

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



**“DISEÑO DE UNA RED DE CAMINOS CON FINES DE REALIZAR  
UN PLAN DE MANEJO FORESTAL DEL CICFOR – MACUYA CON  
SRTM, ARCGIS 10.5 Y GPS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO FORESTAL**

**CESAR AUGUSTO ALAMA CALDERON**

**PUCALLPA - PERÚ**

**2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**  
**COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 367**

En el laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, siendo las 11 horas con 20 minutos del día jueves 09 de marzo del 2018, se reunieron los miembros del jurado calificador conformado por los docentes:

- |                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| - Dr. Gabriel Mercado Jáuregui   | Presidente |
| - Dr. Marco Antonio Chota Isuiza | Miembro    |
| - Mr. Fredy Velásquez Ramírez    | Miembro    |

Para proceder a la evaluación de la tesis: **“DISEÑO DE UNA RED DE CAMINOS CON FINES DE REALIZAR UN PLAN DE MANEJO FORESTAL DEL CICFOR – MACUYA CON SRTM, ARCGIS 10.5 Y GPS”**; sustentado por el Bachiller: **CESAR AUGUSTO ALAMA CALDERON**, asesor, Dr. **FERNANDO VELÁSQUEZ DE LA CRUZ**, finalizada la sustentación de la tesis, se procedió a la formulación de las preguntas, las que fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia se **APROBADO** por **MAYORÍA**, con el calificativo de **BUENO**, quedando expedito para el otorgamiento de título profesional **INGENIERO FORESTAL**, después de la respectivas correcciones a la tesis.

Siendo las 12 horas y 30 minutos de la tarde se dio por concluido el acto académico, firmando en señal de conformidad los miembros del jurado:

---

Dr. Gabriel Mercado Jáuregui  
PRESIDENTE

---

Dr. Marco A. Chota Isuiza  
MIEMBRO

---

Dr. Fredy Velásquez Ramírez  
MIEMBRO

## ACTA DE APROBACIÓN

La presente Tesis fue aprobada por el jurado calificador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Dr. Gabriel Mercado Jáuregui

.....

Presidente

Dr. Marco Antonio Chota Isuiza

.....

Miembro

Dr. Fredy Velásquez Ramírez

.....

Miembro

Dr. Fernando Velásquez De La Cruz

.....

Asesor

Bach. César Augusto Alama Calderón

.....

Tesista

## DEDICATORIA

**A DIOS** por seguir dándome más tiempo de vida y ver a mi familia e hijos crecer.

**A MIS PADRES** Juan Alama Caramantín y Eli Soledad Calderón Chiroque por la formación que me brindaron en casa y la educación que fue y seguirá siendo ese bastón que será mi sostén para toda la vida.

**A MIS HERMANAS KARINA Y MARIBEL**, por estar siempre pendiente de mí.

**A MIS ABUELOS y TIOS** que me brindan sus consejos.

**A LA MADRE DE MIS HIJOS**, Yorlit Cinthia Amancio Palomino que siempre estuvo en las buenas y las malas, por esa gran energía que me contagiaba y me impulsaba a seguir adelante.

Mi agradecimiento infinito a todas estas personas que si no estuvieron a mi lado, siempre sentí esa energía de apoyo por parte de ellos, Y por último en Memoria de los que ya no están con nosotros pero se les siente espiritualmente.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) por darme la oportunidad de realizar mis estudios de Ingeniería Forestal y por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

A todos y cada uno de los profesores de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali por brindarme su amistad, por transmitir sus conocimientos y por consiguiente darme las herramientas necesarias para ser competitivo en el ámbito laboral.

Al Dr. Fernando Velásquez de la Cruz por su disposición para ser mi asesor, brindarme tiempo y confianza en todo momento y por haberme considerado para participar en el proyecto de investigación y con ello darme la oportunidad de realizar este trabajo.

A los trabajadores de Centro de Investigación y Capacitación Forestal - Macuya (CICFOR - MACUYA) por el apoyo para la realización de este presente trabajo.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>01</b>
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>03</b>
1.1 Formulación del problema.....	03
1.2 Objetivos de la Investigación.....	04
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO.....</b>	<b>05</b>
2.1. Antecedentes del problema.....	05
2.2. Modelos de elevación digital.....	07
2.3. Los datos del SRTM.....	09
2.4, Caminos forestales.....	11
2.5. Trazado de la faja del camino.....	17
2.6. Diseño de caminos con sistemas de información geográfica.....	20
2.7. Definición de términos básicos.....	21
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA.....</b>	<b>23</b>
3.1. Área de estudio.....	23
3.2. Tipo y nivel de investigación.....	24
3.3. Diseño y esquema de la investigación.....	25
3.4. Población y muestra.....	25

3.5. Instrumentos de recolección de datos.....	25
3.6. Procedimiento de recolección de datos.....	26
3.7. Tratamiento de los datos.....	27
3.8. Método de investigación.....	28
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>31</b>
4.1. Mapa del CICFOR – Macuya.....	31
4.2. Mapa de las curvas de nivel cada metro.....	31
4.3. Mapa de la red de drenaje.....	31
4.4. Mapa de las microcuencas.....	34
4.5. Mapa de la distribución de parcelas.....	37
4.6. Mapa de la red de caminos forestales.....	37
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>49</b>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Clasificación de las pendientes.....	15
Cuadro 2: Longitud de caminos pistas y superficie.....	16
Cuadro 3: Quebradas identificadas en el CICFOR - Macuya.....	34
Cuadro 4: Superficie de las microcuencas del CICFOR - Macuya.....	34
Cuadro 5: Longitud de los caminos en el CICFOR - Macuya.....	39
Cuadro 6: Densidad de los caminos en el CICFOR - Macuya.....	39



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sección del terraplén.....	18
Figura 2: Ubicación del área de estudio.....	24
Figura 3: Mapa del CICFOR -Macuya.....	32
Figura 4: Mapa de las curvas de nivel cada metro.....	33
Figura 5: Mapa de la red de drenaje.....	35
Figura 6: Mapa de las microcuencas.....	36
Figura 7: Mapa de los caminos principales, secundarios y de aprovisionamiento.....	38
Figura 8: Trocha del camino principal A.....	50
Figura 9: Trocha del camino principal B.....	50
Figura 10: Lectura de Datos en el camino Principal .....	51
Figura 11: Garita Sanango .....	51
Figura 12: Accediendo hacia la Garita de Control .....	52
Figura 13: Quebrada Sanango .....	52
Figura 14: DataBase caminos forestales CICFOR – Macuya.....	53
Figura 15: Distribución de parcelas con la herramienta Parcel Fabric .....	54
Figura 16: Distribución de parcelas con AutoCAD y edición con ArcGIS....	54

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación es el diseño de una red de caminos con el fin de realizar un plan de manejo forestal en el Centro de Investigación y Capacitación Forestal (CICFOR - Macuya) utilizando Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), ArcGIS 10.5 y Global Positioning System (GPS). El área del CICFOR - Macuya es de 2 469.70 ha, ubicado en el distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, región Huánuco. El punto de inicio de los caminos forestales se encuentra en el campamento central (9 019 150 mN y 499 010 mE), localizado en el lindero norte y el término en la garita Sanango (9 012 700 mN y 499 960 mE), localizado en el lindero sur. El trabajo de campo se realizó en el año 2016. La investigación se clasifica como tipo no experimental, exploratorio. La población está constituida por todos los caminos posibles que se pueden diseñar en el área del bosque CICFOR - Macuya y la muestra quedó compuesta por los caminos principales, secundarios y de aprovisionamiento diseñados siguiendo la línea divisoria de cuencas, con el menor cruce de quebradas. La metodología empleada consistió en el geoprocesamiento de los datos del Google Earth, SRTM y de GPS, con los programas informáticos Global Mapper, ArcGIS 10.5, gps y AutoCAD, para diseñar los mapas de curvas de nivel, red de drenaje, microcuencas, distribución de parcelas y de caminos forestales.

Se diseñó y terminó de abrir el camino principal A de 9 239,57 m y el camino principal B de 11 214,24 m. Se diseñó los caminos forestales secundarios con una longitud de 34 379,58 m y los caminos de aprovisionamiento con 15 996,52 m, con un total de 70 829.91 m. La densidad de los caminos principales es de 7,89 m/ha, de los caminos secundarios es de

13,27 m/ha. y de los caminos de aprovisionamiento es de 6,17 m/ha. La densidad total es de 27,33 m/ha. Este diseño es un paso previo, hasta que se realice el censo forestal, el cual determinara un mejor diseño de los caminos secundarios y de aprovisionamiento, de acuerdo con el volumen comercial.

**Palabras clave:** Camino forestal, Divisoria de cuenca, Plan de manejo.

## ABSTRACT

The objective of this research is the design of a network of roads to carry out a forest management plan in the Forestry Research and Training Center (CICFOR - Macuya) using Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), ArcGIS 10.5 and Global Positioning System (GPS). The CICFOR - Macuya area is 2 469.70 ha, located in the district of Tournavista, province of Puerto Inca, Huánuco region. The starting point of the forest roads is in the central camp (9 019 150 mN and 499 010 mE), located on the northern boundary and the Sanango station (9 012 700 mN and 499 960 mE), located on the southern boundary. The field work was carried out in 2016. The research is classified as a non-experimental, exploratory type. The population consists of all possible roads that can be designed in the forest CICFOR - Macuya and the sample was composed of the main, secondary and supply roads designed following the watershed dividing line, with the lowest crossing of streams. The methodology used consisted in the geoprocessing of the Google Earth, SRTM and GPS data, with the software programs Global Mapper, ArcGIS 10.5, dnrgps and AutoCAD, to design contour maps, drainage network, micro watersheds, distribution of plots and forest roads.

It was designed and finished to open the main road A of 9 239.57 m and the main road B of 11 214.24 m. The secondary forest roads with a length of 34 379.58 m and the supply roads with 15 996.52 m were designed, with a total of 70 829.91 m. The density of the main roads is 7.89 m / ha, secondary roads is 13.27 m / ha. and of the supply roads is 6.17 m / ha. The total density is 27.33

m / ha. This design is a preliminary step, until the forest census is carried out, which will determine a better design of the secondary and supply roads, according to the commercial volume.

**Keywords:** Forest road, Basin Divide, Management plan.

## INTRODUCCION

Los caminos forestales tienen la función principal, de dar acceso al bosque para la extracción de madera principalmente y para su ordenación y control. De todas las actividades del aprovechamiento forestal, la construcción de caminos es la que tiene mayor costo y causa más impacto, por lo que hay que tomar en cuenta aquellas acciones que repercuten directamente en el medio ambiente, mediante una adecuada planificación que permita reducir el impacto ambiental, económico y social de la misma.

Es bien conocido que en la región Ucayali los caminos forestales son diseñados con medios empíricos, por personas que, en base a su experiencia en el campo, ha desarrollado su propia metodología, encontrándose con variedad de dificultades, por el hecho de no conocer la topografía del lugar y donde tiene que invertir mayor tiempo buscando las mejores condiciones para la construcción de un camino, en conclusión, esta forma empírica genera mayor impacto. En cambio, el diseño de caminos forestales con un Sistema de Información Geográfica (SIG), abre más opciones de diseño y anticipan las posibles dificultades en el campo, siendo más productivos, ahorrando a la empresa concesionaria tiempo y capital de inversión.

