por costeras y orillas; el factor de ajuste (1-0.25) se explica por una supuesta pérdida por ancho de corte y contracción que alcanza un 25%. Según Prodan et al., citado por Flores y González (2006).

En la mayoría de los aprovechamientos forestales de madera los árboles y trozas se compran o se venden según la cantidad de madera aserrada que pueden producir una vez cortados y aserrados, tomando como unidad el pie tablar, Romahn y Ramírez (2010) expresa que la ventaja de tomarse algunas medidas adicionales, tales como diámetros, longitudes o disminución gradual del espesor de la troza, curvaturas y otros efectos la cubicación puede hacerse hasta con una aproximación de 5%, manteniendo esta operación su carácter de estimación, ya que no se puede determinar de antemano lo que la sierra descubrirá (pudriciones, etc.) al ser aserradas las trozas, lo que puede influir en el volumen de madera aserrada que se producirá.

En la zona norte de Nicaragua, principalmente en Nueva Segovia desde las primeras industrias forestales y todo sector maderero siguen utilizado reglas madereras para la compra y venta de madera en rollo de *Pinus sp.*, pero el productor, principalmente ha sido afectado por los comercializadores porque aplican reglas que subestiman en exceso, logrando muy pocos ingresos para sus familias y gran beneficios para el comprador, con el análisis de las tres reglas madereras, el dueño de la industria, dueño de bosque o cualquiera persona podrá aplicar la regla Internacional para predecir el volumen que podría obtener de una troza de pino a partir del diámetro menor y obtener un precio razonable.

V. CONCLUSIONES

- La caracterización técnica y social en las industrias forestales, especialmente el tipo de sierra principal y personal con experiencia en aserrado, proporcionó antecedentes que influyen en el coeficiente de aserrío.
- Las industrias forestal se abastece de distintas fuentes, como plantaciones y bosques naturales propios, pero predomina la compra de madera a segundos.
- El factor de rendimiento global para *Pinus oocarpa* es de 1.3 (76%) equivalente a 326 pt/m³ para aserríos portátiles con ancho de corte de 3mm y trozas cilíndricas y de buena calidad.
- El diámetro de las trozas es el elemento que más influye sobre el rendimiento de madera.
- La forma más técnica para determinar el coeficiente de rendimiento es a través de las categorías diamétricas.
- La ecuación para la estimación del rendimiento a partir del volumen de la troza, para cada aserradero se determinaron a través de una correlación lineal siendo la ecuación $Y = - 0,0524 + 0,8827X$ esta es funcional únicamente para la especie *Pinus oocarpa* Schiede.
- La ecuación para la estimación del rendimiento a partir del diámetro menor la troza (ssc), para cada aserradero se determinaron a través de una correlación lineal siendo la ecuación $Y = - 0,31 + 2,1197X$ esta es funcional únicamente para la especie *Pinus oocarpa* Schiede.
- De acuerdo con lo analizado concluimos que la regla Internacional tiene más afinidad, por tal motivo su uso, es el más indicado para las industrias con banda sin fin de corte horizontal de 3 mm.

VI. RECOMENDACIONES

- Capacitar a los operadores a fin de mantener o incrementar la eficiencia del proceso de transformación a madera aserrada.
- Realizar un estudio de rendimiento que incluya las costaneras y piezas que no poseen dimensiones uniformes para cuantificar cuanto aumentarían el rendimiento.
- Configurar el sistema de trazabilidad por categorías diamétricas y su correspondiente factor de rendimiento, para que al momento de generar las guías forestales de madera en rollo, estime un rendimiento lo más preciso posible.

VII. LITERATURA CONSULTADA

- Alvares, D; Jiménez, F; Prades, C y Estévez I. (2004). Eficacia de los Aserraderos. Monografías. (En línea).17p. Consultado el 6 Febrero de 2017. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos17/aserraderos/aserraderos.shtml>
- Alvares, D. L, Andrade, F. Chávez, P. Esteves, J y García, J.M. (2003). Análisis Matemáticos Para Elevar la Eficacia de los Aserraderos con Sierras de Bandas. (En línea). Universidad Autónoma de Chapingo. Revista Chapingo: Serie Ciencias forestales y del Ambiente. México. Vol. 9, núm. 1, Enero-Febrero. 89–94p. Consultado el 5 Febrero de 2017. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62990109>
- Aldás G. (2014). Rendimiento en el proceso de transformación de madera rolliza a madera escuadrada de pino (*Pinus radiata D. Don*), con dos tipos de aserradero, en la ciudad de Riobamba. (En línea) Tesis. Ing. For. Escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba- Ecuador. 126p. Consultado el 9 Octubre de 2017. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3296/1/33T0123%20.pdf>
- Arreaga J. (2007). Rendimiento en la transformación de madera en rollo a madera aserrada de la especie de caoba (*swietenia macrophylla*), en dos aserraderos del municipio de flores, peten. (En línea) Tesis. Ing. Universidad de San Carlos de Guatemala. 55p. Consultado el 27 Octubre de 2017. Disponible en: <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02573.pdf>
- Berthhand J. (2008). Caracterización del Rendimiento de las plantaciones forestales de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. (En línea) Tesis. Ing. Agr. Escuela Panamericana Zamorano, Honduras. 92p. Consultado el 10 Febrero de 2017. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2314/1/IAD-2008-T004.pdf>
- Bond, B. (1994). Understanding Log Scales and Log Rules. Department of Forestry, Wildlife and Fisheries. University of Tennessee. (En línea) 8p. Consultado el 10 Febrero de 2017. Disponible en: <https://extension.tennessee.edu/publications/documents/pb1650.pdf>
- Chávez, A. (1997). Estudio de rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío manual práctico. (En línea). Documento técnico No. 62. Santa Cruz, Bolivia. 29 p. Consultado el 5 de Febrero de 2017. Disponible en: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacg715.pdf

