

# Indice

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Introducción</b>  | <b>4</b> |
| <b>I</b> | <b>Instrucciones</b>   | <b>7</b> |
| <b>2</b> | <b>Instalación</b>   | <b>9</b> |
| 2.1      | Preparación de actividades de terreno y materiales . . . . . | 9        |
| 2.1.1    | Documentación preliminar . . . . .                           | 9        |
| 2.1.2    | Instrumentos y herramientas . . . . .                        | 9        |
| 2.1.3    | Material para marcación y monumentación . . . . .            | 10       |
| 2.1.4    | Ubicación preliminar de las parcelas . . . . .               | 11       |
| 2.2      | Localización y demarcación de la parcela . . . . .           | 11       |
| 2.2.1    | Localización del primer vértice . . . . .                    | 12       |
| 2.2.2    | Orientación . . . . .  | 13       |
| 2.2.3    | Demarcación . . . . .  | 13       |
| 2.2.4    | Preparación del terreno . . . . .                            | 16       |
| 2.2.5    | Marcado y numeración de árboles . . . . .                    | 16       |
| 2.3      | Mapeo, coordenadas . . . . .                                 | 17       |
| 2.4      | Medición inicial . . . . .                                   | 21       |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 2.5       | Documentación . . . . .                               | 21        |
| 2.5.1     | Punto de referencia . . . . .                         | 21        |
| 2.5.2     | Acceso y ubicación . . . . .                          | 21        |
| 2.5.3     | Formulario . . . . .                                  | 21        |
| <b>3</b>  | <b>Mediciones</b>                                     | <b>22</b> |
| 3.1       | Instrumentos y Materiales . . . . .                   | 22        |
| 3.2       | Identificación de la parcela y medición . . . . .     | 23        |
| 3.3       | Mediciones en todos los árboles . . . . .             | 23        |
| 3.3.1     | DAP . . . . .   | 24        |
| 3.3.2     | Atributos . . . . .                                   | 25        |
| 3.4       | Arboles muestra . . . . .                             | 25        |
| 3.4.1     | Selección de la submuestra . . . . .                  | 25        |
| 3.4.2     | Medición de alturas . . . . .                         | 26        |
| 3.4.2.1   | Vara . . . . .  | 26        |
| 3.4.2.2   | Hipsómetro con distancia fija . . . . .               | 27        |
| 3.4.2.3   | Clinómetro o hipsómetro con distancia variable        | 28        |
| 3.5       | Control de calidad . . . . .                          | 29        |
| <b>4</b>  | <b>Mantención</b>                                     | <b>30</b> |
| <b>II</b> | <b>Fundamentos y observaciones</b>                    | <b>33</b> |
| <b>5</b>  | <b>Instalación</b>                                    | <b>35</b> |
| 5.1       | Ubicación de las parcelas . . . . .                   | 35        |
| 5.2       | Forma, orientación y tamaño de las parcelas . . . . . | 36        |
| 5.3       | Preparación, demarcación, marcado . . . . .           | 37        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 5.4        | Mapeo, coordenadas . . . . .                          | 38        |
| 5.5        | Medición inicial . . . . .                            | 38        |
| 5.6        | Monte bajo . . . . .                                  | 38        |
| <b>6</b>   | <b>Mediciones</b>                                     | <b>40</b> |
| 6.1        | Oportunidad de las mediciones, tratamientos . . . . . | 40        |
| 6.2        | Instrumentos . . . . .                                | 40        |
| 6.3        | Variables . . . . .                                   | 41        |
| 6.4        | Arboles muestra . . . . .                             | 42        |
| 6.5        | Cálculo de alturas . . . . .                          | 42        |
| 6.6        | Revisión . . . . .                                    | 43        |
| <b>7</b>   | <b>Mantenición</b>                                    | <b>44</b> |
| <b>III</b> | <b>ANEXO — Formularios y tablas</b>                   | <b>45</b> |
|            | <b>BIBLIOGRAFIA</b>                                   | <b>53</b> |

# Capítulo 1

## Introducción

Las parcelas permanentes son un componente básico del sistema de información de una empresa forestal. Sirven para controlar las condiciones, tratamientos, respuesta y crecimiento de los rodales (posiblemente como parte de un inventario forestal continuo), para monitorear las proyecciones utilizadas en los ejercicios de planificación estratégica, y para obtener datos usados en la evaluación, construcción y validación de modelos de crecimiento y rendimiento.

El Instituto Forestal, en colaboración con un número de empresas forestales, inició en 1994 el proyecto FONDEF 2/33 “Antecedentes Biométricos y Modelos de Apoyo a la Gestión y Manejo Racional del Eucalipto”. Entre sus objetivos se cuenta la instalación y medición de parcelas permanentes, para lo cual se preparó un manual con instrucciones y recomendaciones. El manual se presenta en este informe, incluyendo algunas revisiones surgidas de su uso en terreno durante un año. Además de estandarizar y facilitar las comparaciones y el uso de datos en el proyecto, estas normas tienen la intención de asegurar que las parcelas satisfagan las necesidades de planificación y control de las empresas. Se espera que este trabajo pueda también ser de utilidad a aquellos que se enfrenten al establecimiento de parcelas permanentes con otras especies.

Aparte de las experiencias personales, las referencias bibliográficas citadas han sido útiles en la elaboración de la metodología. En especial, algunos de los procedimientos son similares a los descritos en el manual del *Modelo Nacional de Simulación de Pino Radiata*, anticipando que en muchos casos

se utilizará personal ya familiarizado con las parcelas de ese proyecto. En general, sin embargo, se ha tendido en una mayor medida a simplificar y reducir costos, con el fin de posibilitar el establecimiento de un mayor número de parcelas con una inversión dada. En todo caso, éstas son recomendaciones de normas mínimas, y podrán aumentarse con mediciones adicionales si se estima necesario.

Con el fin de facilitar su uso este informe está dividido en dos partes. La primera, *Instrucciones*, puede ser usada por el personal que realizará el trabajo de terreno y contiene la descripción detallada de los procedimientos a seguir. Justificaciones, discusión y observaciones se incluyen en la segunda parte, *Fundamentos y Observaciones*.

Es un placer agradecer el apoyo y sugerencias de personas, demasiado numerosas para mencionarlas individualmente, tanto en la preparación y revisión del manual como en la prueba y ejecución de los procedimientos de terreno. En especial, el personal del Proyecto FONDEF 2/33 en el Instituto Forestal, y el personal y contratistas de las siguientes empresas que participaron en la instalación de parcelas en 1994: Forestal Anchile, Bosques Arauco, Forestal Millalemu, Forestal Tornagaleones. Forestal Cholguán, Forestal Angol, Forestal Bío Bío, Forestal Tierra Chilena, Inversiones Forestales C.C.A., Dos Alamos, Forestal A.C.E., Forestal Mininco.



## **Parte I**

# **Instrucciones**



## Capítulo 2

# Instalación

### 2.1 Preparación de actividades de terreno y materiales

Las parcelas pueden ser instaladas por una brigada de dos, o preferiblemente tres personas.

#### 2.1.1 Documentación preliminar

1. Mapa predial que contenga el área seleccionada con indicaciones claras de vías de acceso.
2. Juego de fotos aéreas. Fotos métricas recientes escala 1:20.000, si se tienen disponibles. En lo posible además fotos color (no necesariamente métricas) con una escala no menor a 1:10.000.

#### 2.1.2 Instrumentos y herramientas

- Brújula de precisión.
- Prisma de ángulo recto con plomada.
- Huincha de distancia (mínimo 50 m).
- Clinómetro (preferible) o hipsómetro.

- 5 jalones de 1,3 m de largo, de color visible en el bosque.
- 1 Dado (ver Sección 2.2.1).
- Cuerda (140 m), o 4 cuerdas de 40 m.
- Machete.
- Combo.
- Formularios PP-1.
- Porta papeles.
- Lápiz grafito.
- Goma de borrar.
- Crayón (lápiz de cera) o tiza.

Los formularios se muestran en el Anexo.