En el presente estudio se diseña una red de caminos forestales con el fin de realizar un plan de manejo forestal del CICFOR - Macuya, mediante la aplicación de un programa informático (SIG), que permite conocer la topografía del terreno, previo al trabajo de campo, evitando así condiciones vulnerables o frágiles, tales como una pendiente pronunciada, cruces de ríos, quebradas.

En la actualidad ya se han diseñado caminos forestales dentro del área del CICFOR – Macuya, que dan acceso a las unidades de investigación, de práctica y con fines turísticos; pero aún no se ha diseñado una red de caminos que permita acceder a todo el bosque para el manejo y el uso adecuado de un mayor número de recursos del bosque.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La Universidad Nacional de Ucayali tiene un área reservada por el D.R. N° 036-87-AG-DFE para el Centro de Investigación y Capacitación Forestal-Macuya, con una superficie aproximada de 2,469.07 Ha. Ubicado a 250-300 m.s.n.m., con temperatura promedio de 25°C, Humedad Relativa media anual de 85% y precipitación pluvial anual de 2000 a 3000 mm (Estrada, 2007). Políticamente pertenece al Distrito de Tournavista, Provincia de Puerto Inca, Departamento de Huánuco, situado en el kilómetro 86 de la carretera Federico Basadre margen izquierda.

El área cuenta con ambientes y espacios donde profesionales en especial: profesores, estudiantes de pregrado y posgrado de la Universidad Nacional de Ucayali entre otras universidades realizan proyectos de investigación, prácticas y pasantías; en gran parte relacionadas a las ciencias forestales; ya que el Centro de Investigación y Capacitación Forestal (CICFOR) Macuya, pertenece a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

La Facultad de Ciencias Forestales y Ambiental de la Universidad Nacional de Ucayali, no tiene un Plan de Manejo Forestal para su Centro de Investigación y Capacitación Forestal – Macuya. Una de las razones por las que no se ha elaborado este plan, es porque no existe un mapa



de la red de caminos forestales actual y en base a esta red, planificar la apertura de más caminos para facilitar el censo forestal y establecer los Planes Operativos de aprovechamiento.

En este estudio se va a diseñar un mapa de caminos forestales con la base de datos del CICFOR – Macuya, GPS, SRTM y el Sistema de Información Geográfico ArcGIS 10.5. Los datos del SRTM bajados de internet, se procesan con ArcGIS 10.5 y se genera un mapa de drenajes y de divisorias de cuencas, sobre el cual se diseñan los caminos principales, secundarios y de aprovisionamiento.

## **1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL:**

- Diseñar el Mapa de la Red de Caminos para el Plan de Manejo Forestal del CICFOR – Macuya.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar y Actualizar el Mapa de Caminos Forestales del CICFOR - Macuya.
- Diseñar el Mapa de la Red de Caminos del Plan de Manejo Forestal del CICFOR - Macuya.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

ESTELA, E. (2011) diseñó el trazo de un camino forestal usando la información digital del Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), en el Centro de Investigación y Capacitación Forestal – Macuya (CICFOR - Macuya) de la Universidad Nacional de Ucayali. Utilizó un método comparativo mediante el cual se comparó el trazo de un camino forestal, utilizando el modelo de elevación digital del SRTM, descargado de internet con el software Global Mapper y procesados con el software ArcGIS 10.1, con los datos obtenidos en el campo por medio de un GPS Garmin 60 CSx y un nivel de ingeniero.

Determinó que el método de diseño de un camino forestal en el CICFOR - Macuya, utilizando la información del SRTM, es altamente satisfactorio permitiendo un trazado de un camino forestal en la Amazonía peruana con errores bajos. Obtuvo un promedio de pendiente de 1,81 grados (2,85%) con una desviación estándar de 1,3 grados (2.05%), estando por debajo de los valores encontrados por los otros métodos GPS y nivel de ingeniero, que presentan un promedio de 6,79 grados (10,7%) y 7,14 grados (11,27 %) respectivamente, concluyendo que la pendiente del DEM SRTM está subestimada.

GIL, O. (2013) planificó un camino forestal que unía el río Yucanya hasta la Parcela de Corta Anual en la concesión forestal Pucallpa Export, situado en la cuenca del río Yucanya, distrito de Masisea, Provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali, para evaluar la efectividad y confiabilidad en el campo el diseño de un camino forestal, utilizando sistemas de información geográfica mediante un análisis del Error cuadrático medio con un nivel de confianza al 95%, y la contribución en la reducción del impacto mediante la Matriz de Leopold. El diseño del camino forestal tuvo un error posicional de 20.60 metros, un error de altura de 9.20 metros y una diferencia de longitud 2,319.22 metros con pendientes de hasta 43° en zonas más accidentadas, como consecuencia se pudo obtener una orientación confiable del trazo diseñado mediante SIG.

SANCHEZ, H. (2017) comparo del tiempo de recorrido, pendientes y distancias del camino forestal "Paujil" versus el camino Hubert – Pedro, diseñado con SRTM y ArcGIS 10.1 en el CICFOR - Macuya. El camino Paujil presenta una distancia de 3 080 metros, el tiempo de recorrido obtenido con el cronómetro fue de 1,24 horas, pendiente promedio y máxima de 12 y 13.4 %, mientras que el camino que sigue la divisoria de cuenca, camino Hubert - Pedro presenta una distancia de 3 439 metros, 1,59 horas de recorrido y 12% y 15% de pendiente.

Haciendo el recorrido en campo del camino Hubert – Pedro, se puede constatar que se necesita la construcción de 3 puentes o alcantarillas en

la quebrada, mientras que en el camino Paujil se necesita de 4 puentes o alcantarillas.

Se observó poca desviación del trazo digital del camino Hubert – Pedro, que sigue la divisoria de cuenca, con el trazado en el campo utilizando el GPS, determinando poca desviación de la ruta.

## **2.2. MODELOS DE ELEVACIÓN DIGITAL (MED)**

Es llamado modelo porque a través de algoritmos matemáticos los datos altitudinales pueden ser modelados automáticamente en una computadora y así lograr analizar la superficie terrestre en un modelo en tres dimensiones (MAUNE, 2001).

Las curvas de nivel constituyen una fuente especialmente conveniente para generar un modelo digital del terreno. Su densidad varía del modo más adecuado para obtener una representación fidedigna del fenómeno de altitud (MATHEW, C. 2008)

Actualmente los MDE constituyen una herramienta fundamental, sobre todo en estudios para describir rasgos topográficos. Los MDE permiten de forma fácil la representación de las formas del relieve, la producción de cortes transversales y la creación de animaciones en tres dimensiones. Además, el almacenamiento de la información digital no experimenta deformaciones como sucede con los mapas convencionales; la

integración y actualización de información adicional es realizada con menor trabajo y tiempo y la representación multiescalar y en diferentes resoluciones se realiza fácilmente (Li *et al.*, 2005).

Se denomina modelo digital del terreno a una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, como puede ser la temperatura, las alturas o la presión atmosférica. En particular, cuando la variable a representar es la cota o altura del terreno se denomina Modelo Digital de Elevaciones o MDE. Los modelos digitales del terreno, también denominados MDT, son simbólicos pues establecen relaciones de correspondencia con el objeto real mediante algoritmos o formalismos matemáticos que son tratados mediante programas informáticos. (MATHEW, 2008).

Desde hace algunos años se desarrollaron sistemas activos como el Radar (Radio Detection and Ranging) y el LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) que permiten adquirir información topográfica. Estas tecnologías hacen posible determinar la distancia desde un emisor a un objeto o superficie utilizando una señal de radar o laser. La distancia al objeto se determina midiendo el tiempo de retraso entre la emisión del pulso y la detección de la señal reflejada. Por ejemplo, sistemas de radar como el Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), producen MDE para el mundo entero con una resolución cercana a los 30 m.

### **2.3. LOS DATOS DEL SRTM.**

En febrero del 2000 la NASA, la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial (NGA), y las Agencias Espaciales de Alemania y de Italia lanzaron la Misión Shuttle Radar Topography Mission. Esta misión produjo el modelo de elevación digital (MED), de más alta resolución de la superficie terrestre (FARR, 2007). Este MED fue producido a una resolución de 1 arco-segundo (aproximadamente 30 m en el Ecuador) para casi todo el globo terráqueo, entre las latitudes 60 grados norte y 56 grados sur (FARR, 2007) con un error de altitud vertical medio de 6,2 m (nivel de confianza de 90%) y un error de geo ubicación de 9 m para Suramérica (RODRÍGUEZ, 2006).

El Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) obtuvo datos de elevación a una escala casi global para generar la más completa base de datos topográficos de alta resolución digital de la tierra. (NASA, 2005). El SRTM es una recolección sin precedentes de la topografía mundial y a la fecha presente no hay conjunto de datos globales que se le compare en versatilidad y en calidad (GUTH, 2006).

Aunque esto representa una gran mejoría por encima de los múltiples MED que existen para Sudamérica, es importante reconocer algunas de sus peculiaridades tales como vacíos de datos, ruido de fase, sesgo de follaje (dosel vegetal), exactitud de resolución de 30 m y estimados de pendiente. (MATHEW, 2008).

Una característica altamente discutida del MED del SRTM es el sesgo del follaje (o dosel vegetal). Debido a la corta (5,6 cm) longitud de onda de la Banda C, la mayoría de las ondas del radar recibidas sobre áreas densamente vegetadas se reflejan de vuelta en el follaje, bastante por encima de la superficie de la tierra desnuda (KELLNDORFER *et al*, 2004). Aun el efecto de la vegetación en píxeles vecinos produce un marcado desvío en los valores de altura reales (MERCURI 2002, MERCER 1998).

La exactitud absoluta horizontal y vertical del modelo SRTM es de 20 m (error circular con una probabilidad del 90 %) y de 16 m (error lineal con una probabilidad del 90 %) respectivamente. JACOBSEN (2004) ha demostrado que los datos SRTM-C poseen una alta precisión (RMS en Z: 8m a 15m), dependiendo de la pendiente del terreno, el tipo de vegetación y de la corrección del desplazamiento planimétrico.

La precisión en X, Y, Z del modelo SRTM banda X con 30 m de resolución espacial es similar al modelo SRTM Banda C. Si bien su mayor resolución espacial representaría una ventaja para su utilización en procesos de corrección geométrica, su utilización para este nivel y el nivel 2 está limitada debido a que no se dispone de cobertura total (JACOBSEN, 2005).

En relación con el error vertical del SRTM-X, reportan un RMS de 22,96 m, media de 9,26 m y desvío estándar de 21,35 m. (LUDWIG Y SCHNEIDER, 2006).

## 2.4. CAMINOS FORESTALES.

Los caminos forestales son complejas estructuras de ingeniería de las que dependen el transporte eficiente y el acceso seguro al bosque. Sin duda, son el aspecto más problemático de las operaciones de explotación maderera porque una parte importante de la erosión del suelo cabe atribuirle directamente a los caminos, en muchos casos por deficiencias de diseño, construcción o mantenimiento. Ahora bien, excepto cuando no es posible utilizar cursos de agua caudalosos, los caminos forestales son indispensables tanto para la extracción de madera industrial como para facilitar el acceso al bosque, para su ordenación y control (BARRETO, O. 2017).

El trazado de la red de acceso debe considerar las zonas con riesgo potencial de erosión, remoción o deslizamiento, evitando construir caminos en zonas identificadas como de alta o muy alta fragilidad. Es por ello por lo que se evitará localizar caminos en pendientes pronunciadas, suelos inestables, propensos a deslizamientos, con textura arcillosa, alta plasticidad y humedad, laderas en suelos con material altamente meteorizado, tampoco sobre vegas o turberas ni dentro de franjas de protección de cualquier tipo. (MALESKA *et al*, 2009).

