

# INFORME TÉCNICO

*Evaluación Fitosanitaria de Arbolado Urbano*

---

## Plaza de Armas, Puerto Varas Región de Los Lagos



**Junio, 2026.-**

## EVALUACIÓN 1

|                         |                                                   |
|-------------------------|---------------------------------------------------|
| Código árbol            | ULMO-001 Cod. 066                                 |
| Coordenadas UTM (WGS84) | 18G 668871 E / 5423978 N                          |
| Especie evaluada        | <i>Eucryphia cordifolia</i>                       |
| Familia                 | Cunoniaceae                                       |
| DAP medido              | 110 cm                                            |
| Altura total            | 13 m                                              |
| Profesional responsable | Cecilia Andrea Salas Urrutia                      |
| Título                  | Ingeniero Forestal                                |
| Empresa                 | Geoforestal Servicios Limitada — RUT 78.057.294-9 |
| Fecha de evaluación     | Junio 2026                                        |
| Contexto                | Post evento tornado 25 mayo 2025                  |

## 1. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Nombre común      | Ulmo                           |
| Nombre científico | <i>Eucryphia cordifolia</i>    |
| Familia           | Cunoniaceae                    |
| Orden             | Oxalidales                     |
| DAP               | 110 cm                         |
| Altura total      | 13 m                           |
| Coordenadas       | UTM 18G — 668871 E / 5423978 N |
| Ubicación         | Plaza de Armas, Puerto Varas   |



**Figura 1. Ulmo evaluado — Copa con marcado deterioro, ramas secas y múltiples cortes de poda. Plaza de Armas, Puerto Varas. Fuente: Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

El Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) es una especie arbórea nativa de los bosques templados lluviosos del sur de Chile (Bosque Valdiviano). Pertenece a la familia Cunoniaceae, es de gran valor ecológico, melífero y patrimonial. Sus flores son fuente principal de la miel de Ulmo, reconocida a nivel internacional.

## 2. EDAD RELATIVA ESTIMADA

Para *Eucryphia cordifolia* en condición urbana, la estimación de edad relativa se realiza considerando su tasa de crecimiento moderada-lenta (incremento anual medio de 0,8 a 1,2 cm de diámetro en condiciones urbanas con suelo compactado y competencia radicular).

**Edad relativa estimada: 80 a 130 años**

El ejemplar es considerado centenario. El Ulmo es una especie longeva que puede superar los 200 años en condiciones silvestres, lo que aumenta su valor patrimonial y la complejidad de su

manejo. Puede calificar como árbol patrimonial bajo la Ley N° 20.599 y normativa municipal vigente.

### 3. ANÁLISIS DEL RESISTOGRAMA

Se realizó diagnóstico instrumental mediante resistógrafo de 500 mm (archivo 066). El perfil obtenido muestra la resistencia que opone la madera al avance de la aguja en el radio del fuste, permitiendo detectar cavidades, pudriciones internas y cambios de densidad de la madera.

#### Lectura e interpretación del perfil resistográfico:

- La curva inicia con transición normal desde la corteza y albura exterior.
- A partir del 20-25% del radio, la resistencia cae a valores bajos-moderados y se mantiene plana, sin recuperación hacia el centro.
- No se observa pico de resistencia central robusto, esperable en madera sana.
- Hacia el extremo contralateral se observa ligera recuperación de densidad, indicando que la madera exterior opuesta conserva mayor integridad.
- El perfil es compatible con pudrición interna de tipo cónica o columnar en zona medular.

**Degradación estimada: 55-65% del área de sección transversal. t/R ratio  $\approx$  0,27-0,33 (límite/bajo umbral crítico de 0,30).**

Este resultado es consistente con la presencia de hongos de pudrición blanca (white rot), frecuentes en Cunoniaceae expuestas a ambientes húmedos y con heridas antiguas sin cierre de compartimentación adecuado (sistema CODIT comprometido).

#### Perfil Resistográfico — Archivo 066 (Ulmo, Plaza de Armas)



**Figura 3. Resistograma archivo 066 — *Eucryphia cordifolia*, DAP 110 cm. Resistógrafo 500 mm. Eje X: recorrido de la aguja (radio del fuste); Eje Y: resistencia de la madera (0–990 unidades). La curva plana en zona central indica pérdida significativa de densidad de madera compatible con pudrición interna. Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

#### 4. ESTADO DEL FOLLAJE

|                           |                                                            |
|---------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>     | Regular (clase 2 de 4)                                     |
| <b>Reducción de copa</b>  | 20 - 30% respecto al potencial óptimo                      |
| <b>Asimetría de copa</b>  | Presente — copa irregular con ramas de gran porte          |
| <b>Densidad foliar</b>    | Reducida en sectores, posible estrés hídrico y nutricional |
| <b>Defoliación severa</b> | No evidenciada                                             |
| <b>Ramas muertas</b>      | Presencia de ramas secas en zona superior                  |

El follaje presenta reducción de copa asociada a compactación de suelo urbano, asfixia radicular y posible déficit nutricional. No se observa defoliación severa, pero la condición general se clasifica como regular, señal de estrés crónico del ejemplar.