- Duarte, E. s.f. Costos de producción de madera aserrada de *Pinus oocarpa*. (En línea). Universidad Tecnológica de Centroamericana. Siguatepeque, Comayagua. Honduras 19 p. Consultado el 8 de Junio de 2017. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos57/costos-produccion-madera-aserrada/costos-produccion-madera-aserrada2.shtml>
- Egas, A; Álvarez, D; Estévez, I. (2001). Factores fundamentales para aumentar el rendimiento volumétrico en los aserraderos de Cuba. (En línea). Revista Chapingo serie de Ciencias forestales y ambientales. Vol. 7(2), núm. 165. Pp. 163 – 168. Consultado el 8 Junio de 2017. Disponible en: <https://chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file=completo&id=MTEzOQ==>
- Flores, R. y González, S. (2006). Evaluación preliminar del rendimiento de aserrado con motosierra en plantaciones de Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) en la comunidad Las Marías, Telica León. (En línea). Tesis ing. Ftal. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 55p. Consultado el 10 de Abril de 2017. Disponible en: <http://prepositorio.una.edu.ni10761tnk10f634.pdf>
- González, F. (2013). Evaluación de los indicadores de productividad de la línea de corte de trozas de grandes dimensiones de *Pinus caribaea var caribaea* en el Aserrío Álvaro Barba Machado perteneciente a la Empresa Forestal. (En línea). Tesis Msc. Ciencias Forestales. Universidad Pinar del Río, “Hermanos Saíz Montes de Oca. La Habana, Cuba. 91p. Consultado el 9 de Octubre de 2017. Disponible en: <http://rc.upr.edu.cu/bitstream/DICT/2140/1/Frank%20Ernesto%20Gonz%C3%A1lez%20Cabrera.pdf>
- González, Y. y Cuadra M. (2007). Estandarización de las unidades de medidas y cálculos de volúmenes de la madera. (En línea). Instituto Nacional Forestal. Managua, Nicaragua. 22p. Consultado el 20 de Marzo de 2018. Disponible en: http://www.adimau.com.uy/articulos/06_estandarizacion_de_unidades_de_medida.pdf

Halo, Pacheco; Nájera, J; Méndez, J. (2015). Factor de conversión de productos forestales en la industria de tarimas en Durango. (En línea). Revista Mexica de Ciencias forestales. Vol. 6(30), núm. 101. Pp. 90 – 105. Consultado el 8 Junio de 2017. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v6n30/v6n30a8.pdf>

Instituto Nacional Forestal, (2008). Resultados del Inventario Nacional Forestal. (En línea). Instituto Nacional Forestal Managua, Nicaragua. 2da edición. Consultado el 10 de Marzo de 2017. 229 p. Disponible en: <http://www.inafor.gob.ni/inventario/Pdfs/Informe%20Final%20.pdf>

IRENA (Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente, Nicaragua).1992. Árboles forestales útiles para su propagación. Servicio Nacional Forestal. Managua, Nicaragua. Consultado el 03 de Agosto de 2018. 262 p.

Magalhães, W. E., de Muniz, G. B., Ramírez, M. L., y Batista, D. C. (2010). Estudio de la productividad de corte en madera *pinus elliottii* utilizando un prototipo de aserradero portátil. Maderas: Ciencia y Tecnología. (En línea) 12(1) ,43-52p. Consultado el 5 Febrero de 2016. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=51380661&lang=es&site=ehost-live>

Romahn, C. y Ramírez, C. (2010). Dendrometría. (En Línea). División de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Chapingo. México. Consultado el 10 de Marzo de 2017. 312p. Disponible en: <http://dicifo.chapingo.mx/licenciatura/publicaciones/dendrometria.pdf>

Solano Villanueva, R. 2013. Estudio de la transformación primaria de la madera de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. (En línea). Lima, Perú, Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral (AIDER). 47 p. Informe PD 512/08 Rev.2 (I). Consultado 8 de Junio de 2017. Disponible en: http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2929/Technical/Technical%20report%20-%20Caracterizaci%C3%B3n%20del%20mercado%20y%20determinaci%C3%B3n%20de%20nichos%20de%2010%20especies%20de%20bosques%20secundarios.pdf

Zavala y Hernández (2000). Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino. *Madera y Bosques*. (En línea) Xalapa, México. Vol. 6, núm. 2. p. 41 – 55. Consultado el 5 Febrero de 2017. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61760204>

Zavala, Z. David (1996). Coeficiente de Aprovechamiento de trocería de pino en aserraderos de bandas. (En línea). *Revista Ciencia Forestal en México*. Vol. 21, núm. 79. Pp. 1 – 17. Consultado el 8 Junio de 2017. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/617/61760204.pdf>

VIII. ANEXOS

(Anexo 1) Formato de registro No. 1: Características y especificaciones técnicas del aserradero

	Variables	Descripción		
Generalidades	Marca:			
	Modelo:			
	Año:			
	Permanente:			
	Portátil:			
Carro porta trozas	Móvil:			
	Fijo:			
	Longitud:			
	Cantidad de escuadras:			
	Tipo de escuadras	Manual:		
		Mecanizada:		
	Tipo de transportadores:	Longitudinales:		
		Transversales:		
		De cadena:		
		De cables:		
De rodillos:				
Capacidades máximas de corte	Longitud de trozas:			
	Diámetro de trozas:			
Fuente motriz	Gasolina:			
	Diésel:			
	Eléctrico:			
	HP:			
Características de la sierra	De banda o sin fin:	Ancho de cinta (cm)		
		Calibre (mm)		
		Diámetro de volante (cm)		
		Largo de la cinta (m)		
	Circular:	Diámetro de la sierra (cm)		
		Calibre (mm)		
		Ancho de corte (mm)		

(Anexo 2) Formato de registro No. 2: Experiencia y habilidad del operador principal del aserrío

Nombre del aserradero:					
Código de operación:					
Nombre y apellido del operador:					
Sexo:					
Edad:					
No. Cédula:					
Qué nivel de educación tiene actualmente?. Seleccione					
<input type="checkbox"/>	Primaria	<input type="checkbox"/>	Universitaria		
<input type="checkbox"/>	Secundaria	<input type="checkbox"/>	Ninguna		
<input type="checkbox"/>	Técnica				
Hasta qué grado alcanzó según el nivel que seleccionó?. Describa					
<input type="text"/>					
Cuantos años de experiencia tiene de ejercer la labor de operador de aserrío					
<input type="checkbox"/>	0 - 5 años	<input type="checkbox"/>	16 - 20 años		
<input type="checkbox"/>	6 - 10 años	<input type="checkbox"/>	Mayor a 20 años		
<input type="checkbox"/>	11 - 15 años				
Qué tipo de preparación a tenido sobre la labor de operador de aserrío?					
<input type="checkbox"/>	Taller	<input type="checkbox"/>	Cursos	<input type="checkbox"/>	Postgrados
<input type="checkbox"/>	Charlas	<input type="checkbox"/>	Diplomados	<input type="checkbox"/>	Ninguno
En qué año fue el último evento de preparación en el que participó y cuál fue el tema principal?					
<input type="text"/>					