El aprovechamiento racional sostenible de los bosques naturales del país requiere de una red de caminos forestales, adecuadas a las existencias volumétricas aprovechables y características del bosque que permitan transportar los productos del bosque (madera y productos diferentes de la



madera); a los centros de transformación forestal y/o mercados (BARRETO, O. 2017).

MALESKA et al, 2008 menciona requerimientos de cartografía en la planificación de caminos forestales:

- Conocer los límites de los bosques a ser intervenidos (rodales, especies, estructuras, etc.). Además, se debe tener identificadas las zonas particulares, como: Red hídrica, humedales, zonas inundables, zonas con pendientes mayores a 65 %, zonas de conservación de biodiversidad o hábitats.
- El plano de curvas de nivel es importante, preferentemente con una equidistancia de 10 metros.
- Se localizarán los caminos en aquellos sectores donde se minimice el movimiento de tierra y el efecto de derrame de tierra a las quebradas o cursos de agua.
- Se evitará en la medida de lo posible, ingresar en zonas frágiles, de protección o de conservación. De hacerlo deben tomarse las medidas necesarias de mitigación de posibles impactos y/o posterior restauración de la integridad de las mismas.
- Se intentará evitar o minimizar la construcción del camino en zonas con pendientes superiores a 30-35%, de acuerdo con el tipo de suelo.
- Se privilegiará la habilitación parcial o total de caminos ya existentes o de antigua traza, siempre y cuando cumplan con las condiciones o estándares requeridos.

- Ancho de la superficie de rodaje 5 y 6 metros, ancho de desbosque de 8 a 10 metros
- En las rectas, las pendientes longitudinales no deben superar el 15 %, ni debiera ser menor al 2% con el fin de facilitar el drenaje. La pendiente transversal rondará entre el 3 al 5 %.

NAVEIRAS (2011) menciona algunos lineamientos básicos que deben considerarse para la construcción de caminos son:

- Utilizar personal capacitado en la planificación, supervisión y construcción de la red de caminos. Esto puede significar un gran ahorro en reparación de caminos y de máquinas. Adicionalmente se reducen los impactos ambientales negativos.
- Tener en cuenta normas de diseño durante su construcción.
  - Pendiente máxima: 15 %
  - Carga de puentes: 30 (TM)
  - Ancho desmontado: 6 - 8 m
  - Ancho de calzada: 4 - 5 m
  - Cunetas de 1 m de ancho a ambos lados
  - Pendiente máxima de las vías de saca 30 %.
- Diseñar sistemas de drenajes superficiales adecuados para el sitio y tipo de camino. Esto requiere tener información sobre suelo y clima. Implica la excavación de cunetas y la construcción de drenajes.

- Minimizar cambios en el patrón natural de drenaje. Se debe evitar bloquear cursos de agua, construyendo puentes o alcantarillas.
- Evitar la construcción de caminos en áreas con suelos muy húmedos o con alto riesgo de erosión. El costo de caminos en estas áreas es elevado, tanto en la construcción como en el mantenimiento.

FAO (1996) recomienda lo siguiente:

- Cuando fuera posible ubicar los caminos en las líneas divisorias de cuencas para no interferir con el drenaje. Los caminos deben seguir las curvas de nivel del terreno. La pendiente no debe ser mayor al 10 %.
- Los cursos y cuerpos de agua deben cruzarse por puentes o consolidarse la sección del cauce que será transitada.

Trazar el camino con la pendiente mínima, compatible con la necesidad de permitir un acceso adecuado al bosque. Se recomienda que la pendiente máxima oscile entre el 10 y el 20% (6-11°). En los caminos que se consideran indispensables para la ordenación o protección del bosque se ha de efectuar un trabajo adecuado de mantenimiento que permita utilizarlas en todo momento.

**Cuadro 01.** Clasificación de las pendientes.

Pendiente	Drenaje	Erosión	Textura	Inundación
0-15%	Imperfecto	Ligera, Severa*		Severa*
15-30%	Lentos	Severa	Gruesas, moderadamente	-
30-45%	Moderado	Severa	gruesas, media, moderadamente	-
45-60%	Bueno	Moderada	fina, fina	-
>60%	Excesivo	Ligera		-

La erosión como la inundación puede ser severa en zonas cercanas a ríos principales con pendientes menores al 15%. En zonas altas y con la misma pendiente la erosión es ligera. (MALESKA et al, 2008).

UHL, C y GUIMARAES, I. (1989) en un estudio de caso en Paragominas, estado de Para Brasil, en un área de 52 ha de extracción selectiva, registraron 1,67 km de caminos principales, 5,38 km de caminos secundarios y 2,18 km de caminos terciarios con un total de 9,25 km de caminos forestales construidos, con una densidad de 177,90 m/ha.

PINARD (1995) citado por CUÑACHI, G. (2017) comparo los caminos de extracción entre dos áreas, uno bajo aprovechamiento tradicional y otro bajo planificación. La densidad media de los caminos de arrastre fue mucho más alta en un aprovechamiento tradicional (media = 199m/ha, Desviación Standard = 35,8) que en el planificado (media = 66,5 m/ha, Desviación Standard = 25,7).

CONTRERAS, F y CORDERO, W (1996) Evaluaron el aprovechamiento forestal tradicional en la comunidad Bella Flor, Lomerío en santa Cruz Bolivia, en un área de 32 ha y encontraron que se construyó 4 952.55 m de caminos forestales, con una densidad de 154.76 m/ha (Cuadro1). Ellos proponen un aprovechamiento con planificación de caminos, resultando 2 287.00 m de caminos que representa 46.2% menos de los caminos construidos, con una disminución del impacto en 50%.

**Cuadro 2.** Longitud de caminos, pistas y superficie de los mismos en 32 ha de bosque (intensidad de extracción de 8.38 m<sup>2</sup>/ha).

TIPO	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	DENSIDAD (m/ha)	SUPERFICIE M <sup>2</sup>	%
<b>Camino</b>	2 503,86	4	78,25	10 015,44	3,13
<b>Pistas</b>	2 448,69	3	76,52	7 346,07	2,29
<b>Cancha</b>	---	---	---	1 000,00	0,31
<b>TOTAL</b>	4 952,55	---	154,76	18 361,51	5,73

CUÑACCUÑACHI, G. (2017) registro en una muestra de 128 ha, de una parcela de corta anual en Atalaya, Ucayali, la construcción de 25,76 m/ha de camino principal y 68,14 m/ha de caminos secundarios (pistas de arrastre), con un total de vías de aprovechamiento de 93,90 m/ha. Calcula también que en las 450 has de la parcela de corta anual, se construyeron 11 592 metros de viales principales y 30 663 metros de viales de arrastre.

## 2.5. TRAZADO DE LA FAJA DEL CAMINO

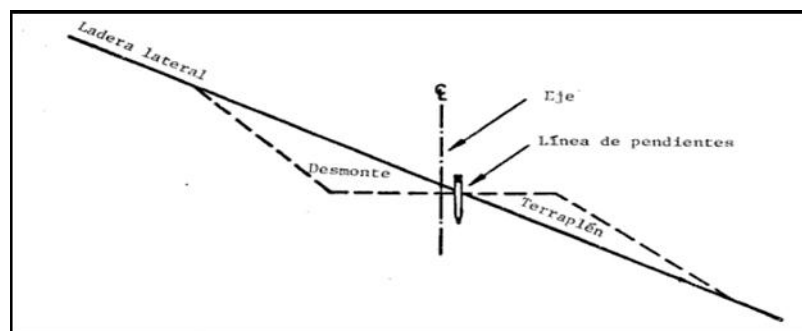
Teniendo en cuenta que el transporte terrestre está influenciado por la calidad de los caminos forestales, y que los errores cometidos en la planificación de la red de caminos incrementan los costos de transporte a lo largo de vida de la red, es necesaria que esta operación sea realizada con mayor exactitud posible. Sin embargo, para una correcta planificación, es necesario contar con información de costos y calidad de los caminos forestales (BARRETO, 2017).

A partir de reconocimientos previos (recorridas y/o muestreo) se esboza el primer proyecto sobre un plano base con las curvas de nivel. Con ello se va al terreno y se procede a ir estaqueando el trazo preliminar. Este trazo se va levantando y se van resolviendo en el campo los puntos críticos, que surgen por aspectos locales como afloramientos rocosos, pendientes pronunciadas, cañadones no registrados en la cartografía, etc. (FAO, 2009).

El método empleado para trazar caminos en Bosques Tropicales es el Método de la Línea Cero, que consiste en trazar la línea que representa corte cero, la línea cero corresponde a la rasante o eje del camino apoyada sobre el terreno. El método emplea instrumental simple que comprende un clinómetro para medir pendiente, una brújula para medir el azimut, y una wincha de distancia de 30 metros (BARRETO, 2017).

Trazar la carretera con la pendiente mínima, compatible con la necesidad de permitir un acceso adecuado al bosque. En algunos países se recomienda que la pendiente máxima oscile entre el 10 y el 20% (6-11°) salvo en algunos tramos cortos en los que la pendiente ha de ser mayor para permitir el acceso a los lugares de mayor altitud. En las zonas montañosas son preferibles los caminos con pendientes relativamente elevadas a las carreteras más llanas, que exigen trabajos más intensos de construcción. Cuando sea posible trazar las carreteras por zonas elevadas estables. (FAO, 2009).

FAO (1991) menciona que las carreteras forestales en terrenos de colinas y montañas están condicionadas por sobre todo por la pendiente y se sitúan en ladera. La línea de pendientes, que es la línea de referencia para la construcción mecanizada de la carretera, se trata directamente en el campo y consiste en una línea estaquillada con la pendiente exigida ajustada a la topografía del terreno.



**Figura 1.** Sección del terraplén.

Luego del trazado el camino, se corta los árboles en una faja de 10 a 20 metros de ancho. Es común encontrar alrededor de 500 tocones por kilómetro con diámetros entre 10 y 100 centímetros, los que deben ser

removidos. Hoy raramente se desmonta el árbol completo con la maquinaria para movimiento de tierras, ya que se prefiere cosechar y aprovechar los árboles de la faja en forma previa. El destronque con excavadora hidráulica llega a ocupar el 11 % de los tiempos productivos del movimiento de tierras (FAO, 2009).

Una vez materializada la faja, volteado los árboles de ésta, generalmente se vuelve a estacar el eje del camino para facilitar el trabajo del operador de la máquina de movimiento de tierras. Lo normal es estacar el eje del camino o la línea de corte cero cada 20 metros mediante estacones de 0,6 metros de longitud y 7,5 centímetros de diámetro. La mayoría de los caminos forestales de la Región incluye una cuneta lateral en el bombeo de la plataforma y se construye la cuneta mediante el empleo de motoniveladora. Las cunetas requieren descargar hacia puntos más bajos o quebradas naturales. Si esto no es posible, se descargan a través de alcantarillas que cruzan el camino (PONCE, E. 2005).

Las alcantarillas son canalizaciones que cruzan transversalmente el camino y permiten la evacuación de cursos de agua natural y la descarga de cunetas. El número de alcantarillas depende primero de los cruces naturales de cursos de agua y segundo de las descargas obligadas de las cunetas. Es común encontrar valores medios de 5 alcantarillas por kilómetro o 30 a 40 m/km, las que generalmente se construyen a continuación del movimiento de tierras. Una excepción son



las alcantarillas ubicadas en cursos de agua permanentes, las que se instalan antes.