#### 5. ESTADO DEL FUSTE

|                                                                             |                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>                                                       | Deficiente (clase 3 de 4)                                                                        |
| <b>Inclinación</b>                                                          | Leve — hacia zona de tránsito peatonal/vehicular                                                 |
| <b>Corteza</b>                                                              | Irregularidades, sin corteza en algunos sectores del fuste y zonas callosas por heridas antiguas |
| <b>Cavidades</b>                                                            | En base y zona media-baja del fuste                                                              |
| <b>CODIT<br/>(Compartimentalización<br/>de la Pudrición en<br/>Árboles)</b> | Comprometido — compartimentación fallida por edad y heridas                                      |
| <b>Grietas basales</b>                                                      | Daño estructural mediano                                                                         |

El fuste presenta una arquitectura propia de un individuo de gran edad con cicatrices de heridas antiguas. La leve inclinación hacia la zona de impacto incrementa el momento flector y el riesgo de colapso ante eventos de viento.

## 6. ESTADO DE RAÍCES Y CUELLO

|                       |                                                          |
|-----------------------|----------------------------------------------------------|
| Estado general        | Regular a Deficiente                                     |
| Compactación de suelo | Alta — pavimento perimetral de adoquines                 |
| Cuello del árbol      | Posiblemente enterrado o rodeado de bordillo de concreto |
| Asfixia radicular     | Probable — impermeabilización superficial extensa        |
| Raíces estructurales  | Posiblemente dañadas por instalaciones de servicios      |
| Hongos basales        | No evidenciados visualmente, no descartables             |

Las condiciones de suelo urbano compactado e impermeabilizado generan asfixia radicular crónica, favoreciendo el ingreso de patógenos fúngicos al cuello. Se recomienda inspección directa con descolmatación del cuello y aireación radicular perimetral.

## 7. PLAGAS DETECTADAS

Para *Eucryphia cordifolia* en ambientes urbanos del sur de Chile, las plagas más frecuentes son:

- Coleópteros xilófagos (barrenadores): *Hylesinus* sp., *Phoracantha* sp. (especie invasora) — generan galerías que pueden coincidir con las irregularidades observadas en el resistograma.
- Áfidos y cochinillas en ramas secundarias, favorecidos por el estado de debilitamiento crónico del individuo.
- Actividad de xilófagos internos: **sospechada** — requiere confirmación con inspección de galerías en corteza y toma de muestras.

El estado de debilitamiento general del árbol lo hace altamente susceptible a ataques oportunistas de insectos xilófagos. La pudrición interna activa facilita el establecimiento y avance de barrenadores secundarios.

## 8. ENFERMEDADES Y PATÓGENOS

|                                   |                                                                        |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diagnóstico principal</b>      | Pudrición blanca (white rot) de la madera — Alta severidad             |
| <b>Agentes causales probables</b> | Ganoderma sp., Phellinus sp. o Trametes sp. (Basidiomicetos)           |
| <b>Mecanismo</b>                  | Descomposición de lignina y celulosa — pérdida de resistencia mecánica |
| <b>Cancros fúngicos</b>           | Posibles en ramas (Botryosphaeria sp.) si existe muerte apical         |
| <b>Phytophthora en cuello</b>     | No descartable — frecuente en suelos con encharcamiento urbano         |
| <b>Severidad global</b>           | Alta                                                                   |

El perfil resistográfico es coherente con la ecología de las pudriciones fúngicas en Cunoniaceae. La presencia de hongos de pudrición blanca es el diagnóstico más probable y explica la pérdida de densidad interna observada en el resistograma.

## 9. EVALUACIÓN DE RIESGO MATRIZ ISA (Sociedad Internacional de Arboricultura)

| FACTOR                              | VALORACIÓN                                                         | NIVEL                |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Probabilidad de falla               | Degradación 55-65% área seccional — $t/R < 0,30$                   | <b>ALTA</b>          |
| Tamaño de la parte que puede fallar | Fuste completo o ramas primarias de gran porte                     | <b>SIGNIFICATIVO</b> |
| Zona de impacto                     | Acera/plaza con tránsito peatonal y vehicular intenso              | <b>CRÍTICA</b>       |
| Consecuencias en caso de falla      | Daño a personas, vehículos, infraestructura, responsabilidad legal | <b>SEVERAS</b>       |

**NIVEL DE RIESGO GLOBAL: ALTO A MUY ALTO**

## 10. PROBABILIDAD DE FALLA Y ZONA DE IMPACTO

La probabilidad de falla estructural se clasifica como Alta, considerando:

- t/R en límite o por debajo del umbral crítico de seguridad (0,30) según criterio Mattheck & Breloer.
- Pudrición interna extensa que afecta el 55-65% del área de sección transversal.
- Leve inclinación del fuste hacia zona de alto tránsito, incrementando el momento flector.
- Contexto de alta exposición a viento y precipitaciones intensas en la Región de Los Lagos.
- Antecedente de evento climático severo (tornado, 25 mayo 2025) que puede haber generado daño estructural adicional no visible.

La zona de impacto en caso de colapso es crítica: radio de caída estimado de 13-15 m (equivalente a la altura total del árbol), abarcando acera, calzada vehicular e inmuebles comerciales con alto flujo de personas.