### **2.1.3 Material para marcación y monumentación**

- Pintura de color naranja, amarillo y blanco. Pinceles. Se recomienda usar óleo.
- 4 estacas de 1 a 1,2 m de largo por 3" de grosor, de madera resistente o impregnada.
- 4 estacas de 1 a 1,2 m de largo por 3" (temporales, para fijar jalones X e Y).

Para la marcación de los cuatro vértices de la parcela se utilizan estacas de color naranja. Las estacas deben ser preparadas con anticipación de manera de hacer más expedita la instalación de las parcelas.

Las estacas se marcan con dos números separados por una línea. El primer dígito es el número que identifica a la parcela, el segundo dígito es el número del vértice que representa la estaca. Los números de las estacas se marcan con pintura de color blanco a un lado de la cabeza de la estaca. Los vértices se numeran siguiendo el sentido de las agujas del reloj.

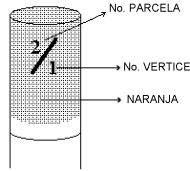


Figura 2.1: Marcación de estacas.

Ocasionalmente pueden necesitarse dos estacas para los vértices 3 ó 4, cuando el vértice coincide con la posición de un árbol. En ese caso, al número del vértice se le agregan las letras *A* y *B*.

#### 2.1.4 Ubicación preliminar de las parcelas

Para cada parcela, el supervisor designado por la empresa identifica el rodal y ubicación tentativa de acuerdo a las pautas establecidas. El supervisor indica además el tamaño de la parcela, 500 m<sup>2</sup> o 1000 m<sup>2</sup> (punto 5.2). Se identifican las vías de acceso principales y alternativas.

En las fotos aéreas se marcan uno o más puntos de referencia, que son objetos o elementos claramente identificables tanto en la fotografía aérea como en terreno. También se marca el punto de ubicación inicial (PUI) de la parcela, y se señalan los rumbos y distancias desde los puntos de referencia hacia el PUI.

## 2.2 Localización y demarcación de la parcela

Las parcelas son cuadradas (de 500 o 1000 m<sup>2</sup>). Con el fin de evitar sesgos el primer vértice se ubica a cierta distancia del PUI determinada al azar. Luego se determina la orientación, y se establecen los límites.

### 2.2.1 Localización del primer vértice

Usando las fotos aéreas y los puntos de referencia, rumbos y distancias, se determina en el terreno el PUI (punto de ubicación inicial) especificado por el supervisor. Se pone una marca provisoria.

Se procede a ubicar el primer vértice de la siguiente forma (este procedimiento puede ser modificado de acuerdo a instrucciones del supervisor):

1. Se lanza un dado, y con el número obtenido y la siguiente tabla se determina el rumbo respecto al norte magnético que se deberá seguir para localizar el vértice (número del dado multiplicado por  $60^\circ$ ).

| Número | Rumbo       |
|--------|-------------|
| 1      | $60^\circ$  |
| 2      | $120^\circ$ |
| 3      | $180^\circ$ |
| 4      | $240^\circ$ |
| 5      | $300^\circ$ |
| 6      | $360^\circ$ |

2. Se lanza el dado nuevamente, y se determina la distancia a la que se ubicará el vértice con la siguiente tabla (número del dado multiplicado por 3):

| Número | Distancia |
|--------|-----------|
| 1      | 3 m       |
| 2      | 6 m       |
| 3      | 9 m       |
| 4      | 12 m      |
| 5      | 15 m      |
| 6      | 18 m      |

3. Se mide el rumbo y distancia desde el PUI, y exactamente en el punto alcanzado se estaca el vértice 1. En caso de que exista un árbol a menos de 30 cm de ese punto, el vértice se desplazará la distancia más corta para quedar a 30 cm del árbol. Se marcan los tres árboles más cercanos al vértice con una línea vertical de pintura color naranja, a una altura de 1,5 a 2 m mirando hacia la estaca.

### 2.2.2 Orientación

Si no hay hileras claramente visibles, el primer lado de la parcela (del vértice 1 al 2) se dirige hacia el norte magnético.

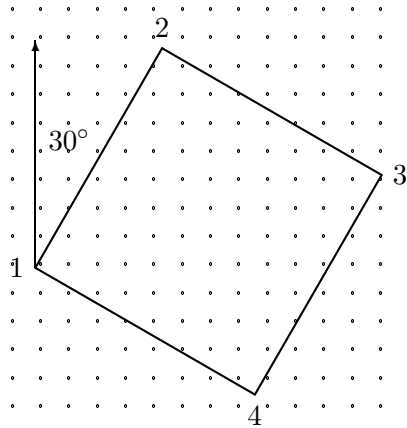


Figura 2.2: Orientación de la parcela cuando hay hileras visibles.

Si hay hileras visibles, se orienta el lado a  $30^\circ$  de las hileras (figura 2.2) del siguiente modo :

1. Se determina el rumbo  $Rh$  de las hileras de plantación.
2. Se suman o restan, dependiendo de la orientación de las hileras,  $30^\circ$  al rumbo  $Rh$  acercándose al norte. El valor  $Rl$  obtenido es el rumbo para el lado 1 – 2 (ver figura 2.3).

### 2.2.3 Demarcación

Las longitudes de los lados de la parcela ( $22,36$  m para parcelas de  $500 \text{ m}^2$  y  $31,62$  m para parcelas de  $1000 \text{ m}^2$ ) son distancias horizontales. La distancia a medir con la huincha de distancia dispuesta a lo largo del suelo se da en la tabla del Anexo, de acuerdo a la pendiente medida en porcentaje o en grados.

Alternativamente, la distancia a medir se puede obtener con una calculadora como  $D/\cos \alpha$  , donde  $D$  es la distancia horizontal ( $22,36$  o  $31,62$ ) y  $\alpha$

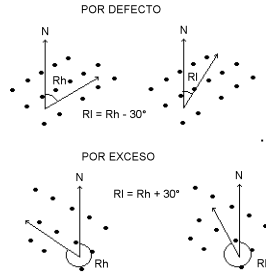


Figura 2.3: Rumbo del primer lado por defecto o por exceso.

es el ángulo de la pendiente. Si la pendiente  $P$  se mide en porcentaje,  $\alpha = \arctan(P/100) = \tan^{-1}(P/100)$ .

Para medir la pendiente se puede usar la escala de porcentaje o grados del hipsómetro o clinómetro. Un ayudante se desplaza en la dirección de la pendiente, y se visa con el instrumento a la altura de sus ojos. Hacer tres lecturas, descartando las dos extremas y tomando el valor central (mediana). Nótese que si las dos primeras lecturas coinciden la tercera no es necesaria. Nota: Si el hipsómetro tiene solo escalas de altura, se obtiene la pendiente en porcentaje multiplicando la lectura por 100 dividido por la distancia correspondiente a la escala (usar la escala que más facilite este cálculo).

1. Un integrante del grupo, persona  $A$ , se posiciona en el vértice 1. Sujeta un extremo de la huincha de distancia y, visando en la brújula, guía a la persona  $B$  a lo largo del primer lado de la parcela. No acercar mucho la huincha (metálica) a la brújula. Se mide la pendiente y se determina la longitud a medir como se indicó arriba. La persona  $B$ , llevando la huincha de distancia, ubica el vértice 2 y lo marca con la estaca correspondiente. Ver figura 2.4. El rumbo podrá alterarse ligeramente desplazando la posición de la estaca en unos 30 cm para evitar que ésta coincida con la posición de un árbol.

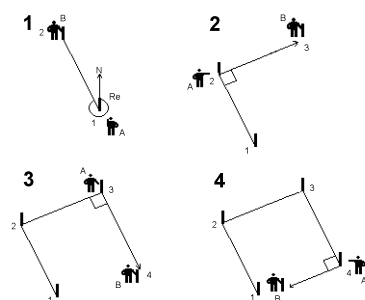


Figura 2.4: Pasos a seguir en la demarcación de la parcela.