El requerimiento de puentes por las condiciones topográficas y la abundancia de cursos de agua de cierta importancia en las áreas de bosques nativos alcanzan de 2 a 3,5 m/km. Los puentes de madera son de una vía y comúnmente tienen 6 a 20 m de longitud. Los puentes que superan los 8 metros se construyen de más de una luz o tramo (PONCE, E. 2005).

## **2.6. DISEÑO DE CAMINOS FORESTALES CON SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).**

El diseño de una red de caminos forestales que minimice los efectos negativos requiere la utilización de un SIG, ya que una simulación computacional de las rutas de transporte permite también diseñar la red de drenaje, minimizando los efectos negativos sobre los recursos hidrológicos (CARLING *et al.* 2001). De hecho, un modelo computacional permite efectuar el trazado del camino considerando características topográficas y geológicas que minimizan los impactos a un costo eficiente (JOOSANG & WOODAM, 1995). En realidad, los modelos digitales del terreno (MDT), SIG y métodos asistidos por computadora puedan ser integrados para su utilización en la planificación y evaluación de escenarios para la localización de los caminos forestales (TUCEK 1995, SIST *et al.* 1998). Asimismo, el SIG, en combinación con operadores tales como los promedios ponderados ordenados, pueden simplificar la

definición de las estrategias de decisión (MALCZEWSKI y RINNER, 2005).

## **2.7. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.**

**ArcGIS:** es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los sistemas de información geográfica o SIG, agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.

**Camino forestal:** Vías de acceso y circulación que permiten realizar el transporte de modo seguro, ambientalmente adecuado y económicamente rentable, considerando sus efectos a corto, mediano y largo plazo, sobre los recursos.

**Curvas de nivel:** Se trata de líneas definidas por tanto como una sucesión de pares de coordenadas que tienen como identificador el valor de la elevación en cada uno de los puntos de la línea. Generalmente el intervalo entre valores de las curvas de nivel es constante.

**Divisoria de cuenca:** Se designa como divisoria de cuenca a la línea que separa las precipitaciones que caen en hoyas inmediatamente vecinas y que encaminan la escorrentía resultante para una u otra cuenca. En general la divisoria sigue una línea que une los puntos de máxima cota entre cuencas.

**Radar:** El radar (término derivado del acrónimo inglés Radio Detection and Ranging, “detección y medición de distancias por radio”) es un sistema que usa ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones, formaciones meteorológicas, etc.

**Resolución:** se define la resolución como la dimensión lineal mínima de la unidad más pequeña del espacio geográfico para la que se recogen los datos.

**Sistemas de Posicionamiento GPS:** Sistema global de localización mediante satélites, que permite estimaciones suficientemente precisas de latitud, longitud y altitud de un punto, posteriormente deben interpolarse los datos.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. ÁREA DE ESTUDIO.**

Está ubicado en el área del Centro de Investigación y Capacitación Forestal - Macuya (CICFOR – Macuya) de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el Kilómetro 5 de la Carretera Fernando Belaúnde Terry, entre las coordenadas geográficas 8° 52' 15" y 8° 56' 09" de Latitud Sur, 75° 01' 17" y 74° 57' 46" de Longitud Oeste, a 205 m. sobre el nivel del mar.

El CICFOR – Macuya abarca una superficie de 2 469.70 ha y se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo – pre montano tropical (bmh-PT), una temperatura media anual de 23.5 °C, con muy poca variación entre máximos y mínimos a lo largo del año. La humedad relativa promedio anual es de 85 %, la precipitación anual varía entre 2 000 y 2 500 mm, que incluye un periodo seco y otro lluvioso que corresponde a los meses de noviembre a marzo, la evapotranspiración potencial es de aproximadamente 1,300 mm.



**Figura 2.** Ubicación del área de estudio.

### 3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

El Tipo de Investigación es no experimental y el Nivel no experimental, porque no se va a desarrollar experimentos.

El método para la realización de este proyecto será comparativo que consistirá en comparar el mapa de caminos actuales con el mapa de drenajes y de divisoria de cuencas para diseñar una red de caminos que den acceso a todo el bosque del CICFOR - Macuya, para elaborar el plan de manejo forestal.

### **3.3. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN.**

El diseño de la investigación es Exploratorio.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

La población en estudio está constituida por todos los posibles caminos que se pueden digitalizar en las 2 469.70 ha del CICFOR – Macuya.

La muestra del presente estudio está compuesta por los caminos principales, secundarios y de aprovisionamiento digitalizados en el presente estudio, que siguen la divisoria de cuencas, con el menor cruce de quebradas.

### **3.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.5.1 Fase de campo:**

- Ordenador portátil
- GPS TrackMaker
- Libreta de campo
- Brújula
- Cinta métrica.
- Cámara fotográfica
- Teodolito, trípode y la Mira

### **3.5.2 Fase de gabinete:**

- Formato de evaluación
- Libreta de apuntes
- Computadora.
- Programa ArcGIS 10.5.
- Auto Cad
- MapSource.
- Global Mapper 18.0
- Shuttle Radar Topography Mission (SRTM).

### **3.6.- PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

- Se obtuvo una imagen de satélite de alta resolución, descargado del Google Earth Pro.
- El polígono del CICFOR – Macuya se cargó en el Google Earth Pro y se obtuvieron las coordenadas geográficas decimales de un polígono mayor al requerido.
- Estas coordenadas se cargaron en el programa Global Mapper 18.0, para bajar los datos digitales del SRTM de internet y generar las curvas de nivel cada metro.
- Los datos del SRTM se procesan con la herramienta Hydrology del programa ArcGIS 10.5, para obtener el mapa de la red de drenajes y de las microcuencas.
- Con el software ArcGIS 10.5 se diseñó los trazos digitales de los caminos principales 1 y 2, que siguen las divisorias de cuenca, las curvas de nivel y el TIN facilitan ver las cotas más altas y el curso de

la escorrentía. El diseño se inició en el campamento principal del CICFOR - Macuya, de coordenadas UTM 9 019 150 mN y 499 010 mE, hacia la garita Sanango de coordenadas UTM 9 012 700 mN y 499 960 mE, localizado en el lindero sur del bosque Macuya, como punto final.

- Una vez obtenido el trazo digital, se cargó dicha información al GPS TrackMaker, por medio del software DNR Garmin.
- Con el apoyo del GPS se procedió a completar el trazado de los caminos forestales 1 y 2 en el campo, abriendo una trocha por la línea divisoria de cuencas, para registrar con las funciones Track y Waypoint del GPS, la ubicación de los caminos principales.
- Se registró el número de quebradas que atraviesan ambos caminos, que demanden la construcción de puentes y/o alcantarillas.

### **3.7.- TRATAMIENTO DE LOS DATOS.**

Los datos se procesaron mediante programas informáticos obteniendo tablas y mapas.

Los datos del SRTM bajados de internet se cargan a una tabla Excel y a su vez estos se cargan en el programa ArcGIS 10.5, para obtener el mapa de las curvas de nivel.

Posteriormente los datos SRTM se procesan con la herramienta Hydrology del ArcGIS 10.5 y se generan los mapas de la red de drenaje y de microcuencas. Estos mapas se editaron en base a las curvas de



nivel. La tabla de atributos de cada una de estas capas, con la extensión .dbf, se abre en una tabla Excel para generar los respectivos cuadros.

El polígono del CICFOR – Macuya, el mapa de la red de drenajes y el mapa de microcuencas, se procesaron con la herramienta Parcel Fabric (Toolbox) del programa ArcGIS, para obtener un primer mapa de distribución de parcelas de manejo forestal. El mapa final se diseñó con el programa AutoCAD.

### **3.8 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.**

Se realizaron las siguientes operaciones, en la siguiente secuencia:

- Se obtuvo una imagen de satélite de alta resolución, descargado del Google Earth Pro.
- El polígono del CICFOR – Macuya se cargó en el programa Google Earth Pro y se obtuvieron las coordenadas geográficas decimales de los 4 vértices de un polígono mayor al requerido.
- Estas coordenadas se cargaron en el programa Global Mapper 16.0, para bajar los datos digitales del SRTM de internet y generar las curvas de nivel cada metro.
- Los datos del SRTM bajados de internet se cargan a una tabla Excel y a su vez estos se cargan en el programa ArcGIS 10.5, para obtener el mapa de las curvas de nivel.
- Posteriormente el Raster DEM (Modelo de elevación digital) del SRTM se procesó con la herramienta Hydrology del ArcGIS 10.5 y se

generó de forma automatizada los mapas de la red de drenaje y de microcuencas. Estos mapas se editaron en base a las curvas de nivel. La tabla de atributos de cada una de estas capas, con la extensión .dbf, se abren en una tabla Excel para generar los cuadros respectivos.

- El polígono del CICFOR – Macuya, el mapa de la red de drenajes y el mapa de las microcuencas, se procesaron con la herramienta Parcel Fabric (Toolbox) del programa ArcGIS, para obtener un primer mapa de distribución de parcelas de manejo forestal. El mapa final se diseñó con el programa AutoCAD. Esta distribución es temporal, hasta que se realice el censo forestal, el cual determinara una mejor distribución de las parcelas, de acuerdo con el volumen comercial, teniendo como base la línea divisoria de las microcuencas.
- Con el software ArcGIS 10.5 se diseñó los trazos digitales de los caminos principales 1 y 2, que siguen las divisorias de cuenca, a partir del campamento principal del CICFOR - Macuya, de coordenadas UTM 9 019 150 mN y 499 010 mE, hacia la garita Sanango de coordenadas UTM 9 012 700 mN y 499 960 mE, localizado en el lindero sur del bosque Macuya, como punto final.
- Una vez obtenido el trazo digital, se cargó dicha información al GPS TrackMaker, por medio del software DNR Garmin.
- Con el apoyo del GPS, una brújula y la impresión del trazo, se procedió a completar el trazado de los caminos forestales 1 y 2 en el campo, por el método de la línea cero, abriendo una trocha por la línea divisoria de cuencas, para registrar con las funciones Track y

Waypoint del GPS, la ubicación de los caminos principales y calcular la pendiente longitudinal del trazo. Sobre esta base posteriormente se señalará la faja del camino con pendientes dentro del límite permisible de 8 a 10 %.

- Se registró el número de quebradas que atraviesan ambos caminos, que demande la construcción de puentes y/o alcantarilla

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **4.1. MAPA DEL CICFOR – MACUYA.**

En la figura 3 se puede observar el polígono del CICFOR - Macuya de 2,469 has 700.00 m<sup>2</sup> otorgado un 28 de octubre de 1987 por el estado peruano, para fines de investigación forestal, la imagen de satélite Google Earth de alta resolución, captura realizada en el mes de febrero del 2017, en el que se aprecia la cobertura forestal, lugar donde se plantea realizar el plan de manejo forestal.

#### **4.2 MAPA DE LAS CURVAS DE NIVEL CADA METRO.**

En la figura 4 se observa las curvas de nivel cada metro, encontrando que la mínima altitud es de 198 m y la máxima altitud es de 255 m que se encuentra cerca del lindero sur.

La topografía predominante es de colinas bajas menores de 35 metros de elevación.

#### **4.3 MAPA DE LA RED DE DRENAJE.**

La red de drenaje está compuesta por 12 quebradas que cruzan el CICFOR - Macuya o nacen en ella y salen del área de estudio (Figura 5).

La única quebrada importante que nace y desemboca en la quebrada Cashibo, es la quebrada San Pedro (Cuadro 3).