## 11. CONSECUENCIAS EN CASO DE FALLA

|                               |                                                                |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Daño a personas</b>        | MUY ALTO — zona de alto tránsito peatonal                      |
| <b>Daño a vehículos</b>       | ALTO                                                           |
| <b>Daño a infraestructura</b> | ALTO (edificios, luminarias, pavimento)                        |
| <b>Responsabilidad legal</b>  | MUY ALTA — para el municipio o propietario del espacio público |
| <b>Pérdida patrimonial</b>    | ALTA — ejemplar centenario de posible valor patrimonial        |

## 12. RECOMENDACIONES DE MANEJO

### 12.1 Manejo Silvícola

- Poda de reducción de copa (30-35% del follaje): reducir la carga de viento sobre el fuste estructuralmente comprometido. Mantener equilibrio copa/raíz.
- Eliminación de ramas muertas, codominantes y con ángulos de inserción débiles — prioridad inmediata.
- Instalación de sistemas de apuntalamiento o tensado (cabling & bracing) en ramas primarias de mayor porte.
- Evaluación de inyección de consolidante (resina epoxi estructural) en cavidades basales, según inspección directa.
- Descolmatación del cuello: retirar tierra o pavimento acumulado para mejorar aireación radicular.

- Mejora del sustrato radicular: perforación radial de aireación + incorporación de compost bajo la proyección de copa.

## 12.2 Urgencia de Intervención

### URGENCIA: ALTA — INTERVENCIÓN EN EL CORTO PLAZO (0-3 MESES)

- INMEDIATO: Señalización preventiva del área de riesgo (radio mínimo 15 m), especialmente ante condiciones de viento o precipitación.
- CORTO PLAZO (< 30 días): Poda de reducción y eliminación de partes en riesgo, con arborista certificado en trabajo en altura.
- EVALUACIÓN DE EXTRACCIÓN: Si la inspección directa confirma degradación superior al 65% del área seccional, la remoción total del ejemplar debe evaluarse seriamente, con reposición por especies nativas equivalentes.

## 12.3 Tratamientos Fitosanitarios

- Aplicación de fungicidas sistémicos (tiofanato metilo o propiconazol) mediante inyección directa al xilema (sistema Arborjet o similar) para detener el avance de la pudrición fúngica activa.
- Sellado de heridas con pasta cicatrizante con base de cobre (sin productos asfálticos) en todos los cortes de poda.
- Tratamiento de suelo con Trichoderma harzianum como agente de biocontrol para hongos de suelo (Phytophthora, Fusarium) en zona radicular.
- Si se confirman xilófagos mediante inspección: aplicación de insecticida sistémico (imidacloprid por inyección al suelo o fuste).

## 13. MONITOREO POSTERIOR

| ACCIÓN                                          | FRECUENCIA                          |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Inspección visual general del árbol             | Cada 3 meses                        |
| Nueva evaluación resistográfica (mismo punto)   | A los 12 meses                      |
| Evaluación de copa y crecimiento foliar         | Cada 6 meses (primavera/otoño)      |
| Revisión del sistema de tensado (si se instala) | Cada 6 meses                        |
| Fotografía documental georreferenciada          | En cada visita                      |
| Tomografía sónica PiCUS (complementaria)        | Recomendada antes de decisión final |

## 14. CONSIDERACIONES PATRIMONIALES

---

***Eucryphia cordifolia*** es una especie nativa protegida en Chile. Un ejemplar de DAP 110 cm y edad estimada centenaria puede calificar como árbol patrimonial bajo la Ley N° 20.599 o instrumentos municipales equivalentes.

- Gestionar declaratoria de árbol patrimonial ante el municipio si aún no cuenta con ella.
- Cualquier intervención de poda mayor o eventual extracción requiere autorización de la CONAF, según corresponda.
- Documentar el estado actual con informe técnico firmado por profesional habilitado antes de cualquier intervención.
- El presente informe puede ser anexado a la gestión municipal post-emergencia tornado del 25 de mayo de 2025.

## EVALUACIÓN 2

|                         |                                                                 |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Código árbol            | ULMO-002 - Cod. 067                                             |
| Coordenadas UTM (WGS84) | 18G 668869 E / 5423986 N                                        |
| Especie evaluada        | <i>Eucryphia cordifolia</i>                                     |
| Familia                 | Cunoniaceae                                                     |
| DAP medido              | 36 cm                                                           |
| Altura total            | 8,9 m                                                           |
| Profesional responsable | Cecilia Andrea Salas Urrutia                                    |
| Título                  | Ingeniero Forestal                                              |
| Empresa                 | Geoforestal Servicios Limitada — RUT 78.057.294-9               |
| Fecha de evaluación     | Junio 2026                                                      |
| Contexto                | Post evento tornado 25 mayo 2025 — Plaza de Armas, Puerto Varas |

## 1. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Nombre común      | Ulmo                           |
| Nombre científico | <i>Eucryphia cordifolia</i>    |
| Familia           | Cunoniaceae                    |
| Orden             | Oxalidales                     |
| DAP               | 36 cm                          |
| Altura total      | 8,9 m                          |
| Coordenadas       | UTM 18G — 668869 E / 5423986 N |
| Ubicación         | Plaza de Armas, Puerto Varas   |



**Figura 1. Ulmo evaluado — Marcado deterioro en copa, ramas secas y múltiples cortes de poda. Plaza de Armas, Puerto Varas. Fuente: Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

El Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) es una especie arbórea nativa del bosque valdiviano, de la familia Cunoniaceae, con alto valor ecológico, melífero y patrimonial. Con DAP de 36 cm se trata de un ejemplar de porte medio, significativamente menor al ejemplar anterior evaluado (DAP 110 cm), lo que condiciona su interpretación dasométrica y estructural.