(Anexo 3) Formato de registro No. 3: Selección de trozas por clase diamétricas

No.	Código Troza	Nombre de la especie	Clases diamétricas		
			1	2	3
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

Anexo 5. Coordenadas UTM de las Industrias Forestales

Razon Social	Coordenadas	
	UTM X	UTM Y
Aserradero Rocha-Ruíz	571007	1444285
Blandón e Hijos y Compañía Limitada	570895	1446898
Aserradero Ortez	587344	1529379
Aserradero San Judas Tadeo	559101	1508273
Aserradero Esquipulas	562641	1510303
Maderas San Nicolas	582715	1521524

Anexo 6 Datos totales del volumen de las seis industrias y Factor de Rendimiento

IND	Nombre de la industria	Nombre de la especie	No. Troza	Diametro Mayor (cm)	Diametro menor (cm)	Longitud (cm)	Longitud (pies)	Clase diamétrica	Conicidad	Categoría conicidad	Volumen Rollo (m³)	Cant. Piezas	Volumen Aserrado (m³)	FCC (%)	FF
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	1	32.5	29.5	430	14	30 - 39.9	0.70	0 - 1.33	0.325	13	0.222	68.454	1.3
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	2	22.5	18	419	14	20 - 29.9	1.07	0 - 1.33	0.135	4	0.050	37.301	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	3	28	24	493	16	20 - 29.9	0.81	0 - 1.33	0.262	10	0.173	65.932	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	4	26.5	20	485	16	20 - 29.9	1.34	1.33 - 2.66	0.206	7	0.107	51.947	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	5	26.5	23	493	16	20 - 29.9	0.71	0 - 1.33	0.237	8	0.116	48.908	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	6	16	16	430	14	10 - 19.9	0.00	0 - 1.33	0.086	4	0.055	63.078	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	7	22	16	495	16	20 - 29.9	1.21	0 - 1.33	0.140	4	0.054	38.154	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	8	20	16.5	490	16	20 - 29.9	0.71	0 - 1.33	0.128	6	0.055	43.096	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	9	18	13	496	16	10 - 19.9	1.01	0 - 1.33	0.094	3	0.050	53.336	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	10	31	16.5	488	16	30 - 39.9	2.97	2.66 - 3.99	0.216	16	0.208	96.139	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	11	30	24	489	16	30 - 39.9	1.23	0 - 1.33	0.280	12	0.215	76.636	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	12	55	45	428	14	50 - 59.9	2.34	1.33 - 2.66	0.840	28	0.790	94.005	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	13	45	36	495	16	40 - 49.9	1.82	1.33 - 2.66	0.638	18	0.455	71.367	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	14	52	40	438	14	50 - 59.9	2.74	2.66 - 3.99	0.728	26	0.621	85.312	
1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	15	44	40	433	14	40 - 49.9	0.92	0 - 1.33	0.600	22	0.548	91.279	
Total											4.915		3.717		
IND	Nombre de la industria	Nombre de la especie	No. Troza	Diametro Mayor (cm)	Diametro menor (cm)	Longitud (cm)	Longitud (pies)	Clase diamétrica	Conicidad	Categoría conicidad	Volumen Rollo (m³)	Cant. Piezas	Volumen Aserrado (m³)	FCC (%)	FF
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	1	32	24	499	16.371391	30 - 39.9	1.60	1.33 - 2.66	0.307	18	0.137	44.616	1.4
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	2	36	32	438	14	30 - 39.9	0.91	0 - 1.33	0.398	16	0.259	65.194	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	3	38	32	444	15	30 - 39.9	1.35	1.33 - 2.66	0.427	18	0.257	60.071	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	4	32	29	498	16	30 - 39.9	0.60	0 - 1.33	0.364	15	0.241	66.247	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	5	43	34	432	14	40 - 49.9	2.08	1.33 - 2.66	0.503	20	0.329	65.478	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	6	22	15	401	13	20 - 29.9	1.75	1.33 - 2.66	0.108	2	0.092	85.351	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	7	25	19	509	17	20 - 29.9	1.18	0 - 1.33	0.193	9	0.103	53.091	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	8	25	20	486	16	20 - 29.9	1.03	0 - 1.33	0.193	11	0.093	48.043	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	9	29	22	443	15	20 - 29.9	1.58	1.33 - 2.66	0.226	9	0.120	53.007	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	10	29	21	497	16	20 - 29.9	1.61	1.33 - 2.66	0.244	13	0.181	74.191	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	11	39	30	431	14	30 - 39.9	2.09	1.33 - 2.66	0.403	17	0.253	62.800	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	12	45	41	490	16	40 - 49.9	0.82	0 - 1.33	0.712	24	0.659	92.667	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	13	40	37	490	16	40 - 49.9	0.61	0 - 1.33	0.570	20	0.424	74.271	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	14	42	38	494	16	40 - 49.9	0.81	0 - 1.33	0.621	23	0.571	92.046	
2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	15	44	30	500	16	40 - 49.9	2.80	2.66 - 3.99	0.538	22	0.501	93.191	
Total											5.807		4.220		

Anexo 7. Datos totales del volumen de las seis industrias y Factor de Rendimiento