2. La persona *A* se posiciona en el vértice 2 sujetando el extremo de la huincha. Con el prisma de ángulo recto visando el vértice 1, guía a la persona *B* a lo largo del lado 2–3, 90 grados hacia la derecha de la dirección 1–2 (para mejor visibilidad con el prisma se puede dejar un jalón en el vértice anterior, en este caso en el vértice 1). Se mide la pendiente y se determina la distancia a medir. La persona *B* ubica el vértice 3 usando la huincha de distancia, y lo marca. En caso de que la posición del vértice coincidiese con un árbol, éste deberá señalizarse con dos estacas, una estaca 3*A* a 50 cm pasado el vértice en la dirección 2–3, y una estaca 3*B* a 50 cm antes del vértice en la dirección 3–4.
3. Se repite el procedimiento del punto anterior para el lado 3–4, usando el vértice 2 como referencia para el ángulo recto. Se marca el vértice 4.
4. Para comprobar la posición de los vértices se repite el procedimiento, ahora para el lado 4–1. La distancia entre la ubicación del vértice siguiente obtenida de esta manera y la posición de la estaca 1 no debe exceder 30 cm. En caso contrario se repite la demarcación desde el punto 1.

#### **2.2.4 Preparación del terreno**

Antes de marcar los árboles de la parcela se realizan las siguientes operaciones:

1. Eliminar ramas secas hasta 2 metros de altura. Por ningún motivo se deben sacar ramas verdes.
2. Eliminar la corteza que se esté desprendiendo del fuste 50 cm sobre y bajo la altura de 1,3 m. La operación debe hacerse con cuidado, sin herramientas cortantes, de tal forma de no dañar el árbol.
3. En general la vegetación arbustiva o herbácea presente en la parcela no debe dañarse ni removerse para no alterar el desarrollo del rodal. En casos extremos sin embargo, previa autorización del supervisor, puede despejarse con cuidado algún material para facilitar el tránsito y la visión.

#### **2.2.5 Marcado y numeración de árboles**

Se consideran todos los árboles dentro de la parcela, en pie y vivos al momento de la marcación. En el caso de árboles en el límite, se consideran dentro de la parcela aquellos cuyo centro de la base se encuentre dentro de la parcela. Si hay árboles dudosos se incluyen alternadamente.

1. Con ayuda de una vara o jalón de 1,3 m de largo, se marca el árbol, con crayón, tiza o con un punto de pintura, a la altura de 1,3 m sobre el nivel del suelo. En caso de haber pendiente la altura se mide en el lado superior de ésta. Esta marca es la altura de medición del DAP.
2. Se pinta una banda horizontal de unos 2 cm de ancho alrededor del diámetro del árbol, con pintura de color blanco. El borde superior debe quedar a la altura del DAP.
3. Sobre la marca del DAP se numera el árbol con pintura de color blanco. El número debe ser visible al avanzar en la secuencia de marcado y medición. Se recomienda seguir el orden de las hileras, o avanzar en fajas en caso que no se distingan hileras (figura 2.5).

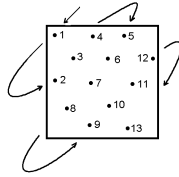


Figura 2.5: Marcado y numeración.

Se debe verificar por lo menos dos veces el conteo de los árboles para asegurarse que no se ha omitido ninguno.

Algunos casos especiales de marcación del DAP (figura 2.6):

**Árboles inclinados.** El DAP para los árboles que tengan el fuste inclinado se marca perpendicularmente al eje del árbol, con 1,3 m como la distancia más corta sobre el suelo paralela al fuste.

**Bifurcaciones.** Cuando la bifurcación ocurra por debajo de la altura del DAP, las ramas se consideran como dos árboles separados y se marcan individualmente.

**Engrosamientos.** Si se presenta una anomalía en el fuste a la altura del DAP (ensanchamiento, tumor, bifurcación), se marca a la altura inmediatamente inferior en que la sección transversal es mínima.

**Sin DAP.** Los árboles con altura menor que 1,3 m se numeran y pintan en la base del fuste.

## 2.3 Mapeo, coordenadas

Se determina la posición de todos los árboles de la parcela de la siguiente manera.

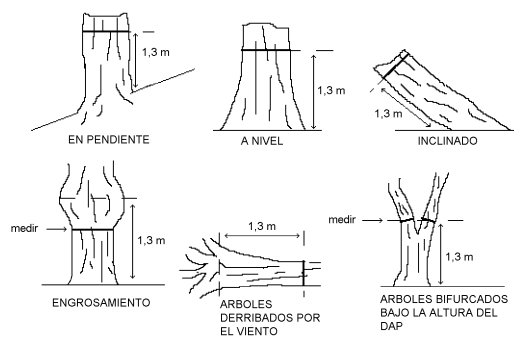


Figura 2.6: Medición del DAP.

1. Se instala una cuerda a lo largo del perímetro de la parcela, entre las estacas de los vértices.
2. Con la huincha de distancia se localizan los puntos centrales de cada lado de la parcela, y se marcan con jalones.
3. Si no hay una visión libre entre jalones opuestos, estos se desplazan en distancias iguales a lo largo de los lados correspondientes.
4. Se comprueba la perpendicularidad de los jalones:

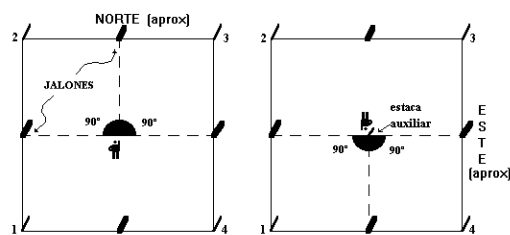


Figura 2.7: Perpendicularidad de los ejes.

- (a) Con el prisma de ángulo recto se posiciona en el punto en el cual se logran visar los tres jalones, como se observa en la figura 2.7. Este punto se marca con una estaca auxiliar.
- (b) Desde la estaca auxiliar marcada se visa hacia el jalón opuesto, tratando de alinear los tres jalones en la visada. Si esto no se logra es porque no están dispuestos en forma perpendicular. Por lo tanto el jalón entre los vértices 2 y 3 debe relocalizarse hasta lograr visarlos simultáneamente. Si para esto se necesitara un desplazamiento de más de 30 cm se revisa la ubicación de los jalones, y si es necesario la demarcación de la parcela.

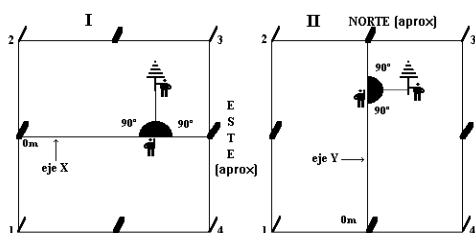


Figura 2.8: Mapeo de los árboles.

5. Se instala una huincha de distancia que una los jalones de los puntos centrales de los lados 1-2 y 3-4 (eje  $X$ ), con el punto cero de la huincha sobre el lado 1-2. Ver la figura 2.8.
6. Se mide la pendiente del eje  $X$  y se registra en el formulario PP-1. Se registra también la lectura de la huincha sobre el lado 3-4 (largo del eje  $X$ ).
7. Una persona  $A$ , equipada con el prisma de ángulo recto, se mueve a lo largo de la huincha. Una persona  $B$  va ubicándose en cada uno de los árboles de la parcela, marcando con un jalón la posición de visada en frente del árbol. Cuando la persona  $A$  logra alinear con el prisma los jalones laterales y el jalón del árbol está en posición para leer la distancia en la huincha (ésta es indicada por la plomada que cuelga del prisma, y se registra en el formulario PP-1). Ver figura 2.8. En caso de falta de visibilidad,  $B$  desplaza hacia un lado el jalón una distancia determinada, y  $A$  hace la corrección correspondiente.
8. Se repiten los pasos 5, 6 y 7, pero con los lados 1-4 y 2-3 (eje  $Y$ ). El cero de la huincha va sobre el lado 1-4 (figura 2.8).

## **2.4 Medición inicial**

Se realiza una primera medición inmediatamente luego de la instalación.

El procedimiento es el mismo que para las mediciones posteriores, descrito en el capítulo 3.

## **2.5 Documentación**

### **2.5.1 Punto de referencia**

Se selecciona un punto claramente identificable en el camino de acceso (roca visible, árbol permanente) el que servirá de referencia para la ubicación de la parcela. Este punto se marca con una doble franja de pintura naranja y amarilla de 10 cm de ancho cada una, de preferencia a una altura de 1,5 a 2 m. Una descripción exacta de este punto debe figurar finalmente en el croquis y en el reverso de la fotografía aérea.