## 2. EDAD RELATIVA ESTIMADA

Para *Eucryphia cordifolia* en condición urbana, con DAP de 36 cm y considerando una tasa de crecimiento media de 0,8–1,2 cm de diámetro anual en contexto urbano:

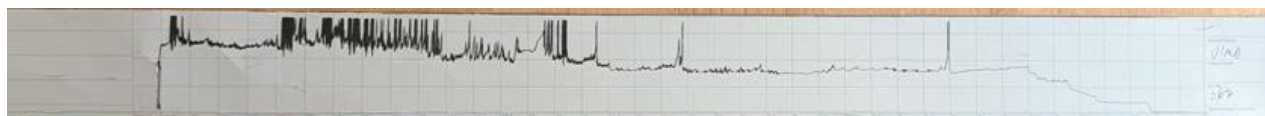
**Edad relativa estimada: 30 a 45 años aproximadamente**

Es un ejemplar adulto joven. Su menor porte respecto al máximo potencial de la especie puede asociarse también a condiciones de sitio adversas (compactación de suelo urbano, restricción radicular por pavimentos e infraestructura), que limitan el desarrollo normal. Considerando el contexto de la plaza urbana en el que se emplaza, la edad estimada es coherente con plantaciones de renovación del arbolado realizadas en décadas pasadas.

### 3. ANÁLISIS DEL RESISTOGRAMA — ARCHIVO 067

Se realizó diagnóstico instrumental con resistógrafo de 500 mm. El perfil 067 presenta características notoriamente distintas al perfil 046 (DAP 110 cm), lo que es coherente con la diferencia de tamaño y edad del ejemplar.

#### Perfil Resistográfico — Archivo 067 (Ulmo, DAP 36 cm)



**Figura 3. Resistograma archivo 067 — *Eucryphia cordifolia*, DAP 36 cm. Resistógrafo 500 mm. Eje X: recorrido de la aguja (radio del fuste); Eje Y: resistencia de la madera (0–990). Geoforestal Servicios Limitada, 2025.**

#### Lectura e interpretación del perfil 067:

- **ZONA INICIAL (0–15% del radio):** La curva inicia con valores MUY BAJOS — la aguja penetra con resistencia mínima desde el margen externo. Esto es anómalo: en madera sana la corteza y albura ofrecen resistencia inicial alta. Indica **ALBURA DEGRADADA** o madera exterior con descomposición activa.
- **CAÍDA BRUSCA CENTRAL (aprox. 15–40% del radio):** Se registra una caída abrupta a valores cercanos a cero — **CAVIDAD O VACÍO INTERNO** significativo. La aguja no encuentra resistencia mecánica: zona hueca o con madera completamente degradada.
- **ZONA MEDIA-ALTA (40–70% del radio):** Recuperación parcial de resistencia con picks irregulares de alta amplitud. El patrón de picks agudos y valles profundos es característico de madera con ataque de xilófagos (barrenadores) — presencia de galerías de insectos en la madera.
- **ZONA FINAL (70–100%):** Nuevos picks de alta resistencia alternando con caídas abruptas. Patrón irregular hasta el extremo contralateral, sin recuperación sostenida. Indica que la madera opuesta también está comprometida por galerías o focos de pudrición.
- **PICO FINAL EXTREMO:** Se registra un pico abrupto de resistencia máxima al término del recorrido, compatible con corteza contralateral o con un nudo/zona de madera compactada. No indica sanidad general del fuste.

**DIAGNÓSTICO: El perfil árbol 002 evidencia daño interno severo y complejo — combinación de pudrición interna activa con presencia probable de galerías de xilófagos. La degradación afecta múltiples zonas del radio, no se limita a la médula.**

Aplicando el criterio del t/R radio (Mattheck & Breloer) para el DAP de 36 cm (radio = 18 cm):

- Zona sana estimada (cáscara exterior funcional):  $\leq 4\text{--}5$  cm
- t/R estimado:  $\approx 0,22\text{--}0,28$  — BAJO el umbral crítico de seguridad (0,30)

**Degradación estimada: 65–75% del área de sección transversal — CRÍTICA para un árbol de DAP reducido**

#### 4. ESTADO DEL FOLLAJE

|                           |                                                                                         |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>     | Deficiente a Muy Deficiente (clase 3–4 de 4)                                            |
| <b>Reducción de copa</b>  | 40–50% respecto al potencial de la especie                                              |
| <b>Asimetría de copa</b>  | Marcada — copa irregular, muy reducida, con ramas principales secas o con muerte apical |
| <b>Ramas muertas</b>      | Presencia evidente de ramas secas en la parte superior de la copa (visible en imagen 2) |
| <b>Densidad foliar</b>    | Muy reducida — follaje escaso concentrado en pocas ramas vivas                          |
| <b>Brotes epicórmicos</b> | Probables — respuesta de estrés crónico severo                                          |
| <b>Defoliación severa</b> | Sí — evidente en la imagen de campo                                                     |

Las fotografías de campo (imagen 2) muestran claramente una copa muy reducida con ramas principales secas y muerte apical evidente, lo que indica un estado de estrés severo y crónico. Este patrón de decaimiento de copa es coherente con el daño interno severo detectado por el resistógrafo — el árbol no puede sostener una copa normal debido a la pérdida de funcionalidad del xilema (tejido conductor de savia).