IND	Nombre de la industria	Nombre de la especie	No. Troza	Diametro Mayor (cm)	Diametro menor (cm)	Longitud (cm)	Longitud (pies)	Clase diamétrica	Conicidad	Categoría conicidad	Volumen Rollo (m³)	Cant. Piezas	Volumen Aserrado (m³)	FCC (%)	FF
3	ORTEZ	Pino ocarpa	1	66	64.5	432	14	60 - 69.9	0.35	0 - 1.33	1.445	37	1.211	83.816	1.3
3	ORTEZ	Pino ocarpa	2	28	26	435.5	14	20 - 29.9	0.46	0 - 1.33	0.249	14	0.162	65.092	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	3	28	25.5	495	16	20 - 29.9	0.51	0 - 1.33	0.278	12	0.179	64.170	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	4	32.5	29.7	497	16	30 - 39.9	0.56	0 - 1.33	0.378	10	0.212	56.103	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	5	33	25.5	510	17	30 - 39.9	1.47	1.33 - 2.66	0.343	14	0.185	53.984	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	6	32.5	29.5	479	16	30 - 39.9	0.63	0 - 1.33	0.362	15	0.248	68.672	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	7	40	38	494	16	40 - 49.9	0.40	0 - 1.33	0.590	19	0.490	83.033	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	8	35	32.5	486	16	30 - 39.9	0.51	0 - 1.33	0.435	19	0.308	70.748	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	9	50	44	435	14	50 - 59.9	1.38	1.33 - 2.66	0.755	23	0.670	88.728	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	10	48	45.7	340.5	11	40 - 49.9	0.68	0 - 1.33	0.587	28	0.421	71.660	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	11	57	50.5	433	14	50 - 59.9	1.50	1.33 - 2.66	0.983	37	0.822	83.660	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	12	36.5	33	433	14	30 - 39.9	0.81	0 - 1.33	0.411	29	0.309	75.360	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	13	33.5	30.5	487	16	30 - 39.9	0.62	0 - 1.33	0.392	15	0.224	57.089	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	14	47	42.5	503	17	40 - 49.9	0.89	0 - 1.33	0.791	24	0.571	72.117	
3	ORTEZ	Pino ocarpa	15	29	22.5	513	17	20 - 29.9	1.27	0 - 1.33	0.267	15	0.159	59.654	
Total											8.264		6.170		
IND	Nombre de la industria	Nombre de la especie	No. Troza	Diametro Mayor (cm)	Diametro menor (cm)	Longitud (cm)	Longitud (pies)	Clase diamétrica	Conicidad	Categoría conicidad	Volumen Rollo (m³)	Cant. Piezas	Volumen Aserrado (m³)	FCC (%)	FF
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	1	26	22.5	439	14	20 - 29.9	0.80	0 - 1.33	0.203	69	0.188	92.491	1.2
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	2	27.5	22.5	368.5	12	20 - 29.9	1.36	1.33 - 2.66	0.181	83	0.158	87.592	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	3	23	17.5	507.5	17	20 - 29.9	1.08	0 - 1.33	0.163	89	0.141	86.203	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	4	26	21.5	432	14	20 - 29.9	1.04	0 - 1.33	0.191	174	0.169	88.324	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	5	27	20	504	17	20 - 29.9	1.39	1.33 - 2.66	0.219	123	0.156	71.523	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	6	31	21.5	506.5	17	30 - 39.9	1.88	1.33 - 2.66	0.274	126	0.190	69.315	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	7	31.5	21.5	504.5	17	30 - 39.9	1.98	1.33 - 2.66	0.278	56	0.215	77.267	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	8	27.5	21	504.5	17	20 - 29.9	1.29	0 - 1.33	0.233	90	0.205	87.979	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	9	28	22.5	501	16	20 - 29.9	1.10	0 - 1.33	0.251	189	0.212	84.313	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	10	31	23	508.5	17	30 - 39.9	1.57	1.33 - 2.66	0.291	134	0.176	60.490	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	11	27.5	23	401	13	20 - 29.9	1.12	0 - 1.33	0.201	135	0.157	78.273	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	12	31	23.5	496.5	16	30 - 39.9	1.51	1.33 - 2.66	0.290	137	0.215	74.103	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	13	31	24.5	505	17	30 - 39.9	1.29	0 - 1.33	0.305	104	0.286	93.639	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	14	31	22.7	508	17	30 - 39.9	1.63	1.33 - 2.66	0.288	110	0.183	63.510	
4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	15	26.5	25	445.5	15	20 - 29.9	0.34	0 - 1.33	0.232	132	0.231	99.572	
Total											3.600		2.881		

Anexo 8. Datos totales del volumen de las seis industrias y Factor de Rendimiento

IND	Nombre de la industria	Nombre de la especie	No. Troza	Diametro Mayor (cm)	Diametro menor (cm)	Longitud (cm)	Longitud (pies)	Clase diamétrica	Conicidad	Categoría conicidad	Volumen Rollo (m³)	Cant. Piezas	Volumen Aserrado (m³)	FCC (%)	FF	
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	1	52.5	45	488	16	50 - 59.9	1.54	1.33 - 2.66	0.911	27	0.745	81.827	1.3	
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	2	55	50	487	16	50 - 59.9	1.03	0 - 1.33	1.054	28	0.866	82.173		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	3	50.5	45	425	14	50 - 59.9	1.29	0 - 1.33	0.761	17	0.608	79.901		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	4	60.5	55	428	14	60 - 69.9	1.29	0 - 1.33	1.121	28	0.971	86.593		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	5	53.5	50	483	16	50 - 59.9	0.72	0 - 1.33	1.016	30	0.870	85.676		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	6	33.5	28	490	16	30 - 39.9	1.12	0 - 1.33	0.364	13	0.261	71.664		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	7	35	33	487	16	30 - 39.9	0.41	0 - 1.33	0.442	17	0.274	62.021		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	8	30	27	491	16	30 - 39.9	0.61	0 - 1.33	0.313	12	0.237	75.756		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	9	34	31.5	496	16	30 - 39.9	0.50	0 - 1.33	0.418	14	0.320	76.480		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	10	40	33	496	16	40 - 49.9	1.41	1.33 - 2.66	0.519	16	0.389	74.866		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	11	26.5	22	432	14	20 - 29.9	1.04	0 - 1.33	0.200	9	0.140	69.991		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	12	25	21.5	432	14	20 - 29.9	0.81	0 - 1.33	0.183	9	0.136	74.384		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	13	28	20	490	16	20 - 29.9	1.63	1.33 - 2.66	0.222	8	0.106	47.954		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	14	21	20	433	14	20 - 29.9	0.23	0 - 1.33	0.143	5	0.070	49.014		
5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	15	30	21	497	16	30 - 39.9	1.81	1.33 - 2.66	0.254	9	0.152	59.708		
Total											7.921		6.145			
IND	Nombre de la industria	Nombre de la especie	No. Troza	Diametro Mayor (cm)	Diametro menor (cm)	Longitud (cm)	Longitud (pies)	Clase diamétrica	Conicidad	Categoría conicidad	Volumen Rollo (m³)	Cant. Piezas	Volumen Aserrado (m³)	FCC (%)	FF	
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	1	49	36.5	446	15	40 - 49.9	2.80	2.66 - 3.99	0.640	23	0.523	81.697	1.4	
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	2	43	43	439	14	40 - 49.9	0.00	0 - 1.33	0.638	24	0.564	88.468		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	3	45	40	440	14	40 - 49.9	1.14	0 - 1.33	0.624	21	0.418	66.986		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	4	44.5	41.5	444	15	40 - 49.9	0.68	0 - 1.33	0.645	20	0.555	86.076		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	5	44	38	428	14	40 - 49.9	1.40	1.33 - 2.66	0.565	18	0.374	66.202		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	6	30	28	439	14	30 - 39.9	0.46	0 - 1.33	0.290	10	0.200	68.855		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	7	29.5	26.5	429	14	20 - 29.9	0.70	0 - 1.33	0.264	9	0.176	66.513		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	8	27.5	18	460	15	20 - 29.9	2.07	1.33 - 2.66	0.187	8	0.100	53.333		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	9	39	28	437	14	30 - 39.9	2.52	1.33 - 2.66	0.385	10	0.179	46.524		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	10	30	22	349	11	30 - 39.9	2.29	1.33 - 2.66	0.185	8	0.088	47.481		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	11	25	22	432	14	20 - 29.9	0.69	0 - 1.33	0.187	6	0.105	56.264		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	12	26.5	9	459	15	20 - 29.9	3.81	2.66 - 3.99	0.114	6	0.075	65.844		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	13	20	13.5	409	13	20 - 29.9	1.59	1.33 - 2.66	0.090	5	0.043	47.850		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	14	23.5	20	438	14	20 - 29.9	0.80	0 - 1.33	0.163	7	0.101	61.947		
6	NDON E HIJO CIA L	Pino ocarpa	15	20.5	14	433	14	20 - 29.9	1.50	1.33 - 2.66	0.101	4	0.059	57.879		
Total											5.078		3.559			
			No de Trozas	90							Total	35.584		26.693	75.013	
Factor de Rendimiento Promedio de las Seis Industrias Forestales															1.3	