### **2.5.2 Acceso y ubicación**

Se deben marcar en el plano las vías de acceso principales y el área donde se ubica la parcela. Se marca y describe exactamente el punto de referencia en el croquis y en el reverso de la fotografía aérea. Se indican además en el croquis y foto la ubicación y disposición exactas de la parcela.

### **2.5.3 Formulario**

Se debe revisar la información en el formulario, asegurándose que sea consistente y que no falte nada. El supervisor deberá completar los datos sobre características generales del rodal, especie, técnicas de establecimiento, tratamientos, y otras observaciones.

## Capítulo 3

# Mediciones

La medición puede ser hecha por una brigada de dos personas.

### 3.1 Instrumentos y Materiales

Cada brigada debe contar con el siguiente material:

- Huincha diamétrica de metal.
- Clinómetro o hipsómetro Suunto, Haga o Blume Leiss.
- Vara para medición de alturas (cuando se use).
- Brújula.
- Huincha de distancia.
- Pintura blanca (óleo).
- Lápiz grafito.
- Goma de borrar.
- Tablero porta papeles.
- Fotos aéreas del sector.

- Plano del sector de la cartografía actual de la empresa.
- Plano de ubicación de las parcelas.
- Formularios PP-1 y PP-2 para el registro de datos.

Los formularios PP-1 podrán tener pre-impresos el número y coordenadas  $X$  e  $Y$  de cada árbol.

### **3.2 Identificación de la parcela y medición**

Se registrará en los Formularios PP-1 y PP-2:

- Nombre de la empresa o institución.
- Nombre del predio.
- Numero de la parcela.
- Fecha de medición.
- Identificación de la brigada.
- Observaciones.

### **3.3 Mediciones en todos los árboles**

Para todos los árboles en pie en la parcela se registrará en el formulario PP-1:

- Número (si no está pre-impreso).
- DAP, diámetro a la altura del pecho, en milímetros, sin decimales.  
Registrar como cero si el árbol no alcanza la altura del pecho.
- Código(s) de atributo, si corresponde.
- Observaciones.

El formulario incluye una columna en blanco para el caso de que se incluya alguna variable adicional. Se utilizarán tantos formularios como sea necesario.

A continuación se detallan los procedimientos de medición.

### 3.3.1 DAP

Se utiliza una huincha de diámetro de acero, graduada en milímetros. Observar las siguientes precauciones:

Previo a la medición se desprenderá cualquier corteza suelta a la altura del DAP, cuidando de no dañar el árbol. Repintar la marca del DAP y número del árbol si es necesario (con una mantención adecuada como se indica en el capítulo 4 esto debería ocurrir con poca frecuencia).

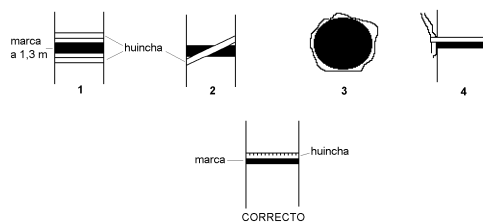


Figura 3.1: Errores en el uso de la huincha diamétrica.

La huincha se posicionará perpendicularmente al eje del fuste, con el borde superior coincidiendo con el borde superior de la marca del DAP. Deberá tensionarse bien, y cuidar de que no hayan elementos extraños (ramas, etc.) entre la huincha y el árbol. Ver figura 3.1. Se medirá y registrará el valor en milímetros, cuidando de no cometer errores sobre la posición del cero en la huincha.

### 3.3.2 Atributos

Se usarán los siguientes códigos:

- A Apice dañado
- B Bifurcación basal (bajo el DAP)
- C Arbol cortado/extraído
- D Doble flecha o ápices múltiples (bifurcación sobre el DAP)
- I Inclinado
- M Muerto (mortalidad natural, por competencia)
- Q Quebrado (excepto A)
- R Rebrote, regenerado después de la plantación
- V Caído por viento
- T Torcido

Puede ingresarse más de un código a la vez. Anormalidades o circunstancias que no correspondan a ninguno de los códigos deberán notarse en la columna de Observaciones.

Si “aparecen” nuevos árboles no registrados en mediciones anteriores, se deben incorporar al final del registro de árboles, indicando la posible explicación del caso.

## 3.4 Árboles muestra

La altura, y posiblemente otras variables a especificar en cada caso, se medirán en una submuestra de los árboles de la parcela (“árboles muestra”). Se utilizará el formulario PP-2. En el formulario se incluyen columnas en blanco para posibles variables adicionales a las aquí descritas.

### 3.4.1 Selección de la submuestra

Se seleccionarán 16 árboles muestra. Se tomarán los 4 árboles de la parcela más cercanos a cada vértice. Se excluirán árboles muertos, quebrados, o con doble flecha u otras anormalidades, reemplazándolos por el siguiente árbol más cercano. Por lo tanto, la submuestra no será necesariamente la misma en cada medición. Se encierra en un círculo en el formulario PP-1 el

número de cada árbol seleccionado, y se registra en la primera columna del formulario PP-2.

### 3.4.2 Medición de alturas

En los árboles muestra se medirá la altura vertical desde el suelo hasta el ápice del árbol. Idealmente el nivel de referencia en el suelo coincidirá con el usado para determinar el DAP, de modo que el DAP esté a una altura de 1,3 m.

Se medirá con vara en rodales con alturas menores de 10 m, y preferentemente en aquellos con alturas mayores. Cuando esto no sea practicable se usará un clinómetro o hipsómetro Suunto, Haga o Blume Leiss, utilizando uno de los procedimientos descritos a continuación. Indique el instrumento y el procedimiento usado en el formulario PP-2. La exactitud de estos instrumentos, especialmente el Haga y Blume Leiss, debe verificarse periódicamente, recalibrando en caso necesario.

#### 3.4.2.1 Vara

Las mediciones con vara son más precisas que el uso de hipsómetros. Se usan dos clases de instrumentos de este tipo.

La vara telescópica retráctil es similar a una antena, con una serie de segmentos de diferente diámetro que se introducen uno dentro de otro. Permite hacer mediciones hasta 20 o más metros de altura. Es fácil de utilizar y muy precisa, ya que las lecturas se realizan en la base de la vara con una graduación en centímetros.

La vara desmontable es de construcción más artesanal. Consta de una serie de segmentos de aluminio que se montan en forma similar a una caña de pescar. Típicamente los segmentos son de 2 m de largo, pudiendo contar con hasta 5 segmentos, alcanzando alturas de 8 a 10 m.

Se registrará la altura medida en la columna *Altura* del formulario PP-2, en metros con dos decimales. Ignorar las entradas para distancias, unidades, etc., en el formulario.

### 3.4.2.2 Hipsómetro con distancia fija

Para ciertas distancias entre observador y árbol los hipsómetros entregan directamente valores en términos de altura (con una corrección final por pendiente en caso necesario). El procedimiento es como sigue.

1. Considerando la visibilidad y la altura de los árboles elija una de las distancias para las cuales existen escalas en el hipsómetro. La precisión es más alta cuando la distancia se acerca a la altura del árbol. Con copas redondeadas sin un ápice bien definido es preferible usar una distancia mayor para evitar medir una altura falsa.
2. Colocarse a la distancia dada, preferiblemente pendiente arriba, en un lugar donde se pueda ver claramente tanto la punta del árbol como su base. Comprobar que el ángulo a la punta del árbol no sea mucho mayor de  $45^\circ$ . En caso contrario usar una distancia mayor. La distancia puede medirse:

- (a) Con el telémetro que traen muchos hipsómetros. Este consiste en un prisma adosado al instrumento, y una mira plegable que se coloca en el árbol. La mira tiene dos marcas separadas por una distancia vertical designada para la distancia elegida. Cuando las marcas coinciden al mirar a través del prisma se está a la distancia correcta. Debe cuidarse que la mira esté en posición vertical, y correctamente tensada en aquellos instrumentos en los que ésta es flexible. La exactitud del telémetro debe haber sido comprobada previamente, ya que es común encontrar variaciones significativas en ellos.