En el mapa de la red de drenajes se aprecia que, para diseñar el trazo digital de los caminos forestales, que empiezan en el campamento

central localizado en el lindero norte, se tiene que cruzar la quebrada Zancudal y San Pedro, por lo que es necesario construir puentes o alcantarillas, para no bloquear los cursos de agua, tal como menciona NAVEIRAS (2011).

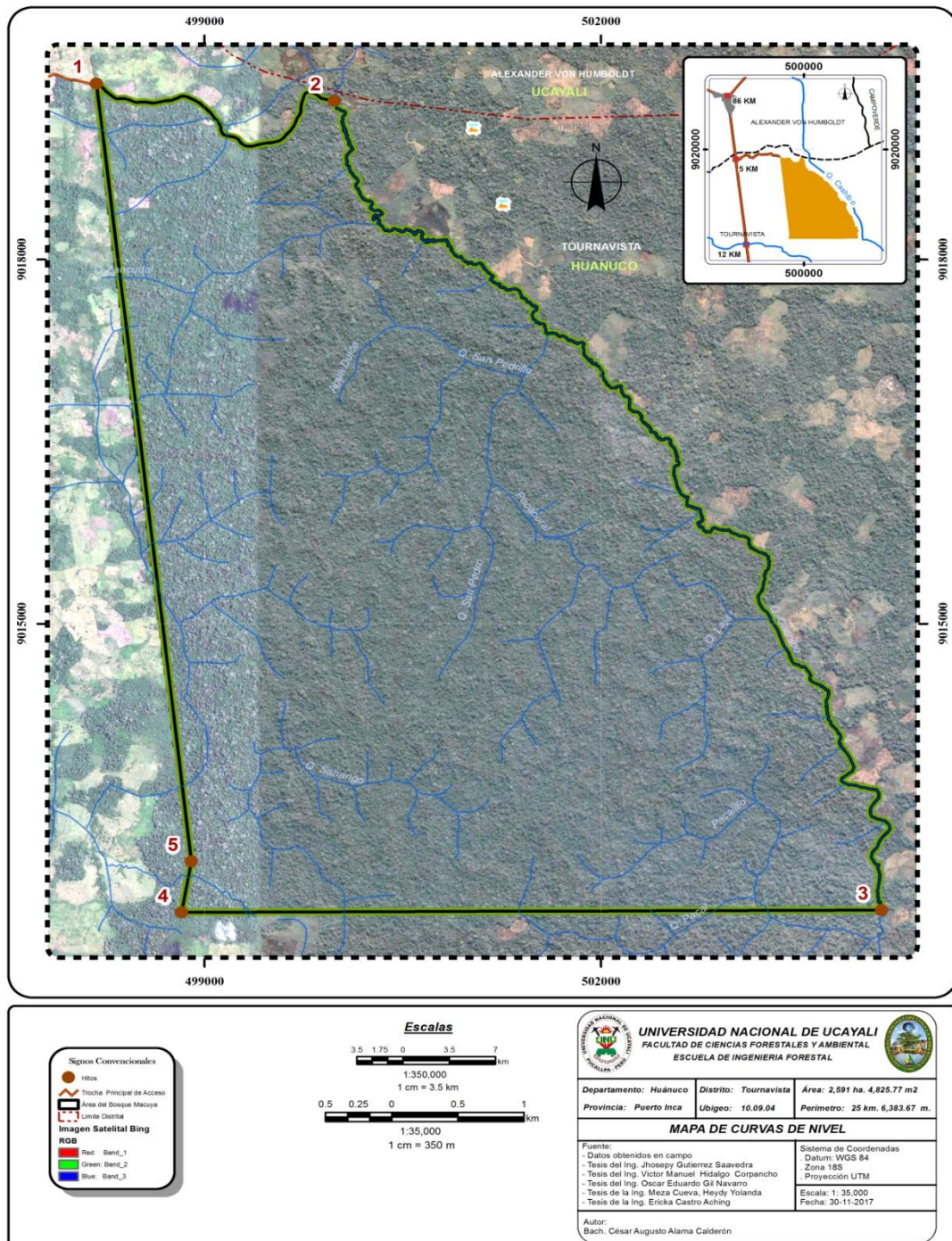


Figura 3. Mapa del CICFOR – Macuya con la imagen satelital Google Earth.

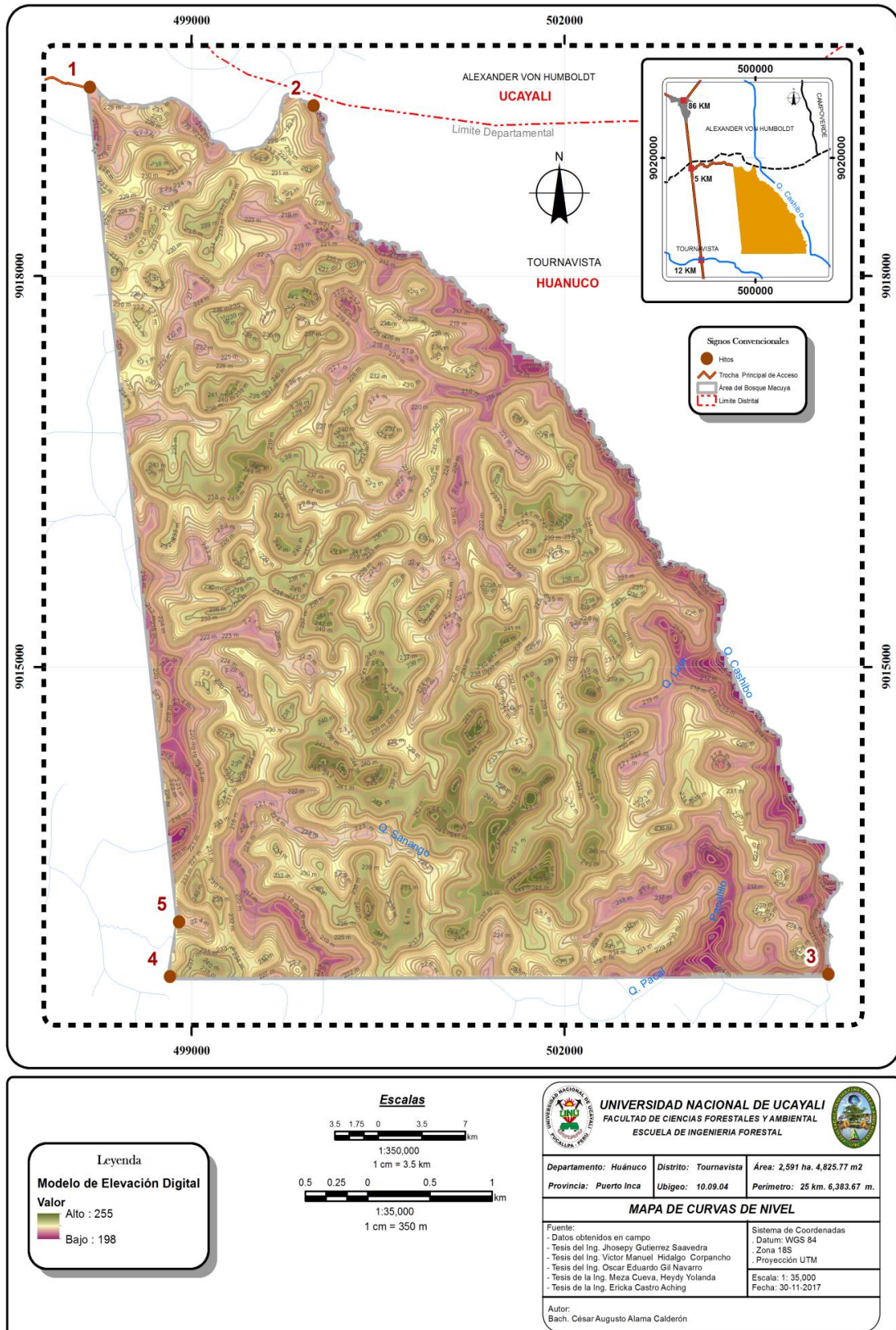


Figura 4. Mapa de las curvas de nivel cada 1 metro.

**Cuadro 3.** Quebradas identificadas en el CICFOR - Macuya

<b>Quebradas</b>	<b>Longitud (m)</b>
Quebrada Zancudal	2,343.91
Quebrada Laja	1,736.91
Quebrada Pacal	3,666.73
Quebrada Sanango	4,807.90
Quebrada Cashibo	12,938.08
Quebrada Pucacural	1,971.92
Quebrada Pacalillo	2,476.11
Quebrada San Pedro	3,168.83
Quebrada Agua Dulce	1,474.85
Quebrada Agua Blanca	1,474.23
Quebrada Cashibillo	1,515.46
Quebrada San Pedrillo	2,524.56

#### **4.4 MAPA DE LAS MICROCUENCAS.**

El área del CICFOR - Macuya abarca 8 microcuencas en forma parcial y varias intercuencas de reducida extensión (Figura 6 y cuadro 4). La microcuenca de la quebrada San Pedro es la única que se encuentra completamente dentro del CICFOR – Macuya.

El diseño de caminos forestales de menor costo y más conveniente según FAO, 1996, es el que sigue las líneas divisorias de cuencas para no interferir con el drenaje.

**Cuadro 4.** Superficie de las microcuencas del CICFOR - Macuya

<b>Nombre</b>	<b>Area (ha/m2)</b>
Intercuencas	294 ha. 0833.36 m2
Microcuenca Agua Blanca	454 ha. 4,125.71 m2
Microcuenca Batan Grande	54 ha. 7,537.09 m2
Microcuenca Campamento	41 ha. 6,703.48 m2
Microcuenca El Pacal	264 ha. 1,731.26 m2
Microcuenca El Zancudal	207 ha. 4,148.43 m2
Microcuenca Laja	143 ha. 4,833.12 m2
Microcuenca San Pedro	834 ha. 9,895.54 m2
Microcuenca Sanango	296 ha. 5,016.68 m2