#### 5. ESTADO DEL FUSTE

|                       |                                                                                               |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b> | Muy Deficiente (clase 4 de 4)                                                                 |
| <b>Corteza</b>        | Corteza con irregularidades, posibles zonas de hundimiento o heridas antiguas no cicatrizadas |
| <b>Cavidades</b>      | Muy probable presencia de cavidades internas, coherente con el perfil resistográfico          |

|                                                                     |                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Inclinación</b>                                                  | Evaluar — DAP 36 cm con daño interno severo hace crítico cualquier ángulo de inclinación |
| <b>Signos de xilófagos</b>                                          | Orificios o galerías visibles en corteza — requiere inspección directa                   |
| <b>CODIT<br/>(Compartimentalización de la Pudrición en Árboles)</b> | Muy comprometido — sistema de compartimentación probablemente fallido en múltiples zonas |
| <b>Cicatrices/heridas</b>                                           | Presencia probable de heridas antiguas no cerradas que permiten entrada de patógenos     |

El fuste de un ejemplar con DAP 36 cm tiene significativamente menos masa de madera estructural que un árbol de DAP 110 cm. Cuando la degradación interna alcanza el 65–75% del área seccional en un árbol de este porte, la resistencia mecánica residual es muy baja y el riesgo de quiebre súbito es alto, incluso ante vientos moderados.

## 6. ESTADO DE RAÍCES Y CUELLO

|                                |                                                                                                          |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>          | Regular a Deficiente                                                                                     |
| <b>Tipo de suelo / entorno</b> | Suelo urbano compactado, con pradera a nivel de cuello — mejor condición relativa que árboles en adoquín |
| <b>Cuello del árbol</b>        | Potencialmente expuesto, con riesgo de encharcamiento y entrada de patógenos basales                     |
| <b>Asfixia radicular</b>       | Probable en grado moderado a alto — restricción por infraestructura urbana                               |
| <b>Raíces estructurales</b>    | Posiblemente dañadas o cortadas por instalaciones de servicios urbanos                                   |
| <b>Hongos basales</b>          | No evidenciados visualmente, pero no descartables dada la degradación interna severa                     |

Las fotos de campo muestran que el árbol crece en una franja de pradera junto a la acera, lo que representa una condición de sustrato relativamente mejor que árboles en plazas con adoquín total.

Sin embargo, la compactación por tránsito peatonal y la proximidad a la calzada limitan el desarrollo radicular y favorecen la entrada de patógenos al sistema radicular.

## 7. PLAGAS DETECTADAS

El perfil resistográfico 067 (Ulmo 002) muestra un patrón de picks y valles irregulares de alta amplitud en la zona media del fuste, muy característico de actividad de xilófagos (insectos barrenadores). Las plagas más probables para *Eucryphia cordifolia* en zona urbana sur de Chile son:

- Coleópteros xilófagos (barrenadores): *Hylurgus ligniperda*, *Arhopalus rusticus* (barrenador de madera muerta), *Callidiellum rufipenne* — generan galerías que coinciden con el patrón de picks en el resistograma.
- *Phoracantha semipunctata* (barrenador del eucalipto, especie invasora) — puede atacar oportunistamente a árboles debilitados de otras especies.
- Larvas de coleópteros cerambícidos — comunes en madera en proceso de pudrición.
- Áfidos y cochinillas en brotes y ramas jóvenes — favorecidos por el estrés severo del ejemplar.

**ALERTA: El patrón del resistograma 067 es ALTAMENTE COMPATIBLE con presencia activa de insectos xilófagos barrenadores. Confirmación mediante inspección directa de corteza y extracción de muestra de madera urgente.**

## 8. ENFERMEDADES Y PATÓGENOS

|                                   |                                                                                             |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diagnóstico principal</b>      | Pudrición interna severa (mixta: blanca y posible parda) — Alta severidad                   |
| <b>Agentes causales probables</b> | <i>Ganoderma</i> sp., <i>Phellinus noxius</i> , <i>Trametes versicolor</i> (Basidiomicetos) |
| <b>Pudrición basal</b>            | Posible — requiere inspección directa del cuello y raíces estructurales                     |
| <b>Cancros fúngicos</b>           | Probables en heridas no cicatrizadas de fuste y ramas                                       |
| <b>Phytophthora</b>               | No descartable en cuello, especialmente si hay encharcamiento periódico                     |

|                                      |                                                                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Interacción patógeno-xilófago</b> | Muy probable — los barrenadores colonizan madera previamente debilitada por hongos |
| <b>Severidad global</b>              | MUY ALTA                                                                           |

La combinación de pudrición interna avanzada con probable actividad de xilófagos representa un escenario de daño compuesto y sinérgico: los hongos degradan la madera facilitando el ingreso de barrenadores, y las galerías de los insectos abren nuevas vías de entrada para patógenos. Este ciclo degenerativo acelera la pérdida de integridad estructural del árbol.