Medir la pendiente entre el instrumento y el centro de la mira. Para esto se puede usar la escala de porcentaje o grados del hipsómetro, o se puede leer en metros en la escala que se usará para medir la altura (indicar en la parte superior del formulario). Hacer tres lecturas, descartando las dos extremas y tomando el valor central (mediana; si las dos primeras lecturas coinciden la tercera no es necesaria). Registrar la distancia y la lectura de pendiente en el formulario PP-2.

- (b) Con huincha de distancia, sobre la pendiente (sin corrección por pendiente). Medir la pendiente de la huincha. Para esto se puede

usar la escala de porcentaje o grados del hipsómetro, o se puede leer en metros en la escala que se usará para medir la altura (indicar en la parte superior del formulario). Se visa con el instrumento a la altura de los ojos de un ayudante ubicado delante del árbol. Hacer tres lecturas, descartando las dos extremas y tomando el valor central (mediana; si las dos primeras lecturas coinciden la tercera no es necesaria). Registrar la distancia y la lectura de pendiente en el formulario PP-2.

3. Elegir un punto de referencia fácilmente visible a una altura conocida sobre la base del árbol. Este puede ser la base del árbol, la mira del telémetro, o un punto en el ayudante parado al lado del árbol. Registrar la altura del punto de referencia en la columna correspondiente, en metros con dos decimales. Leer el instrumento dirigido al punto de referencia en la escala correspondiente a la distancia usada. Hacer tres lecturas y registrar el valor central (mediana) en la columna correspondiente a la lectura inferior (si las dos primeras lecturas coinciden no es necesaria una tercera). Indicar claramente con un signo negativo si el ángulo está por debajo de la horizontal. Esta podrá ser la misma lectura usada para determinar la pendiente de la huincha.
4. Leer el instrumento dirigido al ápice del árbol, en la escala correspondiente a la distancia usada. Hacer tres lecturas y registrar el valor central (mediana) en la columna correspondiente a la lectura superior.

No es necesario llenar la columna *Altura*, pero si se desea se puede calcular como se indica en la sección 6.5.

### 3.4.2.3 Clinómetro o hipsómetro con distancia variable

A veces puede ser difícil encontrar puntos con buena visibilidad a las distancias fijas implementadas en el hipsómetro. En ese caso es más conveniente elegir primero el punto de observación y luego medir la distancia, que será variable.

El método es similar al anterior, con las siguientes diferencias:

1. La distancia del observador al árbol puede ser cualquiera cercana a la altura del árbol, y se mide con huincha (sin corrección por pendiente).

Se registra en metros, con dos decimales. La pendiente se mide y registra como en el caso anterior.

2. Las lecturas del instrumento pueden ser en grados, en porcentaje, o en metros para una escala elegida arbitrariamente. Esto deberá indicarse en la parte superior del formulario PP-2.

### **3.5 Control de calidad**

Una proporción de las parcelas, seleccionada al azar, será re-medida por una brigada independiente.

## Capítulo 4

# Mantenimiento

Periódicamente se deben realizar las labores necesarias para mantener la marcación de cada parcela.

Estas actividades se deben llevar a cabo en el período estival previo a una medición, de manera que no interfieran con ésta. Los elementos que se deben considerar son:

- Puntos de referencia. Se remarcan o se reestablecen dependiendo del estado en que se encuentren. Si un punto ha desaparecido o se prevee que pueda desaparecer o deteriorarse en el corto plazo, se debe reemplazar por otro que cumpla con los requisitos necesarios. Junto con esto se deben realizar las modificaciones necesarias en la documentación para la ubicación de la parcela.
- Estacas. Se debe tener especial cuidado en la preservación y mantenimiento de la numeración de las estacas, de manera que indiquen claramente el vértice y la parcela a que pertenecen. En caso necesario se debe repintar los árboles que señalan los vértices.
- Marcado de árboles. Se debe repasar la numeración y la marca que señala la altura de medición del DAP. Si existe desprendimiento de corteza, debe removerse y remarcar. La remarcación se debe realizar en una forma muy cuidadosa, preocupándose de mantener exactamente la altura de medición.

Las pérdidas de estacas y de identificaciones de árboles pueden corregirse usando el mapa de coordenadas de los árboles.



## Parte II

# Fundamentos y observaciones



## Capítulo 5

# Instalación

### 5.1 Ubicación de las parcelas

La empresa o institución que instala las parcelas deberá designar una persona responsable por este trabajo. Aquí se le identifica como el *supervisor*. Este deberá indicar a la(s) brigada(s) donde instalar las parcelas.

La selección de rodales y ubicación de las parcelas dependerá de los objetivos, y están fuera del alcance de este informe (ver [7]). Si se trata de un inventario forestal continuo, la ubicación de cada parcela normalmente estará dada en forma precisa por el diseño del muestreo. Con parcelas destinadas principalmente a la recolección de datos sobre crecimiento, existe sin embargo cierta flexibilidad. En este caso se recomienda:

- Evitar que la parcela quede a menos de unos 15 metros de caminos, claros o bordes del rodal. En pino el efecto del borde sobre el crecimiento puede extenderse a tres hileras [12]. Algunos autores sugieren alejarse a una distancia igual a la altura del rodal. No parecen haber antecedentes específicos para eucaliptos. Eventualmente los ensayos de espaciamiento proporcionarán información sobre esto.
- Evitar establecer la parcela en lugares excesivamente heterogéneos y/o con espaciamientos irregulares. A menos que un diseño de muestreo lo requiera, parece preferible no introducir mucha variabilidad innecesariamente.

De acuerdo a ésto se elegirá el punto de ubicación inicial (PUI). Si se deja libre la opción de ubicar la parcela con una holgura de algunos metros, existe la posibilidad de que se produzcan sesgos. Estos podrían ocurrir por una tendencia consciente o inconsciente a estacar hacia el centro de los espacios entre árboles, y por la posibilidad de elegir lugares con menos árboles. El método de ubicar el primer vértice estrictamente al azar a partir del PUI tiene por objeto prevenir estas eventualidades. El supervisor podrá indicar modificaciones a este procedimiento si el diseño de muestreo requiere una ubicación predeterminada más precisa, o si esto pudiera resultar en parcelas muy cercanas al borde, etc.

Normalmente las parcelas serán manejadas al igual que el resto del rodal. En ocasiones se pueden ensayar raleos u otras intervenciones experimentales, en cuyo caso hay que extender el tratamiento a un área suficientemente extensa alrededor de la parcela para evitar efectos de borde.

## **5.2 Forma, orientación y tamaño de las parcelas**

Se consideró la posibilidad de usar parcelas circulares, las que tienen la ventaja de ser ligeramente más compactas, y de no presentar problemas de variabilidad excesiva relacionados a la intersección entre lados e hileras. Su delimitación correcta en pendientes es algo más compleja, sin embargo, pudiendo ser circulares en el plano y elípticas sobre la pendiente o viceversa. Podría existir además la posibilidad de sesgo si la estaca central tiende a colocarse alejada de los árboles. En caso contrario habría que idear procedimientos algo engorrosos para cuando la aleatorización del punto central lo hace coincidir con la posición ocupada por un árbol.

Otra alternativa serían parcelas de tamaño variable, con lados a lo largo de las hileras y equidistantes entre dos de ellas. Esto facilitaría la delimitación y visibilidad de los límites, y aseguraría una relación estrecha entre número de árboles y su espacio disponible. El inconveniente es que si las hileras no son perfectas deben deformarse para conseguir rectangularidad, o en caso contrario es difícil determinar su área exacta.

La instalación de parcelas cuadradas es fácil de describir sin ambigüedades, y es relativamente simple. Se decidió no seguir la práctica usual de delimitarlas alrededor de una estaca central, con el fin de simplificar la instalación y mantención y de prevenir posibles sesgos y complicaciones como los descritos

para las parcelas circulares. El prisma de doble ángulo recto usado para los vértices es rápido y preciso (la brújula no es satisfactoria para esto, especialmente en la presencia de huinchas metálicas, etc.).