Anexo 9. Rendimiento Volumétrico para la categoría 10 – 19.9 cm

Cant.troz/cat	IND	Nombre de la industria	Nombre de la especie	Clase diamétrica	Volumen Rollo (m³)	Volumen Aserrado (m³)	FCC (%)	FF
1	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	10 - 19.9	0.094	0.050	53.336	1.7
2	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	10 - 19.9	0.086	0.055	63.078	
Total					0.180	0.104		

Anexo 10 Rendimiento Volumétrico para la categoría 20 – 29.9 cm

Cant.troz/cat	IND	Nombre de la industria	Nombre de la especie	Clase diamétrica	Volumen Rollo (m³)	Volumen Aserrado (m³)	FCC (%)	FF
1	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.135	0.050	37.301	1.5
2	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.262	0.173	65.932	
3	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.206	0.107	51.947	
4	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.237	0.116	48.908	
5	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.140	0.054	38.154	
6	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.128	0.055	43.096	
7	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.108	0.092	85.351	
8	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.193	0.103	53.091	
9	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.193	0.093	48.043	
10	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.226	0.120	53.007	
11	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.244	0.181	74.191	
12	3	ORTEZ	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.249	0.162	65.092	
13	3	ORTEZ	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.278	0.179	64.170	
14	3	ORTEZ	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.267	0.159	59.654	
15	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.203	0.188	92.491	
16	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.181	0.158	87.592	
17	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.163	0.141	86.203	
18	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.191	0.169	88.324	
19	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.219	0.156	71.523	
20	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.233	0.205	87.979	
21	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.251	0.212	84.313	
22	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.232	0.231	99.572	
23	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.201	0.157	78.273	
24	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.200	0.140	69.991	
25	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.183	0.136	74.384	
26	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.222	0.106	47.954	
27	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.143	0.070	49.014	
28	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.264	0.176	66.513	
29	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.187	0.100	53.333	
30	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.187	0.105	56.264	
31	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.114	0.075	65.844	
32	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.090	0.043	47.850	
33	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.163	0.101	61.947	
34	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	20 - 29.9	0.101	0.059	57.879	
Total					6.595	4.371		

Anexo 11. Rendimiento Volumétrico para la categoría 30 – 39.9 cm

Cant.troz/cat	IND	Nombre de la industria	Nombre de la especie	Clase diamétrica	Volumen Rollo (m ³)	Volumen Aserrado (m ³)	FCC (%)	FF
1	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.325	0.222	68.454	1.5
2	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.216	0.208	96.139	
3	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.280	0.215	76.636	
4	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.307	0.137	44.616	
5	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.398	0.259	65.194	
6	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.427	0.257	60.071	
7	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.364	0.241	66.247	
8	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.403	0.253	62.800	
9	3	ORTEZ	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.378	0.212	56.103	
10	3	ORTEZ	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.343	0.185	53.984	
11	3	ORTEZ	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.362	0.248	68.672	
12	3	ORTEZ	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.435	0.308	70.748	
13	3	ORTEZ	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.411	0.309	75.360	
14	3	ORTEZ	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.392	0.224	57.089	
15	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.274	0.190	69.315	
16	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.278	0.215	77.267	
17	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.291	0.176	60.490	
18	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.290	0.215	74.103	
19	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.305	0.286	93.639	
20	4	SAN NICOLAS	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.288	0.183	63.510	
21	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.364	0.261	71.664	
22	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.442	0.274	62.021	
23	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.313	0.237	75.756	
24	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.254	0.152	59.708	
25	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.418	0.320	76.480	
26	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.290	0.200	68.855	
27	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.385	0.179	46.524	
28	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	30 - 39.9	0.185	0.088	47.481	
Total					9.416	6.252		

Anexo 12. Rendimiento Volumétrico para la categoría 40 – 49.9 cm

Cant.troz/cat	IND	Nombre de la industria	Nombre de la especie	Clase diamétrica	Volumen Rollo (m³)	Volumen Aserrado (m³)	FCC (%)	FF
1	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.638	0.455	71.367	1.3
2	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.600	0.548	91.279	
3	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.503	0.329	65.478	
4	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.712	0.659	92.667	
5	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.570	0.424	74.271	
6	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.621	0.571	92.046	
7	2	ESQUIPULAS	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.538	0.501	93.191	
8	3	ORTEZ	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.590	0.490	83.033	
9	3	ORTEZ	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.587	0.421	71.660	
10	3	ORTEZ	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.791	0.571	72.117	
11	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.519	0.389	74.866	
12	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.640	0.523	81.697	
13	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.638	0.564	88.468	
14	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.624	0.418	66.986	
15	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.645	0.555	86.076	
16	6	BLANDON E HIJO	Pino ocarpa	40 - 49.9	0.565	0.374	66.202	
Total					9.780	7.791		