## 9. EVALUACIÓN DE RIESGO (MATRIZ ISA)

| FACTOR                         | VALORACIÓN                                                          | NIVEL                |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Probabilidad de falla          | $t/R < 0,28$ . Degradación 65–75% con galerías activas de xilófagos | <b>MUY ALTA</b>      |
| Tamaño parte que puede fallar  | Fuste completo — árbol de porte medio (8,9 m)                       | <b>SIGNIFICATIVO</b> |
| Zona de impacto                | Acera y calzada vehicular — tránsito peatonal y vehicular directo   | <b>CRÍTICA</b>       |
| Consecuencias en caso de falla | Daño a personas, vehículos, infraestructura, responsabilidad legal  | <b>SEVERAS</b>       |

### NIVEL DE RIESGO GLOBAL: MUY ALTO — SUPERIOR AL EJEMPLAR 046 (DAP 110 cm)

Paradójicamente, a pesar de su menor porte, este ejemplar representa un riesgo MAYOR que el árbol de DAP 110 cm, por tres razones: (1) el porcentaje de degradación interna es mayor (65–75% vs 55–65%); (2) la probable actividad activa de barrenadores acelera el deterioro; y (3) la menor sección transversal disponible implica que la cáscara resistente es proporcionalmente más delgada y frágil.

## 10. PROBABILIDAD DE FALLA Y ZONA DE IMPACTO

La probabilidad de falla estructural se clasifica como MUY ALTA, considerando:

- $t/R$  por debajo del umbral crítico (0,28), con degradación en múltiples zonas del radio.
- Actividad probable de xilófagos activos — el daño se incrementa progresivamente.
- Estado de follaje muy deteriorado: el árbol ya muestra síntomas externos de decaimiento severo.
- Copa reducida y asimétrica — posible desequilibrio de carga de viento.
- Antecedente de tornado del 25 de mayo de 2025 — probable daño estructural adicional no visible.
- Árbol ubicado directamente junto a acera y calzada vehicular, sin zona de amortiguación.

La zona de impacto en caso de caída del fuste o ramas principales es CRÍTICA: el radio de caída estimado alcanza 9–11 m (equivalente a la altura total), cubriendo directamente la acera peatonal, la calzada vehicular y la zona comercial adyacente.

## 11. CONSECUENCIAS EN CASO DE FALLA

|                               |                                                                   |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Daño a personas</b>        | MUY ALTO — calzada y acera con tránsito directo                   |
| <b>Daño a vehículos</b>       | MUY ALTO — calzada vehicular en zona de impacto directo           |
| <b>Daño a infraestructura</b> | ALTO (luminarias, señalética, pavimento)                          |
| <b>Responsabilidad legal</b>  | MUY ALTA — para el municipio como propietario del espacio público |
| <b>Pérdida patrimonial</b>    | MODERADA — ejemplar adulto de especie nativa protegida            |

## 12. RECOMENDACIONES DE MANEJO

### 12.1 Manejo Silvícola

- OPCIÓN PRIORITARIA — Extracción del ejemplar: Dado el nivel de degradación interno (65–75%), la probable actividad de xilófagos, el deterioro visible de la copa y la ubicación en zona de impacto crítico, la EXTRACCIÓN TOTAL del árbol es la medida más recomendable para garantizar la seguridad pública.
- Reposición inmediata post-extracción con especie nativa compatible: Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) de vivero certificado, Canelo (*Drimys winteri*) o Maitén (*Maytenus boaria*), en sustrato preparado con enmienda orgánica.

- Si se decide mantener el árbol temporalmente: poda de reducción severa (50%) eliminando TODAS las ramas secas y la zona de muerte apical, instalación de tensado en ramas remanentes, señalización de exclusión de zona de riesgo.
- Descolmatación y mejora del cuello radicular.

## 12.2 Urgencia de Intervención

### URGENCIA: INMEDIATA (< 15 DÍAS) — SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA INMEDIATA HOY

- HOY / INMEDIATO: Instalación de vallas o cinta de señalización preventiva en radio de 10 m alrededor del árbol, especialmente hacia la calzada y acera. Suspendir tránsito bajo copa en condición de viento.
- CORTO PLAZO (< 15 días): Resolución técnica municipal sobre extracción vs mantención con intervención. Dictamen profesional firmado.
- Si se opta por mantención: intervención silvícola inmediata por arborista certificado en altura.
- EXTRACCIÓN: Programar con empresa especializada, solicitar permisos CONAF, si aplica para especie nativa.

## 12.3 Tratamientos Fitosanitarios

- Si se confirma actividad de xilófagos: aplicación URGENTE de insecticida sistémico (imidacloprid) por inyección directa al suelo o al fuste mediante sistema de microinyección arborícola.
- Aplicación de fungicida sistémico (propiconazol) por inyección al xilema para detener avance de la pudrición, solo si se decide mantener el árbol.
- Tratamiento de los tocones post-extracción con pasta de cobre o fungicida de suelo para prevenir infección de árboles adyacentes.
- Tratamiento de suelo con Trichoderma harzianum como agente de biocontrol.
- NO aplicar sellantes asfálticos en heridas o cortes de poda.