La orientación de los lados a unos  $30^\circ$  de la hileras reduce la variabilidad en el número de árboles con la ubicación de la parcela. El caso más desfavorable es con lados paralelos a las hileras, donde un desplazamiento puede hacer que se incluya o se excluya una hilera completa. Sigue la inclinación de  $45^\circ$  con espaciamiento cuadrado. Simulaciones realizadas en el INFOR por O. García alrededor de 1970 indicaron que este efecto era pequeño para ángulos de unos  $30^\circ$ .

Se recomiendan parcelas de  $1000 \text{ m}^2$  (1/10 Ha) o de  $500 \text{ m}^2$  (1/20 Ha), de modo que se tenga siempre al menos 50 árboles en la parcela. Es decir, si se espera tener siempre más de 1000 árboles por hectárea se podría instalar una parcela de  $500 \text{ m}^2$ , aunque hay que tener en cuenta el costo de re-instalación de una parcela más grande en caso de que la densidad del rodal bajara en el futuro.

Estas parcelas son menores que las de  $1600 \text{ m}^2$  del proyecto Radiata [5]. Aparte de que las densidades en eucalipto tienden a ser mayores, se ha preferido priorizar la instalación de más parcelas con un menor costo unitario. Incluso un número algo menor de 50 árboles por parcela podría considerarse aceptable, aunque probablemente a ese nivel el costo marginal de mantener y medir más árboles ya es bajo en comparación con los costos fijos.

Se sugiere a menudo elegir dimensiones para los lados de la parcela que sean números redondos, en lugar de los 22,36 m y 31,62 m usados aquí. Las posibles ventajas de los números redondos en gran parte desaparecen al introducir la corrección por pendiente.

### 5.3 Preparación, demarcación, marcado

Debería evitarse el alterar apreciablemente las condiciones de crecimiento a través de la remoción de malezas, etc. Esto es especialmente importante si la parcela debe ser representativa del rodal, como en el caso de inventario continuo.

Exactamente qué colores de pintura usar es un poco arbitrario. Se han seguido las recomendaciones de [5]. Las consideraciones principales deben

ser visibilidad, y el no tener que manejar muchos colores distintos.

Alder [1] recomienda marcar la posición de las estacas también cavando zanjas apuntando a ellas fuera de la parcela, con el fin de re-localizarlas en caso de pérdida. Aquí las posiciones pueden reconstruirse a partir de las coordenadas de los árboles, así que esa precaución se deja como opcional.

## **5.4 Mapeo, coordenadas**

Aunque el trabajo necesario para identificar la posición de todos los árboles con sus respectivas coordenadas es considerable, éste se ha considerado justificado por dos razones. Una es el posible uso futuro de esta información en estudios de competencia y modelos de árboles individuales. La otra es que permite recobrar el planteo de la parcela al perderse estacas o numeración en los árboles.

El método propuesto para determinar las posiciones es similar al de [11]. Es más confiable que el uso de coordenadas polares y presenta menos problemas de visibilidad en rodales densos.

## **5.5 Medición inicial**

La medición inicial al momento de la instalación generalmente no será utilizada en forma directa, ya que en muchos casos habrá sido hecha en plena temporada de crecimiento. Sin embargo, proporciona cierta redundancia y valores de referencia para validar y corregir los datos de la primera medición de la serie. Constituye además una oportunidad para practicar y corregir problemas con la instalación y procedimientos, sin arriesgar la pérdida de información vital.

## **5.6 Monte bajo**

Se espera que la gran mayoría de las parcelas se instalen en plantaciones. Aunque no se ha mencionado específicamente el caso del monte bajo (rodales regenerados por brotes de tocón), no se anticipa la necesidad de introducir diferencias en la descripción de los procedimientos para ese caso. Cada

brote se considerará como un árbol individual, ocurriendo la ramificación por debajo del DAP.

Alguna clarificación de las instrucciones por parte del supervisor podría ser necesaria, por ejemplo en relación al uso de la base del árbol para decidir inclusión en la parcela, etc. Se consideró que la complicación y posibles confusiones causadas al incluir aquí instrucciones específicas para monte bajo no lo justifican.

Aunque en general esto estará claro por la proximidad de las coordenadas, podría ser aconsejable alguna modificación en los procedimientos y formularios de instalación para identificar brotes de un mismo tocón.

## Capítulo 6

# Mediciones

Los formularios a emplear se encuentran en el Anexo.

### 6.1 Oportunidad de las mediciones, tratamientos

Para reducir incertidumbres asociadas con las fechas de medición y con el defase de los crecimientos en diámetro y en altura, las mediciones deben hacerse en el período de receso vegetativo o lo más cerca a la fecha de mínimo crecimiento que sea posible. A falta de información específica sobre el crecimiento estacional de los eucaliptos, se recomienda medir en Junio o Julio, y en lo posible no pasar de mediados de Agosto.

Las mediciones se harán anualmente, debido al rápido crecimiento de estas especies. En caso de raleos u otras intervenciones que alteren las variables medidas es necesario conocer sus valores antes y después de la intervención. En un raleo puede ser suficiente hacer una medición completa inmediatamente antes de éste, y luego identificar los árboles removidos.

### 6.2 Instrumentos

Se ha decidido estandarizar en la medición del DAP con huincha de diámetro. Se prefiere la de acero, evitando materiales que se puedan deteriorar perjudicando su exactitud. Esto es lo que generalmente se recomienda en

parcelas permanentes, ya que bien usada la huincha de diámetro es el instrumento más consistente. Las mediciones con forcípula varían con su orientación y con la presión aplicada (compresión de la corteza), y se requiere tener mucho cuidado con su calibración y mantenimiento para mantener la exactitud. Además, las mediciones múltiples que se necesitarían para una precisión aceptable tomarían más tiempo que una medición con huincha.

Como ya se indicó, por razones de precisión y exactitud es preferible medir alturas con vara cuando sea posible. En los hipsómetros/clinómetros se ha dejado abierta la opción de emplear varios de éstos. Muchas empresas y contratistas ya poseen ciertos modelos y, usados correctamente, las diferencias en la calidad de las mediciones son pequeñas o inexistentes [2, 13]. Lo más importante es que se tomen las precauciones apropiadas para cada instrumento, y que se cuide su calibración y mantenimiento.

Existen, y se espera que salgan más al mercado, hipsómetros electrónicos con telémetros basados en ultrasonido o láser. Por ejemplo el hipsómetro *Vertex* (basado en ultrasonido) fabricado por Haglof en Suecia. Estos no han sido evaluados aún por el Proyecto, pero es probable que su uso mejore la calidad de las mediciones de altura. Es posible también que el telémetro electrónico pueda reemplazar con ventaja a la huincha en la determinación de coordenadas y en la delimitación de las parcelas.

### 6.3 Variables

Siguiendo con el principio de limitar los costos, se especifica un mínimo de variables a medir: DAP, y alturas totales en una sub-muestra, además de registrar atributos de condición de los árboles. Al tener menos mediciones se puede además poner más cuidado en mejorar su calidad. Se ha evitado la tentación de incluir variables que “algún día podrían servir para algo”. A estas alturas de la investigación en eucaliptos parece preferible llevar a cabo estudios especialmente diseñados para contestar preguntas específicas cuando éstas surjan. En todo caso, éstas son recomendaciones de normas mínimas, y se podrán agregar otras variables cuando se juzge necesario. Los formularios contienen columnas en blanco con este fin.

Una variable que se consideró inicialmente es el nivel de copa viva, a medirse en los árboles muestra. Esta puede ser interesante para ciertos tipos de modelos de crecimiento, en la evaluación del nivel de competencia y de

aprovechamiento del sitio, y en relación a las podas y la calidad de las trozas para madera aserrada. La idea de especificar la medición de esta variable se desechó a la luz de la poca definición de la base de las copas en muchos rodales de eucalipto. Podría incluirse sin embargo en los rodales más adultos en que la base del dosel esté bien definida.

Se consideran sólo parcelas con fines de manejo, medidas con posterioridad a la etapa de establecimiento. Por lo tanto no se mencionan variables tales como el diámetro a la altura del cuello.