Anexo 13. Rendimiento Volumétrico para la categoría 50 – 59.9 cm y 60 – 69.9

Cant.troz/cat	IND	Nombre de la industria	Nombre de la especie	Clase diamétrica	Volumen Rollo (m³)	Volumen Aserrado (m³)	FCC (%)	FF
1	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	50 - 59.9	0.840	0.790	94.005	1.2
2	1	ROCHA-RUIZ	Pino ocarpa	50 - 59.9	0.728	0.621	85.312	
3	3	ORTEZ	Pino ocarpa	50 - 59.9	0.755	0.670	88.728	
4	3	ORTEZ	Pino ocarpa	50 - 59.9	0.983	0.822	83.660	
5	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	50 - 59.9	0.911	0.745	81.827	
6	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	50 - 59.9	1.054	0.866	82.173	
7	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	50 - 59.9	0.761	0.608	79.901	
8	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	50 - 59.9	1.016	0.870	85.676	
Total					7.048	5.993		
Cant.troz/cat	IND	Nombre de la industria	Nombre de la especie	Clase diamétrica	Volumen Rollo (m³)	Volumen Aserrado (m³)	FCC (%)	FF
1	3	ORTEZ	Pino ocarpa	60 - 69.9	1.445	1.211	83.816	1.2
2	5	SAN JUDAS TADEO	Pino ocarpa	60 - 69.9	1.121	0.971	86.593	
Total					2.566	2.182		

Anexo 14. ANOVA de comparación de rendimientos por clase diamétricas

ANOVAa

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	4.928	1	4.928	2559.973	.000b
Residuo	.169	88	.002		
Total	5.098	89			

a. Variable dependiente: Volumen Procesado (m³)

b. Predictores: (Constante), Volumen Rollo (m³)

Anexo 15. Tabla del volumen de rendimiento de madera aserrada de *Pinus oocarpa*, utilizando la ecuación de la recta lineal $Y = - 0,0524 + 0,8827 (X)$

No. Troza	Volumen Rollo (m ³)	Volumen Aserrado (m ³)	Volumen Proyectado (m ³)	No. Troza	Volumen Rollo (m ³)	Volumen Aserrado (m ³)	Volumen Proyectado (m ³)
1	0.325	0.222	0.234	46	0.203	0.188	0.127
2	0.135	0.050	0.067	47	0.181	0.158	0.107
3	0.262	0.173	0.179	48	0.163	0.141	0.092
4	0.206	0.107	0.129	49	0.191	0.169	0.117
5	0.237	0.116	0.157	50	0.219	0.156	0.141
6	0.086	0.055	0.024	51	0.274	0.190	0.190
7	0.140	0.054	0.071	52	0.278	0.215	0.193
8	0.128	0.055	0.061	53	0.233	0.205	0.153
9	0.094	0.050	0.030	54	0.251	0.212	0.169
10	0.216	0.208	0.138	55	0.291	0.176	0.205
11	0.280	0.215	0.195	56	0.201	0.157	0.125
12	0.840	0.790	0.689	57	0.290	0.215	0.203
13	0.638	0.455	0.510	58	0.305	0.286	0.217
14	0.728	0.621	0.590	59	0.288	0.183	0.201
15	0.600	0.548	0.477	60	0.232	0.231	0.152
16	0.307	0.137	0.219	61	0.911	0.745	0.752
17	0.398	0.259	0.299	62	1.054	0.866	0.878
18	0.427	0.257	0.325	63	0.761	0.608	0.619
19	0.364	0.241	0.269	64	1.121	0.971	0.937
20	0.503	0.329	0.392	65	1.016	0.870	0.844
21	0.108	0.092	0.043	66	0.364	0.261	0.269
22	0.193	0.103	0.118	67	0.442	0.274	0.338
23	0.193	0.093	0.118	68	0.313	0.237	0.224
24	0.226	0.120	0.147	69	0.418	0.320	0.316
25	0.244	0.181	0.163	70	0.519	0.389	0.406
26	0.403	0.253	0.303	71	0.200	0.140	0.124
27	0.712	0.659	0.576	72	0.183	0.136	0.109
28	0.570	0.424	0.451	73	0.222	0.106	0.143
29	0.621	0.571	0.496	74	0.143	0.070	0.074
30	0.538	0.501	0.422	75	0.254	0.152	0.172
31	1.445	1.211	1.223	76	0.640	0.523	0.513
32	0.249	0.162	0.168	77	0.638	0.564	0.510
33	0.278	0.179	0.193	78	0.624	0.418	0.499
34	0.378	0.212	0.281	79	0.645	0.555	0.517
35	0.343	0.185	0.250	80	0.565	0.374	0.446
36	0.362	0.248	0.267	81	0.290	0.200	0.204
37	0.590	0.490	0.469	82	0.264	0.176	0.181
38	0.435	0.308	0.331	83	0.187	0.100	0.113
39	0.755	0.670	0.614	84	0.385	0.179	0.288
40	0.587	0.421	0.466	85	0.185	0.088	0.111
41	0.983	0.822	0.815	86	0.187	0.105	0.113
42	0.411	0.309	0.310	87	0.114	0.075	0.048
43	0.392	0.224	0.293	88	0.090	0.043	0.027
44	0.791	0.571	0.646	89	0.163	0.101	0.091
45	0.267	0.159	0.183	90	0.101	0.059	0.037

Anexo 16. Equivalencia en m³ y pt de los Factores de Rendimiento

M ³ rollo	FF	M ³ procesado	Pt	%
1	2	0.500	212	50
1	1.9	0.526	223	52
1	1.8	0.556	236	55
1	1.7	0.588	249	58
1	1.6	0.625	265	62
1	1.5	0.667	283	66
1	1.4	0.714	303	71
1	1.3	0.769	326	76
1	1.2	0.833	353	83
1	1.1	0.909	385	90