## 13.MONITOREO POSTERIOR

| ACCIÓN                                              | FRECUENCIA               |
|-----------------------------------------------------|--------------------------|
| Inspección visual general (si se mantiene el árbol) | Mensual                  |
| Verificación de señalización de seguridad           | Semanal hasta resolución |
| Nueva evaluación resistográfica (si no se extrae)   | A los 6 meses            |

|                                                          |                |
|----------------------------------------------------------|----------------|
| Monitoreo de actividad de xilófagos (inspección corteza) | Mensual        |
| Fotografía documental georreferenciada                   | En cada visita |
| Evaluación de árboles adyacentes (riesgo de contagio)    | Inmediato      |

#### 14. CONSIDERACIONES PATRIMONIALES Y LEGALES

***Eucryphia cordifolia*** es una especie nativa protegida en Chile. Aunque este ejemplar tiene menor tamaño que el árbol 001, su condición de especie nativa implica consideraciones legales específicas para su eventual extracción:

- Solicitar autorización a la CONAF según corresponda antes de proceder a la extracción, o acreditar el riesgo inminente mediante este informe técnico firmado.
- Documentar el estado actual con registro fotográfico georreferenciado (ya realizado) y el presente informe técnico.
- La urgencia de la intervención (riesgo inminente para la seguridad pública) puede constituir una causal de excepción para la extracción de emergencia, debidamente documentada.
- Se recomienda reposición con ejemplar de la misma especie u otra nativa equivalente, en las condiciones de sitio adecuadas.

## EVALUACIÓN 3

|                                |                                                                 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Código árbol</b>            | ULMO-003 - Cod. 068                                             |
| <b>Código resistógrafo</b>     | 068                                                             |
| <b>Coordenadas UTM (WGS84)</b> | 18G 668870 E / 5424002 N                                        |
| <b>Especie evaluada</b>        | <i>Eucryphia cordifolia</i>                                     |
| <b>Familia</b>                 | Cunoniaceae                                                     |
| <b>DAP medido</b>              | 50 cm                                                           |
| <b>Altura total</b>            | 11,5 m                                                          |
| <b>Profesional responsable</b> | Cecilia Andrea Salas Urrutia                                    |
| <b>Título</b>                  | Ingeniero Forestal                                              |
| <b>Empresa</b>                 | Geoforestal Servicios Limitada — RUT 78.057.294-9               |
| <b>Fecha de evaluación</b>     | Junio 2025                                                      |
| <b>Contexto</b>                | Post evento tornado 25 mayo 2025 — Plaza de Armas, Puerto Varas |



**Figura 1. Ulmo evaluado — Copa con marcado deterioro, ramas secas y múltiples cortes de poda. Plaza de Armas, Puerto Varas. Fuente: Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

## 1. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Nombre común      | Ulmo                           |
| Nombre científico | <i>Eucryphia cordifolia</i>    |
| Familia           | Cunoniaceae                    |
| Orden             | Oxalidales                     |
| DAP               | 50 cm                          |
| Altura total      | 11,5 m                         |
| Coordenadas       | UTM 18G — 668870 E / 5424002 N |
| Ubicación         | Plaza de Armas, Puerto Varas   |

El Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) es especie arbórea nativa del bosque valdiviano, familia Cunoniaceae, con alto valor ecológico y patrimonial. Con DAP de 50 cm se trata de un ejemplar de porte medio-alto, intermedio entre los dos ejemplares anteriormente evaluados (DAP 36 cm y DAP 110 cm). La fotografía de campo muestra una copa muy deteriorada, con múltiples ramas secas, arquitectura irregular y evidencia de podas previas drásticas que afectaron la estructura de la copa.

## 2. EDAD RELATIVA ESTIMADA

Para *Eucryphia cordifolia* en condición urbana con DAP 50 cm y tasa de crecimiento media de 0,8–1,2 cm de diámetro anual en contexto urbano:

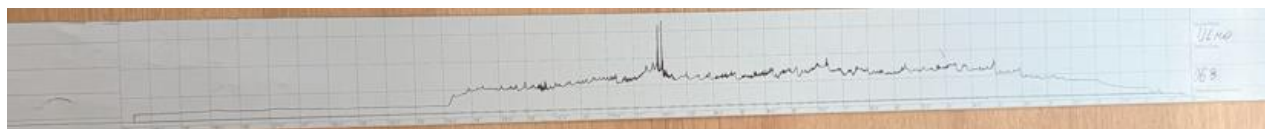
**Edad relativa estimada: 42 a 62 años aproximadamente**

Ejemplar adulto de madurez media. La arquitectura de copa visiblemente dañada y las cicatrices de podas drásticas antiguas sugieren intervenciones anteriores que pueden haber comprometido el sistema de compartimentación (CODIT), facilitando la entrada de patógenos. La edad estimada es coherente con arbolado de plaza plantado en décadas anteriores.