## **6.4 Árboles muestra**

Se consideró que el medir las alturas en una sub-muestra de 16 árboles será suficiente para construir una curva altura-DAP aceptable. Al mismo tiempo permite poner cuidado en la obtención de mediciones de buena calidad.

Una forma común de elegir los árboles muestra es como los más cercanos al centro de la parcela, en preferencia a procedimientos de muestreo más complejos. Ya que no tenemos una estaca central, la selección de los árboles más cercanos a cada esquina es una buena alternativa, incluso superior en su representatividad. Diversos métodos y aspectos de la selección de árboles muestra son analizados en [3].

## **6.5 Cálculo de alturas**

Se han incluido varios métodos alternativos de medición de alturas con el fin de adaptarse a distintas condiciones y a la experiencia e instrumentos del personal que realice la medición.

Se ha preferido registrar todas las observaciones intermedias en un formulario, en lugar de anotar solamente un valor final calculado. Esto debería reducir la ocurrencia de errores de cálculo y procedimiento, aunque implica un cierto riesgo de errores de transcripción. Sería ventajoso si la brigada opta por calcular también las alturas en terreno, aunque sea en forma aproximada (sin corrección por pendiente), detectando así a tiempo posibles errores gruesos. Esta es también una ventaja de los hipsómetros con lectura directa (distancia fija).

Los cálculos de altura son similares para todos los métodos. La altura es igual a la tangente del ángulo superior menos la del ángulo inferior (con su signo), multiplicado por la distancia horizontal, y más la altura del punto de referencia. Conviene hacer el cálculo con la distancia en pendiente, y corregir el resultado final (antes de agregar la altura del punto de referencia) multiplicando por el coseno de la pendiente. Habrá que hacer las conversiones necesarias de acuerdo a las unidades usadas para medir los diversos ángulos. El método de hipsómetro con distancia fija da directamente las alturas parciales (tangente por distancia), de modo que los cálculos se simplifican. La corrección por pendiente es distinta al emplear el telémetro. Debido a la inclinación de la mira con respecto a la visual hay que multiplicar otra vez por el coseno de la pendiente, es decir, para corregir se multiplica por el cuadrado del coseno.

En base a esto, se le podrá entregar a la brigada las fórmulas apropiadas para el instrumento, método y unidades que van a usar.

## 6.6 Revisión

Luego de la medición el supervisor deberá comprobar que la información en los formularios esté completa.

Puede ser deseable además comparar las cantidades en los formularios con valores de la medición anterior, con el fin de detectar inconsistencias o errores gruesos que aún se puedan corregir. Debe tenerse especial cuidado en no eliminar o alterar registros simplemente por que difieren substancialmente de los anteriores, sin una muy buena explicación o verificación del valor correcto. Errores de medición considerables son una ocurrencia normal, y la medición anterior puede ser la incorrecta. Además el eliminar datos por presentar incrementos negativos introduce sesgos, ya que el caso opuesto de incrementos demasiado altos es más difícil de detectar.

## Capítulo 7

# Mantenición

Es probable que el desprendimiento de la corteza característico de muchos eucaliptos produzca dificultades que no se presenten con otras especies. La mantención de las parcelas deberá hacerse en forma oportuna para evitar problemas con la pérdida de los números y las marcas de DAP.