Anexo 17. Cálculos de medición directa y reglas madereras

IND	Nombre de la industria	No. Troza	Diametro Mayor (m)	Diametro menor (cm)	Diametro menor (m)	Diametro menor (pulgadas)	Longitud (cm)	Longitud (pies)	Longitud (m)	Clase diamétrica	Volumen Reollo (m ³)	Volumen Aseado (m ³)	Vol/pt	Regla Scribner (pt)	Regla Doyle (pt)	Regla Internacional (pt)
1	ROCHA RUZ	6	0.16	16	0.16	6.30	430	14	4.3	10-19.9	0.086	0.095	24.123	3.496	24.984	V=0.88D ² -2.0D+1.36
1	ROCHA RUZ	1	0.18	18	0.18	7.02	410	14	4.1	10-19.9	0.106	0.115	22.964	3.136	23.600	V=0.88D ² -2.0D+1.36
1	ROCHA RUZ	3	0.25	24	0.24	9.45	493	16	4.93	20-29.9	0.35	0.35	71.372	22.510	69.844	V=0.88D ² -2.0D+1.36
1	ROCHA RUZ	4	0.265	20	0.2	8.27	485	16	4.85	20-29.9	0.206	0.107	45.353	11.194	41.232	V=0.88D ² -2.0D+1.36
1	ROCHA RUZ	5	0.265	23	0.23	9.06	493	16	4.93	20-29.9	0.237	0.116	49.185	13.375	47.802	V=0.88D ² -2.0D+1.36
1	ROCHA RUZ	6	0.265	23	0.23	9.06	493	16	4.93	20-29.9	0.237	0.116	49.185	13.375	47.802	V=0.88D ² -2.0D+1.36
1	ROCHA RUZ	7	0.265	23	0.23	9.06	493	16	4.93	20-29.9	0.237	0.116	49.185	13.375	47.802	V=0.88D ² -2.0D+1.36
1	ROCHA RUZ	8	0.2	16.5	0.165	6.50	490	16	4.9	20-29.9	0.128	0.055	14.422	4.695	25.901	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	6	0.22	15	0.15	5.91	401	13	4.01	20-29.9	0.108	0.092	30.008	12.354	20.354	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	7	0.25	19	0.19	7.48	509	17	5.09	20-29.9	0.193	0.135	43.555	15.069	36.510	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	8	0.25	19	0.19	7.48	509	17	5.09	20-29.9	0.193	0.135	43.555	15.069	36.510	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	9	0.25	19	0.19	7.48	509	17	5.09	20-29.9	0.193	0.135	43.555	15.069	36.510	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	10	0.25	19	0.19	7.48	509	17	5.09	20-29.9	0.193	0.135	43.555	15.069	36.510	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	11	0.25	19	0.19	7.48	509	17	5.09	20-29.9	0.193	0.135	43.555	15.069	36.510	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	12	0.25	19	0.19	7.48	509	17	5.09	20-29.9	0.193	0.135	43.555	15.069	36.510	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	13	0.25	19	0.19	7.48	509	17	5.09	20-29.9	0.193	0.135	43.555	15.069	36.510	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	14	0.25	19	0.19	7.48	509	17	5.09	20-29.9	0.193	0.135	43.555	15.069	36.510	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	15	0.25	19	0.19	7.48	509	17	5.09	20-29.9	0.193	0.135	43.555	15.069	36.510	V=0.88D ² -2.0D+1.36
3	ORTEZ	1	0.26	22.5	0.225	8.86	513	17	5.13	20-29.9	0.267	0.159	67.572	16.621	54.228	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	1	0.26	22.5	0.225	8.86	513	17	5.13	20-29.9	0.267	0.159	67.572	16.621	54.228	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	2	0.275	22.5	0.225	8.86	439	14	4.39	20-29.9	0.203	0.188	79.514	15.935	54.228	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	3	0.275	22.5	0.225	8.86	439	14	4.39	20-29.9	0.203	0.188	79.514	15.935	54.228	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	4	0.26	21.5	0.215	8.46	368.5	12	3.685	20-29.9	0.181	0.158	67.180	13.376	54.228	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	5	0.26	21.5	0.215	8.46	368.5	12	3.685	20-29.9	0.181	0.158	67.180	13.376	54.228	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	6	0.27	20	0.2	7.87	504	17	5.04	20-29.9	0.219	0.156	66.293	11.633	41.232	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	7	0.27	20	0.2	7.87	504	17	5.04	20-29.9	0.219	0.156	66.293	11.633	41.232	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	8	0.275	21	0.21	8.27	504.5	17	5.045	20-29.9	0.233	0.205	86.920	14.131	46.226	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	9	0.275	21	0.21	8.27	504.5	17	5.045	20-29.9	0.233	0.205	86.920	14.131	46.226	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	10	0.275	21	0.21	8.27	504.5	17	5.045	20-29.9	0.233	0.205	86.920	14.131	46.226	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	11	0.275	21	0.21	8.27	504.5	17	5.045	20-29.9	0.233	0.205	86.920	14.131	46.226	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	12	0.275	21	0.21	8.27	504.5	17	5.045	20-29.9	0.233	0.205	86.920	14.131	46.226	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	13	0.275	21	0.21	8.27	504.5	17	5.045	20-29.9	0.233	0.205	86.920	14.131	46.226	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	14	0.275	21	0.21	8.27	504.5	17	5.045	20-29.9	0.233	0.205	86.920	14.131	46.226	V=0.88D ² -2.0D+1.36
4	SAN NICOLAS	15	0.265	25	0.25	9.84	445.5	15	4.455	20-29.9	0.232	0.231	97.948	23.387	69.330	V=0.88D ² -2.0D+1.36
5	SAN JUDAS TABE	11	0.265	22	0.22	8.66	432	14	4.32	20-29.9	0.200	0.140	59.214	14.436	51.492	V=0.88D ² -2.0D+1.36
5	SAN JUDAS TABE	12	0.25	21.5	0.215	8.46	432	14	4.32	20-29.9	0.185	0.136	57.895	13.262	48.325	V=0.88D ² -2.0D+1.36
5	SAN JUDAS TABE	13	0.25	21.5	0.215	8.46	432	14	4.32	20-29.9	0.185	0.136	57.895	13.262	48.325	V=0.88D ² -2.0D+1.36
5	SAN JUDAS TABE	14	0.265	20	0.2	7.87	433	14	4.33	20-29.9	0.143	0.070	25.701	9.994	41.232	V=0.88D ² -2.0D+1.36
5	SAN JUDAS TABE	15	0.265	20	0.2	7.87	433	14	4.33	20-29.9	0.143	0.070	25.701	9.994	41.232	V=0.88D ² -2.0D+1.36
6	BLANDON E HIJO	6	0.225	26.5	0.265	10.43	429	14	4.29	20-29.9	0.264	0.176	74.497	27.304	78.569	V=0.88D ² -2.0D+1.36
6	BLANDON E HIJO	7	0.275	18	0.18	7.09	460	15	4.6	20-29.9	0.187	0.100	42.283	6.740	32.062	V=0.88D ² -2.0D+1.36
6	BLANDON E HIJO	8	0.275	18	0.18	7.09	460	15	4.6	20-29.9	0.187	0.100	42.283	6.740	32.062	V=0.88D ² -2.0D+1.36
6	BLANDON E HIJO	9	0.275	18	0.18	7.09	460	15	4.6	20-29.9	0.187	0.100	42.283	6.740	32.062	V=0.88D ² -2.0D+1.36
6	BLANDON E HIJO	10	0.265	32	0.32	12.61	459	15	4.59	20-29.9	0.134	0.075	31.709	10.933	4.303	V=0.88D ² -2.0D+1.36
6	BLANDON E HIJO	11	0.265	32	0.32	12.61	459	15	4.59	20-29.9	0.134	0.075	31.709	10.933	4.303	V=0.88D ² -2.0D+1.36
6	BLANDON E HIJO	12	0.265	32	0.32	12.61	459	15	4.59	20-29.9	0.134	0.075	31.709	10.933	4.303	V=0.88D ² -2.0D+1.36
6	BLANDON E HIJO	13	0.2	13.5	0.135	5.31	409	13	4.09	20-29.9	0.090	0.043	18.285	8.342	1.088	V=0.88D ² -2.0D+1.36
6	BLANDON E HIJO	14	0.235	20	0.2	7.87	438	14	4.38	20-29.9	0.163	0.101	42.743	10.109	41.232	V=0.88D ² -2.0D+1.36
6	BLANDON E HIJO	15	0.235	20	0.2	7.87	438	14	4.38	20-29.9	0.163	0.101	42.743	10.109	41.232	V=0.88D ² -2.0D+1.36
1	ROCHA RUZ	10	0.31	0.265	24.5	11.41	438	14	4.3	30-39.9	0.325	0.222	94.200	29.807	99.689	V=0.88D ² -2.0D+1.36
1	ROCHA RUZ	11	0.3	0.24	24	9.45	489	16	4.89	30-39.9	0.280	0.215	90.975	27.327	62.844	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	1	0.32	28	0.28	11.02	439	16	4.39	30-39.9	0.306	0.251	86.684	18.186	57.280	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	2	0.32	28	0.28	11.02	439	16	4.39	30-39.9	0.306	0.251	86.684	18.186	57.280	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	3	0.32	28	0.28	11.02	439	16	4.39	30-39.9	0.306	0.251	86.684	18.186	57.280	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	4	0.32	28	0.28	11.02	439	16	4.39	30-39.9	0.306	0.251	86.684	18.186	57.280	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	5	0.32	28	0.28	11.02	439	16	4.39	30-39.9	0.306	0.251	86.684	18.186	57.280	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	6	0.32	28	0.28	11.02	439	16	4.39	30-39.9	0.306	0.251	86.684	18.186	57.280	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	7	0.32	28	0.28	11.02	439	16	4.39	30-39.9	0.306	0.251	86.684	18.186	57.280	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	8	0.32	28	0.28	11.02	439	16	4.39	30-39.9	0.306	0.251	86.684	18.186	57.280	V=0.88D ² -2.0D+1.36
2	ESQUIPUJAS	9	0.32	28	0.28	11.02	439	16	4.39	30-39.9	0.306	0.251	86.684	18.186	57.280	V=0.88D ² -2.0D+1.36
3	ORTEZ	1	0.39	0.3	0.3	11.81	431	16	4.31	30-39.9	0.364	0.253	102.200	30.484	96.508	V=0.88D ² -2.0D+1.36
3	ORTEZ	2	0.39	0.3	0.3	11.81	431	16	4.31	30-39.9	0.364	0.253	102.200	30.484	96.508	V=0.88D ² -2.0D+1.36
3	ORTEZ	3	0.39	0.3	0.3	11.81	431	16	4.31	30-39.9	0.364	0.253	102.200	30.484	96.508	V=0.88D ² -2.0D+1.36
3	ORTEZ	4	0.39	0.3	0.3	11.81	431	16	4.31	30-39.9	0.364	0.253	102.200	30.484	96.508	V=0.88D ² -2.0D+1.36
3	ORTEZ	5	0.33	0.265	25.5	10.34	510	17	5.1	30-39.9	0.343	0.185	78.441	28.607	72.074	V=0.88D ² -2.0D+1.36
3	ORTEZ	6	0.325	0.295	29.5	11.61	479	16	4.79	30-39.9	0.362	0.248	105.267	30.405	99.689	V=0.88D ² -2.0D+1.36
3	ORTEZ	7	0.35	0.325	32.5	12.80	486	16	4.86	30-39.9	0.435	0.308	130.424	39.761	123.264	V=0.88D ² -2.0D+1.36
3	ORTEZ	8	0.35	0.325	32.5	12.80	486	16	4.86	30-39.9	0.435	0.308	130.424	39		