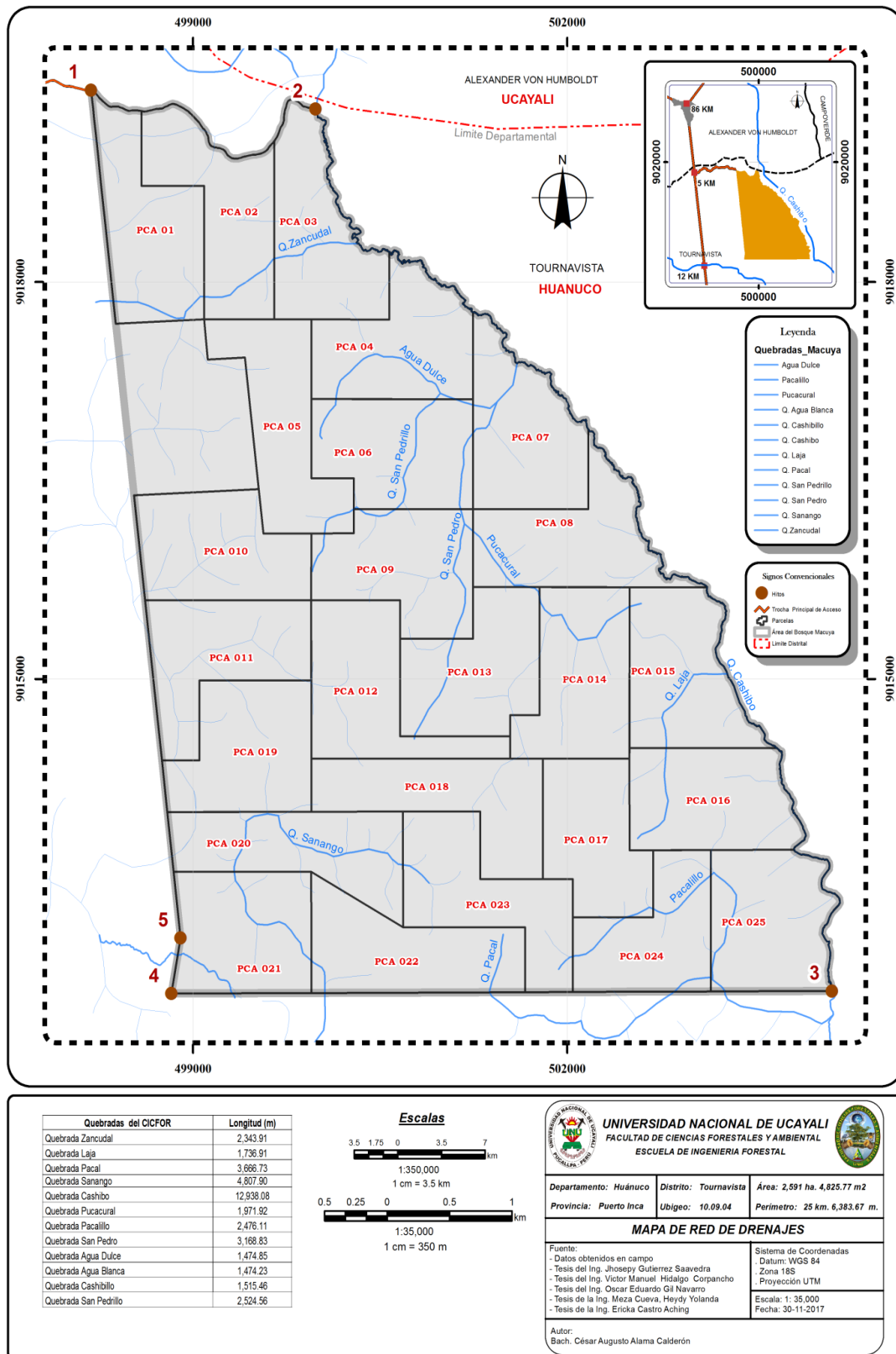


Figura 5. Mapa de la red de drenaje



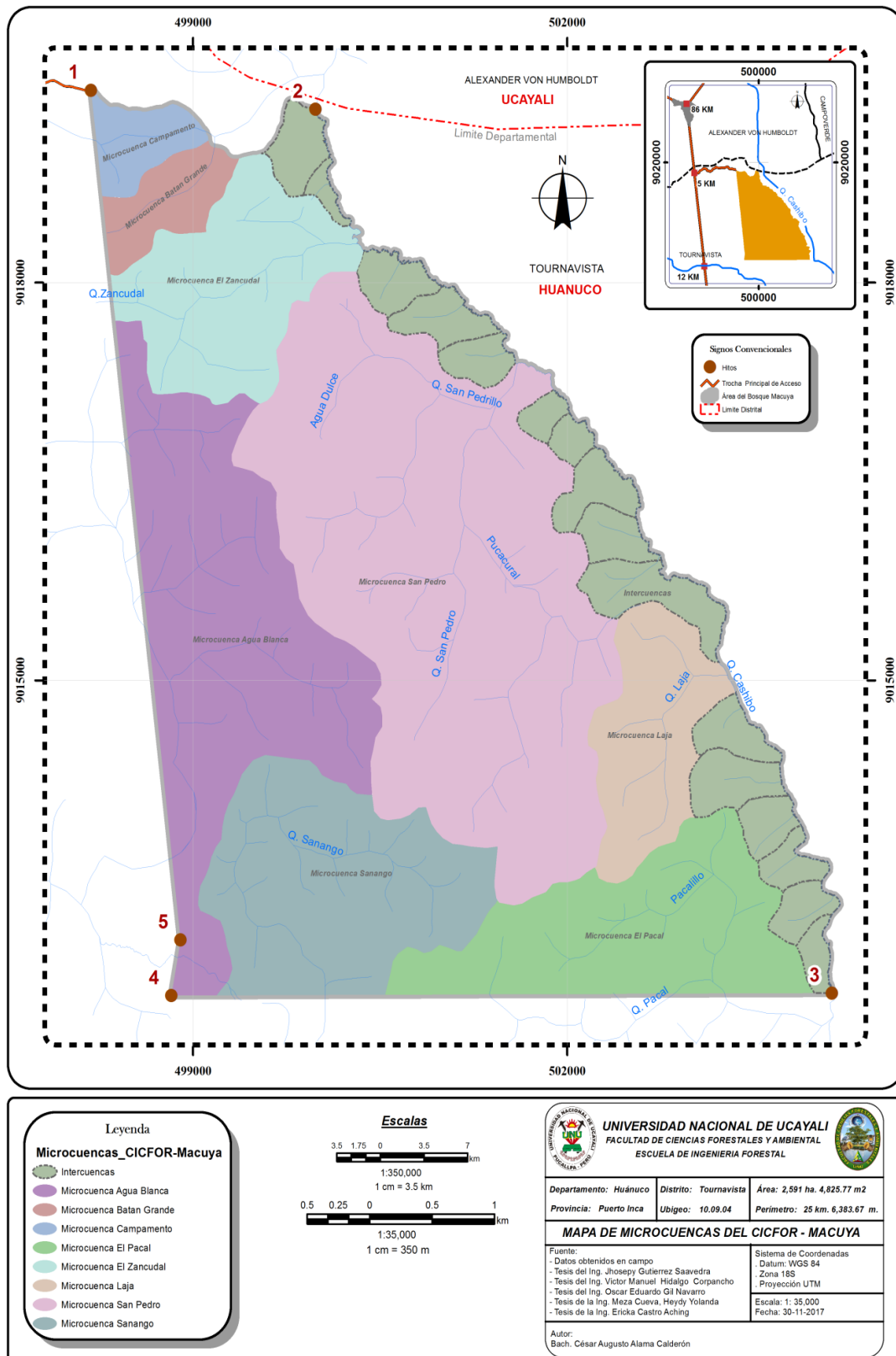


Figura 6. Mapa de las microcuencas.

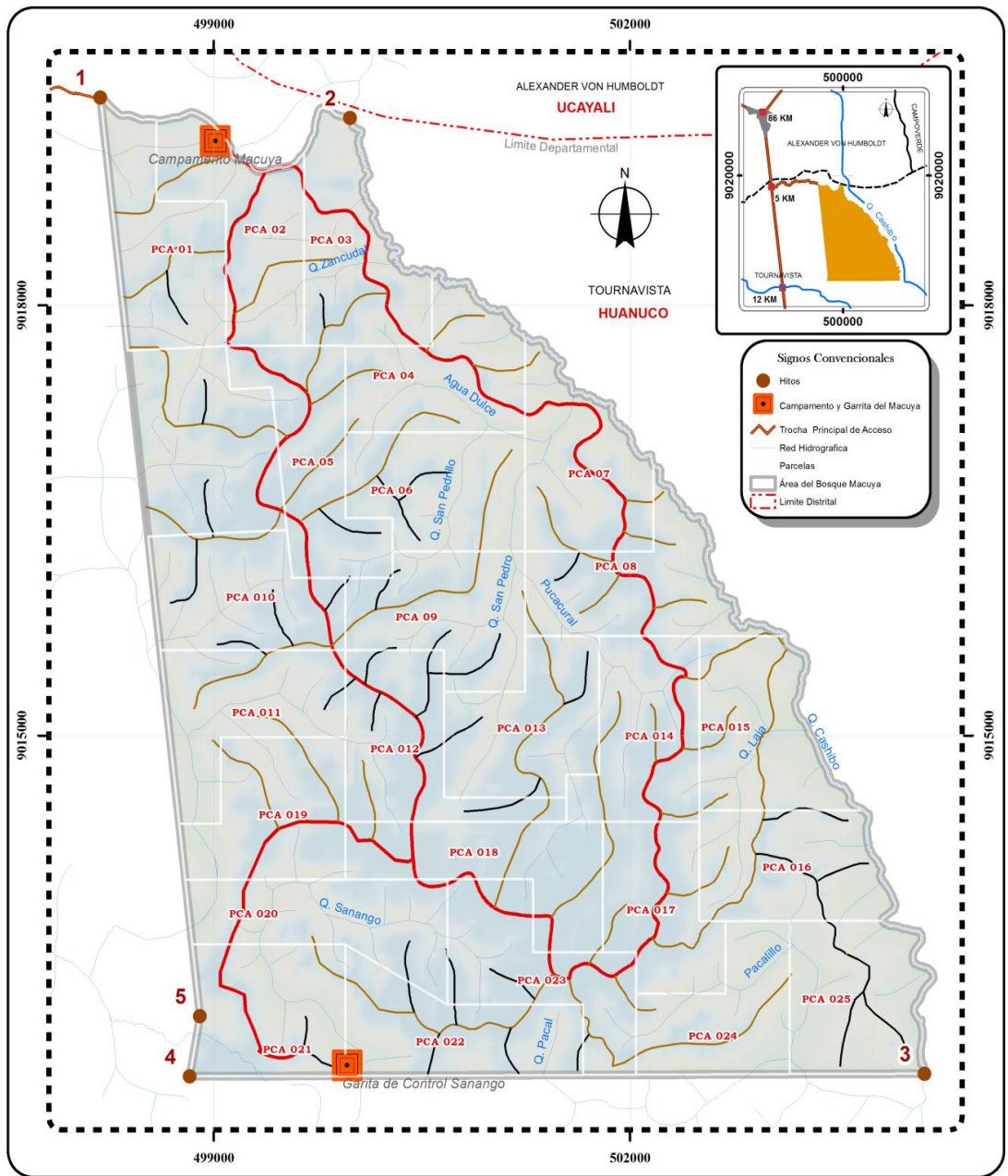
#### **4.5 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS.**

En las figuras 5 y 7 se observan la distribución de las 25 parcelas obtenidas con el programa AutoCAD para generar polígonos y posteriormente llevarlo al ArcGIS, esta distribución es temporal, hasta que se realice el censo forestal, el cual determinara una mejor distribución de las parcelas, de acuerdo con el volumen comercial, teniendo como base la línea divisoria de las microcuencas.

#### **4.6 MAPA DE LA RED DE CAMINOS FORESTALES.**

En total se ha diseñado 70 829.91 m de caminos forestales, para las 2,591.48 ha del CICFOR – Macuya (Figura 8 y cuadro 5), obteniendo una densidad de 27,33 m/ha (cuadro 6). La densidad de los caminos principales es de 7,89 m/ha, de caminos secundarios 13,27 m/ha. y de caminos de aprovisionamiento 6,17 m/ha. Estos valores son menores a los reportados por PINARD (1995) y por CUÑACHI, G. (2017), pero estos valores son de operaciones de aprovechamiento de campo. Tampoco son comparables a los reportados por UHL, C y GUIMARAES, I. (1989) y CONTRERAS, F y CORDERO, W (1996), porque son de áreas pequeñas.