## Parte III

# ANEXO — Formularios y tablas



Lados de la parcela, con corrección por pendiente

| Pendiente |      | Distancia         |                    | Pendiente |      | Distancia         |                    | Pendiente |      | Distancia         |                    |
|-----------|------|-------------------|--------------------|-----------|------|-------------------|--------------------|-----------|------|-------------------|--------------------|
| %         | grds | 500m <sup>2</sup> | 1000m <sup>2</sup> | %         | grds | 500m <sup>2</sup> | 1000m <sup>2</sup> | %         | grds | 500m <sup>2</sup> | 1000m <sup>2</sup> |
| 0,0       | 0,0  | 22,36             | 31,62              | 47,5      | 25,4 | 24,76             | 35,01              | 73,5      | 36,3 | 27,75             | 39,25              |
| 6,0       | 3,4  | 22,40             | 31,68              | 48,0      | 25,6 | 24,80             | 35,08              | 74,0      | 36,5 | 27,82             | 39,34              |
| 8,0       | 4,6  | 22,43             | 31,72              | 48,5      | 25,9 | 24,85             | 35,15              | 74,5      | 36,7 | 27,88             | 39,43              |
| 10,0      | 5,7  | 22,47             | 31,78              | 49,0      | 26,1 | 24,90             | 35,22              | 75,0      | 36,9 | 27,95             | 39,53              |
| 12,0      | 6,8  | 22,52             | 31,85              | 49,5      | 26,3 | 24,95             | 35,28              | 75,5      | 37,1 | 28,02             | 39,62              |
| 14,0      | 8,0  | 22,58             | 31,93              | 50,0      | 26,6 | 25,00             | 35,36              | 76,0      | 37,2 | 28,09             | 39,72              |
| 16,0      | 9,1  | 22,65             | 32,02              | 50,5      | 26,8 | 25,05             | 35,43              | 76,5      | 37,4 | 28,15             | 39,81              |
| 17,0      | 9,6  | 22,68             | 32,08              | 51,0      | 27,0 | 25,10             | 35,50              | 77,0      | 37,6 | 28,22             | 39,91              |
| 18,0      | 10,2 | 22,72             | 32,13              | 51,5      | 27,2 | 25,15             | 35,57              | 77,5      | 37,8 | 28,29             | 40,01              |
| 19,0      | 10,8 | 22,76             | 32,19              | 52,0      | 27,5 | 25,20             | 35,64              | 78,0      | 38,0 | 28,36             | 40,10              |
| 20,0      | 11,3 | 22,80             | 32,25              | 52,5      | 27,7 | 25,25             | 35,72              | 78,5      | 38,1 | 28,43             | 40,20              |
| 21,0      | 11,9 | 22,85             | 32,31              | 53,0      | 27,9 | 25,31             | 35,79              | 79,0      | 38,3 | 28,50             | 40,30              |
| 22,0      | 12,4 | 22,90             | 32,38              | 53,5      | 28,1 | 25,36             | 35,86              | 79,5      | 38,5 | 28,57             | 40,40              |
| 23,0      | 13,0 | 22,94             | 32,45              | 54,0      | 28,4 | 25,41             | 35,94              | 80,0      | 38,7 | 28,64             | 40,50              |
| 24,0      | 13,5 | 23,00             | 32,52              | 54,5      | 28,6 | 25,47             | 36,01              | 80,5      | 38,8 | 28,71             | 40,60              |
| 25,0      | 14,0 | 23,05             | 32,60              | 55,0      | 28,8 | 25,52             | 36,09              | 81,0      | 39,0 | 28,78             | 40,70              |
| 26,0      | 14,6 | 23,10             | 32,67              | 55,5      | 29,0 | 25,57             | 36,17              | 81,5      | 39,2 | 28,85             | 40,79              |
| 27,0      | 15,1 | 23,16             | 32,76              | 56,0      | 29,2 | 25,63             | 36,24              | 82,0      | 39,4 | 28,92             | 40,89              |
| 28,0      | 15,6 | 23,22             | 32,84              | 56,5      | 29,5 | 25,68             | 36,32              | 82,5      | 39,5 | 28,99             | 41,00              |
| 29,0      | 16,2 | 23,28             | 32,93              | 57,0      | 29,7 | 25,74             | 36,40              | 83,0      | 39,7 | 29,06             | 41,10              |
| 30,0      | 16,7 | 23,35             | 33,02              | 57,5      | 29,9 | 25,79             | 36,48              | 83,5      | 39,9 | 29,13             | 41,20              |
| 31,0      | 17,2 | 23,41             | 33,11              | 58,0      | 30,1 | 25,85             | 36,56              | 84,0      | 40,0 | 29,20             | 41,30              |
| 32,0      | 17,7 | 23,48             | 33,20              | 58,5      | 30,3 | 25,91             | 36,64              | 84,5      | 40,2 | 29,27             | 41,40              |
| 33,0      | 18,3 | 23,55             | 33,30              | 59,0      | 30,5 | 25,96             | 36,72              | 85,0      | 40,4 | 29,35             | 41,50              |
| 33,5      | 18,5 | 23,58             | 33,35              | 59,5      | 30,8 | 26,02             | 36,80              | 85,5      | 40,5 | 29,42             | 41,61              |
| 34,0      | 18,8 | 23,62             | 33,40              | 60,0      | 31,0 | 26,08             | 36,88              | 86,0      | 40,7 | 29,49             | 41,71              |
| 34,5      | 19,0 | 23,65             | 33,45              | 60,5      | 31,2 | 26,13             | 36,96              | 86,5      | 40,9 | 29,57             | 41,81              |
| 35,0      | 19,3 | 23,69             | 33,50              | 61,0      | 31,4 | 26,19             | 37,04              | 87,0      | 41,0 | 29,64             | 41,92              |
| 35,5      | 19,5 | 23,73             | 33,56              | 61,5      | 31,6 | 26,25             | 37,12              | 87,5      | 41,2 | 29,71             | 42,02              |
| 36,0      | 19,8 | 23,77             | 33,61              | 62,0      | 31,8 | 26,31             | 37,21              | 88,0      | 41,3 | 29,79             | 42,12              |
| 36,5      | 20,1 | 23,80             | 33,66              | 62,5      | 32,0 | 26,37             | 37,29              | 88,5      | 41,5 | 29,86             | 42,23              |
| 37,0      | 20,3 | 23,84             | 33,72              | 63,0      | 32,2 | 26,43             | 37,38              | 89,0      | 41,7 | 29,93             | 42,33              |
| 37,5      | 20,6 | 23,88             | 33,77              | 63,5      | 32,4 | 26,49             | 37,46              | 89,5      | 41,8 | 30,01             | 42,44              |
| 38,0      | 20,8 | 23,92             | 33,83              | 64,0      | 32,6 | 26,55             | 37,54              | 90,0      | 42,0 | 30,08             | 42,54              |
| 38,5      | 21,1 | 23,96             | 33,89              | 64,5      | 32,8 | 26,61             | 37,63              | 90,5      | 42,1 | 30,16             | 42,65              |
| 39,0      | 21,3 | 24,00             | 33,94              | 65,0      | 33,0 | 26,67             | 37,72              | 91,0      | 42,3 | 30,23             | 42,76              |
| 39,5      | 21,6 | 24,04             | 34,00              | 65,5      | 33,2 | 26,73             | 37,80              | 91,5      | 42,5 | 30,31             | 42,86              |
| 40,0      | 21,8 | 24,08             | 34,06              | 66,0      | 33,4 | 26,79             | 37,89              | 92,0      | 42,6 | 30,38             | 42,97              |
| 40,5      | 22,0 | 24,12             | 34,12              | 66,5      | 33,6 | 26,85             | 37,98              | 92,5      | 42,8 | 30,46             | 43,08              |
| 41,0      | 22,3 | 24,17             | 34,18              | 67,0      | 33,8 | 26,92             | 38,06              | 93,0      | 42,9 | 30,54             | 43,18              |
| 41,5      | 22,5 | 24,21             | 34,24              | 67,5      | 34,0 | 26,98             | 38,15              | 93,5      | 43,1 | 30,61             | 43,29              |
| 42,0      | 22,8 | 24,25             | 34,30              | 68,0      | 34,2 | 27,04             | 38,24              | 94,0      | 43,2 | 30,69             | 43,40              |
| 42,5      | 23,0 | 24,30             | 34,36              | 68,5      | 34,4 | 27,10             | 38,33              | 94,5      | 43,4 | 30,77             | 43,51              |
| 43,0      | 23,3 | 24,34             | 34,42              | 69,0      | 34,6 | 27,17             | 38,42              | 95,0      | 43,5 | 30,84             | 43,62              |
| 43,5      | 23,5 | 24,38             | 34,49              | 69,5      | 34,8 | 27,23             | 38,51              | 95,5      | 43,7 | 30,92             | 43,73              |
| 44,0      | 23,7 | 24,43             | 34,55              | 70,0      | 35,0 | 27,29             | 38,60              | 96,0      | 43,8 | 31,00             | 43,84              |
| 44,5      | 24,0 | 24,47             | 34,61              | 70,5      | 35,2 | 27,36             | 38,69              | 96,5      | 44,0 | 31,07             | 43,95              |
| 45,0      | 24,2 | 24,52             | 34,68              | 71,0      | 35,4 | 27,42             | 38,78              | 97,0      | 44,1 | 31,15             | 44,06              |
| 45,5      | 24,5 | 24,57             | 34,74              | 71,5      | 35,6 | 27,49             | 38,87              | 97,5      | 44,3 | 31,23             | 44,17              |
| 46,0      | 24,7 | 24,61             | 34,81              | 72,0      | 35,8 | 27,55             | 38,97              | 98,0      | 44,4 | 31,31             | 44,28              |
| 46,5      | 24,9 | 24,66             | 34,87              | 72,5      | 35,9 | 27,62             | 39,06              | 98,5      | 44,6 | 31,39             | 44,39              |
| 47,0      | 25,2 | 24,71             | 34,94              | 73,0      | 36,1 | 27,68             | 39,15              | 99,0      | 44,7 | 31,47             | 44,50              |



# Bibliografía

- [1] ALDER, D. *Estimación del Volumen Forestal y Predicción del Rendimiento. Vol.2 - Predicción del Rendimiento*. Estudio FAO: Montes 22/2. 1980.
- [2] ANDRE, J. G. P. *Measuring tree heights*. N.Z.F.R.I. Forest Products Report No. 189. 1966.
- [3] ARABATZIS, A. A. and BURKHART, H. E. *An evaluation of sampling methods and model forms for estimating height-diameter relationships in loblolly pine plantations*. **Forest Science** **38**, 192–198. 1992.
- [4] CHAPPELL, H. N., CURTIS, R. O., HYINK, D. M. and MAGUIRE, D. A. *The Pacific Northwest Stand Management Cooperative and its field installation design*. p.1073-1080 in Ek, A.R., Shifley, S.R., and Burk, T.E. (Eds.) “Forest Growth Modelling and Prediction”. USDA Forest Service, General Technical Report NC-120. 1988.
- [5] COX, F. y URRUTIA, M. *Manual de Instalación y Medición de Ensayos Principales y Complementarios*. Proyecto modelo Nacional de Simulación de Pino Radiata. Fundación Chile. 1994
- [6] CUTLER, D. D. *A permanent plot system of survey for the continuous inventory of Ponderosa pine stands in the Southwest*. **Journal of Forestry** **35**, 186–189. 1955.
- [7] GARCIA, O. *Nueva red de ensayos y parcelas permanentes*. INFOR – FONDEF 2/33. Informe interno TEC01/94.
- [8] HAMILTON, G. J. *Forest Mensuration Handbook*. Forestry Commission Booklet No.39. Her Majesty’s Stationery Office, London. 1975.

- [9] JOHN, H., y TSCHINKEL, H. *Parcelas Forestales Permanentes. Su Establecimiento, Medición y Análisis*. U. Nacional, Fac. de Cs. Agrícolas, Dep. de Rec. Forestales y Centro de Educación e Inv. Forestales (CEIF ), Proyecto UNDP / SF-FAO COL 10. Centro de publicaciones, Medellín, Colombia, 1971.
- [10] PILAAR, C. H. and DUNLOP, J. D. *The permanent sample plot system of the New Zealand Ministry of Forestry*. In “Forest Growth Data: Capture, Retrieval and Dissemination”. Proc. IUFRO Conf., Gembloux, Belgium.
- [11] REED, D. D., LEICHTY, H. O. and BURTON, A. J. *A simple procedure for mapping tree locations in forest stands*. **Forest Science** **35**, 657–662. 1989.
- [12] VAN LAAR, A. *Edge effects in Pinus radiata*. **South African For. J.**, No.104, p.35–37. 1978.
- [13] WARREN, W. G. *Test of some instruments for measuring tree height*. FRI, New Zealand Forest Service. New Zealand Forestry Research Notes 12. 1958.