Anexo 18. Análisis de Mann-Whitney en la Medición Directa y la Regla Scribner

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

	Formula	N	Rango promedio	Suma de rangos
VAR00003	Scribner	90	77.71	6994.00
	V Real	90	103.29	9296.00
	Total	180		

Estadísticos de prueba^a

	VAR00003
U de Mann-Whitney	2899.000
W de Wilcoxon	6994.000
Z	-3.293
Sig. asintótica (bilateral)	.001

a. Variable de agrupación: Formula

Anexo 19. Análisis de Mann-Whitney en la Medición Directa y la Regla Doyle

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

	Formula	N	Rango promedio	Suma de rangos
VAR00003	Doyle	90	63.82	5744.00
	V Real	90	117.18	10546.00
	Total	180		

Estadísticos de prueba^a

	VAR00003
U de Mann-Whitney	1649.000
W de Wilcoxon	5744.000
Z	-6.869
Sig. asintótica (bilateral)	.000

a. Variable de agrupación: Formula

Anexo 20. Análisis de Mann-Whitney en la Medición Directa y la Regla Internacional

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

	Formula	N	Rango promedio	Suma de rangos
VAR0	Internacional	90	84.77	7629.00
0003	V Real	90	96.23	8661.00
	Total	180		

Estadísticos de prueba^a

	VAR00003
U de Mann-Whitney	3534.000
W de Wilcoxon	7629.000
Z	-1.476
Sig. asintótica (bilateral)	.140

a. Variable de agrupación: Formula

Anexo 21. Imágenes del Estudio





**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**