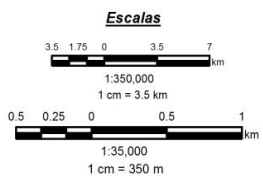
CUÑACHI, G. (2017) explica que la densidad de caminos de 93,90 m/ha, indica una densidad relativamente alta en comparación a lo reportado por PINARD (1995) en Malasia y explica que se debió a que, en la Parcel de corta Anual, no existió planificación del camino principal,. Como es de suponer, los operadores para incrementar su rendimiento de trabajo construyen abundante cantidad de viales, hacia el tocón de cada árbol talado.



**Leyenda**

**Tipo de Caminos**

- Camino Principal A
- Camino Principal B
- Camino Secundario
- Camino de Aproveccionamiento



Tipo de Caminos	Longitud (m.)	Área Total SIG (ha.)	Densidad (m/ha.)
Caminos Principales	20,603.00		7.95
Caminos Secundarios	34,929.39	2,591.482577	13.48
Caminos de Aproveccionamiento	16,139.16		6.23

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
 FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTAL  
 ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

Departamento: Huánuco    Distrito: Tournavista    Área: 2,591 ha. 4,825.77 m<sup>2</sup>  
 Provincia: Puerto Inca    Ubigeo: 10.09.04    Perimetro: 25 km, 6,383.67 m.

**MAPA DE PARCELAS Y CAMINOS**

Fuente:  
 - Datos obtenidos en campo  
 - Tesis del Ing. Jhosepy Guilerrez Saavedra  
 - Tesis del Ing. Victor Manuel Hidalgo Corpancho  
 - Tesis del Ing. Oscar Eduardo Gil Navarro  
 - Tesis de la Ing. Meza Cueva, Heydy Yolanda  
 - Tesis de la Ing. Enicka Castro Aching

Sistema de Coordenadas  
 Datum: WGS 84  
 Zona 18S  
 Proyección UTM  
 Escala: 1: 35,000  
 Fecha: 30-11-2017

Autor:  
 Bach. César Augusto Alama Calderón

**Figura 7. Mapa de los caminos principales, secundarios y de aprovisionamiento.**

La metodología empleada en la presente investigación empieza en ubicar el trazo en el campo, después se calcula la pendiente longitudinal del trazo y sobre esta base, posteriormente se señala la faja del camino con pendientes dentro del límite permisible de 8 a 10 % (FAO, 1991). Esta metodología constituye un paso previo para utilizar un modelo computacional, que permita efectuar el trazado del camino considerando características topográficas y geológicas, que minimicen los impactos a un costo eficiente (JOOSANG & WOODAM, 1995).

**Cuadro 5.** Longitud de los caminos en el CICFOR - Macuya

<b>Nombre</b>	<b>Longitud (m)</b>
<b>Camino Principal A</b>	9,239.57
<b>Camino Principal B</b>	11,214.24
<b>Camino secundario</b>	34,379.58
<b>Camino de Aprovevisionamiento</b>	15,996.52

**Cuadro 6.** Densidad de los caminos en el CICFOR - Macuya.

<b>Tipo de Caminos</b>	<b>Longitud (m.)</b>	<b>Área Total SIG (ha.)</b>	<b>Densidad (m/ha.)</b>
<b>Caminos Principales</b>	20 453,81		7,89
<b>Caminos Secundarios</b>	34 379,58	2,591.48	13,27
<b>Caminos de Aprovevisionamiento</b>	15 996,52		6,17

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES.**

1. Se diseñó el mapa de drenajes identificándose 12 quebradas principales que cruzan el área. La quebrada San Pedro se encuentra localizada completamente dentro del área del bosque.
  
2. Se diseñó el mapa de microcuencas identificándose 9 microcuencas.
  
3. El mapa de distribución de las parcelas de manejo se procesó con la herramienta Parcel Fabric (Toolbox) del programa ArcGIS, para obtener un primer mapa de distribución de parcelas de manejo forestal. El mapa final de 25 unidades de aproximadamente 100 hectáreas se diseñó con el programa AutoCAD.
  
4. Se diseñó y se terminó de abrir 2 caminos forestales principales en el CICFOR – Macuya, constituidos por el camino principal A de 9,239.57 m de longitud, localizado cerca del lindero oeste y el camino principal B de 11,214.24 m, localizado cerca del lindero este (Quebrada Macuya).
  
5. Se diseñó los caminos forestales secundarios con una longitud de 34 379,58 m y los caminos de aprovisionamiento con una longitud de 15

996,52 m, con un total de 70 829.91 m de caminos principales, secundarios y de aprovisionamiento.

6. La densidad de los caminos principales es de 7,89 m/ha, de los caminos secundarios es de 13,27 m/ha y de los caminos de aprovisionamiento es de 6,17 m/ha. La densidad total de 27,33 m/ha.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- 1 Utilizar esta metodología que emplea un Sistema de Información Geográfica (SIG), para diseñar los caminos de acceso procesando la información del SRTM, que nos brinda información de curvas de nivel, cursos de agua y de microcuencas. Esta metodología ahorra tiempo, dinero y reduce los impactos ambientales, porque se puede generar un modelo digital y simular en 3D.
- 2 Se recomienda hacer uso del GPS para plantear el trazo digital en el campo, apoyado con la brújula y el mapa de la zona donde se realizará el trazado del camino forestal, porque se realiza el trabajo en menos tiempo y con menos error, que con otros métodos convencionales.

## BIBLIOGRAFÍA.

- BARRETO, O. 2017. Caminos Forestales. Universidad Nacional de Ucayali. Facultad de ciencias forestales y ambientales. Pucallpa - Perú. 55 p.
- CARLING, P.A., IRVINE, B.J., HILL, A., WOOD, M. 2001. Reducing sediment inputs to Scottish streams: a review of the efficacy of soil conservation practices in upland forestry. *The Science of the Total Environment*. 265, 209-227.
- CONTRERAS, F. Y CORDERO, W. 1996. Evaluación del aprovechamiento forestal en la comunidad de Bella Flor, Lomerío. Documento técnico 35/1996. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz Bolivia. Visitado el 25 de noviembre del 2016. Disponible en:  
[http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/Pnaca498.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnaca498.pdf).
- CUÑACHI, G. 2017. Evaluación del impacto en el bosque y el suelo ocasionado por las actividades de aprovechamiento en una parcela de corta anual de la empresa Forestal Anita E.I.R.L. Atalaya - Ucayali. Tesis para optar el grado de Ingeniero Forestal. Pucallpa - Perú. 65 p.
- ESTELA, E. 2011. Trazo de un camino forestal con datos del Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), en el Bosque Macuya de la Universidad Nacional de Ucayali. Tesis para optar el grado de Ingeniero Forestal. Pucallpa - Perú. 55 p.

FAO, 1991. La explotación maderera de bosques de montaña. Tercer Curso de Capacitación FAO/Austria sobre carreteras forestales y aprovechamientos en bosques de montaña, Ossiach y Ort, Austria. Visitado el 18 de enero del 2012. disponible en: <http://books.google.es/>

FAO, 1996. Forest Codes of Practice. Contributing to environmentally sound forest operations. Forestry Paper. -36- ne.

FAO, 2009. Ingeniería de Carreteras forestales. Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal On line:  
<http://www.fao.org/docrep/V6530S/v6530s06.htm>

FARR, T. y KOBRICK, M. 2000. Shuttle radar topography mission produces a wealth of data, American Geophysical Union Eos online:  
[www.geocomputation.org/2007/1A-Remote\\_Sensing\\_1/1A1.pdf](http://www.geocomputation.org/2007/1A-Remote_Sensing_1/1A1.pdf).

FORERO, J. 2005. Consejos prácticos para caminar. Universidad McMaster. Canadá. Visitado el 25 de noviembre del 2011. Disponible en:  
<http://www.cujino.com/SALUD.HTM>.

GIL, O. 2013. Diseño de un camino forestal con impacto reducido mediante sistemas de información geográfica en la concesión Pucallpa Export. Tesis para optar el grado de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa - Perú. 64 p.



- GUTH, P. 2006. Geomorphometry from SRTM: Comparison to NED: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 72, no. 3, p 269 - 277.
- HOLMES K., CHADWICK O. y KYRIAKIDIS P. 2000. "Error in a USGS 30-meter digital elevation model and its impact on terrain modeling". Journal of Hydrology 233 (2000) 154-173.
- JACOBSEN, K. 2005. Analysis of SRTM Elevation Models, EARSEL 3D- RS Workshop, 2005 Porto.
- JARVIS, A., RUBIANO, J., NELSON, A., OW, A., & MULLIGAN, M. 2004. Practical use of SRTM data in the tropics - Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. CIAT, Cali, Colombia. Working Document no. 198, 32 pp online:  
<http://srtm.csi.cgiar.org/PDF/Jarvis4.pdf>
- JOOSANG, C. y WOODAM, C. 1995. Developing a computer model for steep-slope forest road design. In: Kohl & Gertner (Eds.): At IUFRO XX World Congress: Caring for the forest: Research in a Changing World. Tampere, Finland.
- KELLNDORFER, J., WALKER, W., PIERCE, L., DOBSON, C., FITES, J. A., HUNSAKER, C., VONA, J., AND CLUTER, M. 2004, Vegetation height

estimation from Shuttle Radar Topography Mission and National Elevation Datasets: Remote Sensing of Environment, v. 93, p. 339 - 358.

LI, Z., Q. ZHU AND C. GOLD 2005, Digital Terrain Modeling. Principles and Methodology, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

LUDWIG, R. y SCHNEIDER, P. 2006. Validation of digital elevation models from SRTM X-SAR for applications in hydrologic modelling. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 60:339-358.

MALCZEWSKI, J., RINNER, C. 2005. Exploring multicriteria decision strategies in GIS with linguistic quantifiers: A case study of residential quality evaluation. J. Geograph. Syst. 7:249-268.

MALESCA L., CHAUCHARD, L. Y GONZÁLEZ PEÑALBA M. 2008. Caminos Forestales, Manual para las buenas prácticas forestales, Bosque nativo Norpatagonia. Administración de Parques Nacionales online: <http://www.minagri.gob.ar/sagpya/programas/compymefor/04-Publicaciones/>

MATHEW, C. 2008. USGS Programa GeoSUR. Desarrollo de Mapas de Relieve. Hidrografía y Derivados para Suramérica. Corporación Andina de Fomento (CAF)

MAUNE, D. 2001. Digital Elevation Model Technologies and Applications: the DEM User's Manual, The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, USA.

MERCER, B. J. 1998. Summary of Independent Evaluations of Star-3i DEM's. Intermap Technologies Ltd. Available on line at <http://www.intermaptechnologies.com>.

MERCURI, P. A. 2005. Terrain Analysis and Surface Hydrologic Modeling Strategies using High-Resolution Global Digital Topography. Ph.D. Thesis, Chapter 2. Purdue University, IN, USA. NASA, 2005, Shuttle Radar Topography Mission: Instruments. Online: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/instr.htm>

NASA, 2005. Shuttle Radar Topography Mission: Instruments. <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/instr.htm>

NASA, 2005a. Shuttle Radar Topography Mission: Instruments, INTERFEROMETRY EXPLAINED. <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/instrumentinterferometry.html>

NAVEIRAS, R. 2011. Planificación y construcción de caminos forestales. Ministerio de agricultura de Argentina. Visitado el 20 de febrero del 2012. Disponible en: [http://agentesforestales.net/index.php?option=com\\_remository&Itemid=34&func=fileinfo&id=147](http://agentesforestales.net/index.php?option=com_remository&Itemid=34&func=fileinfo&id=147).

PONCE, E. 2005. Análisis multicriterio para la planificación de caminos de bajo impacto en la concesión forestal “Lago Rey” Santa Cruz, Bolivia. Documento científico Proyecto FOMABO no. 3 - 2005. Proyecto FOMABO, Cochabamba, Bolivia. Visitado el 10 de enero del 2017. Disponible en:  
[http://www.fomabo.life.ku.dk/Publications/~media/Fomabo/Documents/Publications/Scientific/2005/ponce\\_2005\\_dc\\_3.ashx](http://www.fomabo.life.ku.dk/Publications/~media/Fomabo/Documents/Publications/Scientific/2005/ponce_2005_dc_3.ashx).

RODRIGUEZ, E., MORRIS, C. S., BELZ, J. E., 2006. A Global Assessment of the SRTM Performance: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing online: [www.asprs.org/publications](http://www.asprs.org/publications).

SANCHEZ, H. 2017. Comparación del tiempo de recorrido, pendientes y distancias del camino forestal “Paujil” versus un camino forestal diseñado con un sistema de información geográfica en el CICFOR - Macuya. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa - Perú. 65 p.

SIST, P. DYKSTRA, D. y FIMBEL R. 1998. Reduced impact logging guidelines for lowland and hill Dipterocarp forests in Indonesia. Occasional paper No. 15. Center for International Forestry Research (CIFOR) Jakarta, Indonesia. 19p.

SRTM, 2009. the shuttle radar topography mission. Disponible en:  
<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/srtm/index.shtml>.

TUCEK, J. 1995. Computer aided forest roads and forest operations planning.

In: Kohl & Gertner (Eds.): At IUFRO XX World Congress: Caring for the forest: Research in a Changing World. Tampere, Finland.

UHL, C y GUIMARAES, I. (1989). E -40- impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: A case study from the Paragominas región of the state of Para. Visitado el 20 de noviembre del 2016. Disponible en:  
[https://www.jstor.org/stable/2388700?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/2388700?seq=1#page_scan_tab_contents).

## **ANEXO**



**Figura 8.** Trocha del Camino Principal A



**Figura 09.** Trocha del Camino Principal B.



**Figura 10.** Lectura de Datos en el camino Principal



**Figura 11.** Garita Sanango





**Figura 12.** Accediendo hacia la Garita de Control



**Figura 13.** Quebrada Sanango

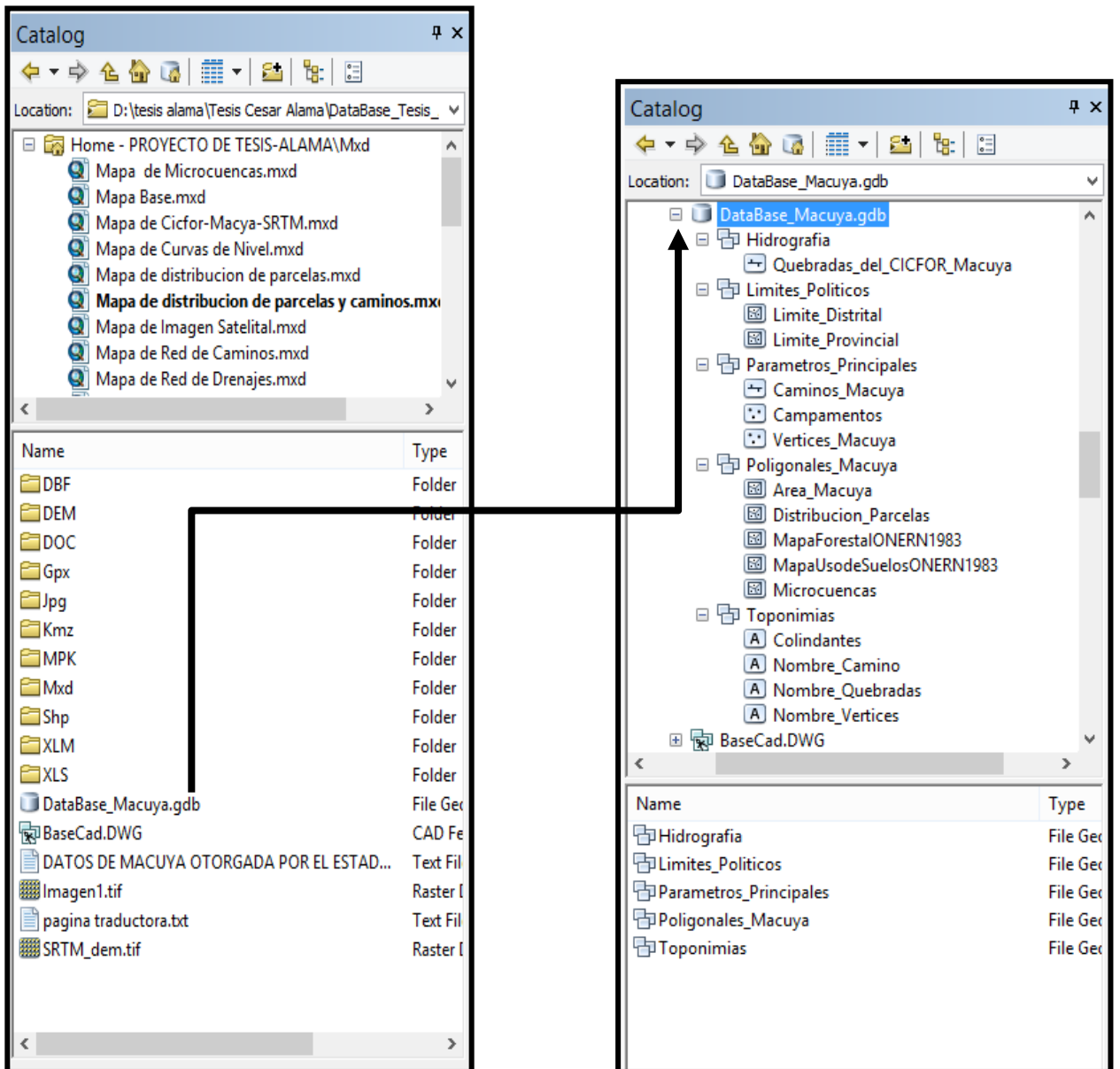


Figura 14. DataBase caminos forestales CICFOR – Macuya.

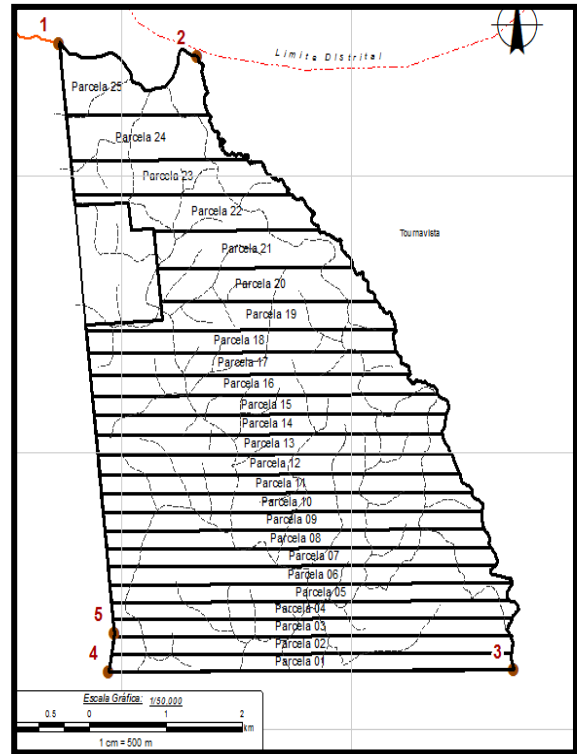
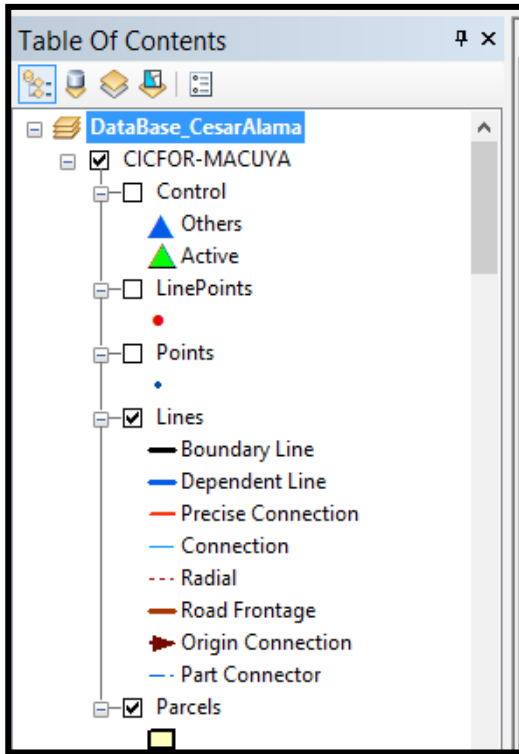


Figura 15. Distribución de parcelas con la herramienta Parcel Fabric

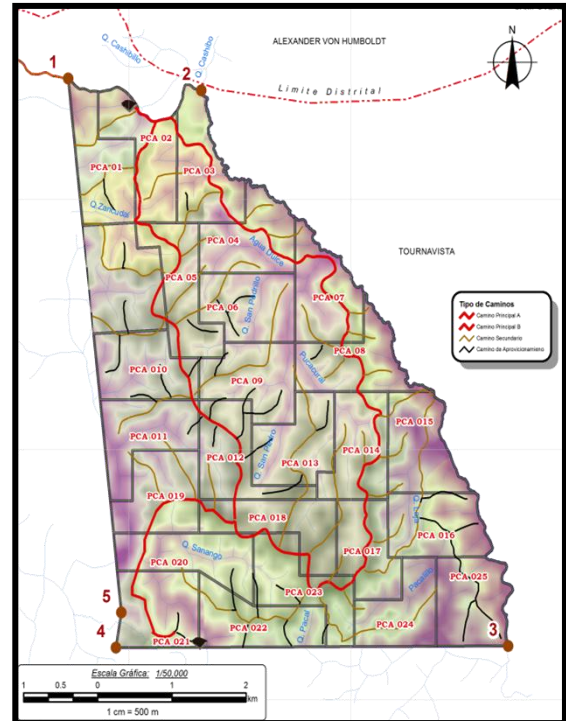
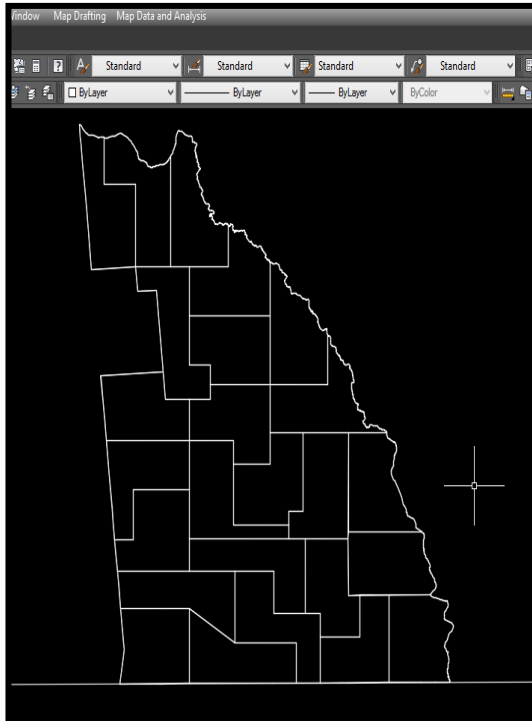


Figura 16. Distribución de parcelas con AutoCAD y edición con ArcGIS