### 3. ANÁLISIS DEL RESISTOGRAMA — ARCHIVO 068

Se realizó diagnóstico instrumental con resistógrafo de 500 mm. El perfil 068 presenta características particulares y diagnósticamente muy informativas, diferenciándose de los perfiles 066 y 067 evaluados anteriormente.

#### Perfil Resistográfico — Archivo 068 (Ulmo, DAP 50 cm)



**Figura 2. Resistograma archivo 068 — *Eucryphia cordifolia*, DAP 50 cm. Resistógrafo 500 mm. Eje X: recorrido de la aguja a través del radio del fuste; Eje Y: resistencia de la madera (0–990 unidades). Geoforestal Servicios Limitada, 2025.**

#### Lectura e interpretación detallada del perfil 068:

- **ZONA INICIAL (0–35% del radio, aprox. 0–8,75 cm desde la corteza):** La curva se mantiene en valores EXTREMADAMENTE BAJOS, casi a cero, desde el inicio hasta aproximadamente el primer tercio del radio. Esto indica una zona de MADERA COMPLETAMENTE DEGRADADA o CAVIDAD EXTENSA desde la periferia hacia el interior. En un árbol sano, la corteza y albura presentan alta resistencia inmediata. Este patrón es el de mayor gravedad posible: la madera estructural exterior —que es la que soporta cargas mecánicas— está ausente o completamente deteriorada.
- **INICIO DE SEÑAL (35–45% del radio):** La curva comienza a subir gradualmente desde valores muy bajos, con oscilaciones de baja amplitud. Indica transición hacia madera con algo de densidad residual, pero aún muy degradada.
- **PICO ABRUPTO PUNTUAL (aprox. 45–50% del radio):** Se registra un pico de resistencia alta muy localizado y repentino, seguido de caída inmediata. Este patrón es característico de un NUDO INCLUIDO, BOLSA DE RESINA o zona de madera compactada rodeada de madera blanda — no representa madera sana continua.
- **ZONA MEDIA-ALTA (50–80% del radio):** Resistencia baja a moderada con oscilaciones irregulares de amplitud media. Madera parcialmente funcional pero con pudrición distribuida — sin recuperación a valores de madera densa sana.
- **ZONA FINAL (80–100%, corteza contralateral):** La curva cae nuevamente a valores bajos antes de terminar, indicando que la madera opuesta también presenta degradación. No hay recuperación de densidad hacia el extremo contralateral, a diferencia de lo esperable en madera sana.

- **LÍNEA BASE PLANA** (segunda línea inferior): Se observa una línea casi completamente plana a nivel cero durante prácticamente todo el recorrido de la aguja, confirmando la interpretación de **GRAN CAVIDAD O MADERA TOTALMENTE DEGRADADA** en la zona basal-medular.

**DIAGNÓSTICO CRÍTICO: El perfil 068 evidencia la degradación estructural MÁS SEVERA de los tres ulmos evaluados. La zona inicial de cero resistencia (35% del radio desde exterior) indica madera estructural externa completamente comprometida — el fuste NO tiene cáscara resistente adecuada en esa zona.**

Aplicando el criterio del t/R ratio (Mattheck & Breloer) para DAP 50 cm (radio = 25 cm):

- La zona de resistencia inicial nula abarca aproximadamente los primeros 8–9 cm del radio desde la corteza.
- La cáscara resistente efectiva estimada:  $\leq 3\text{--}5$  cm en la zona más comprometida.
- t/R estimado:  $\approx 0,12\text{--}0,20$  — MUY POR DEBAJO del umbral crítico de 0,30.

**Degradación estructural estimada: 75–85% del área de sección transversal — LA MÁS ELEVADA DE LOS TRES EJEMPLARES EVALUADOS**

#### 4. ESTADO DEL FOLLAJE

|                           |                                                                                                |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>     | Muy Deficiente (clase 4 de 4)                                                                  |
| <b>Reducción de copa</b>  | 55–65% respecto al potencial óptimo de la especie                                              |
| <b>Asimetría de copa</b>  | Severa — copa muy irregular, desestructurada por podas drásticas anteriores                    |
| <b>Ramas muertas</b>      | Abundantes — claramente visibles en la imagen: múltiples ramas principales secas               |
| <b>Cortes de poda</b>     | Múltiples cicatrices de poda drástica visible en imagen, muchas sin cierre de CODIT            |
| <b>Follaje remanente</b>  | Muy escaso — concentrado en pocas ramas vivas terminales, con follaje amarillento-verde pálido |
| <b>Brotes epicórmicos</b> | Probables en fuste y ramas principales — respuesta de estrés extremo                           |

|                           |                                                                       |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Diagnóstico visual</b> | La copa muestra signos inequívocos de decaimiento severo y progresivo |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|

La fotografía de campo es elocuente: el árbol presenta una copa extremadamente deteriorada, con la mayoría de las ramas principales secas o con follaje muy reducido. Las múltiples cicatrices de cortes de poda antiguas —algunas aparentemente mal ejecutadas o en sitios inapropiados— han generado puntos de entrada de patógenos que explican en parte la degradación interna severa detectada por el resistógrafo. El patrón de decaimiento es coherente con un árbol que ha perdido la capacidad de compartimentar el daño (fallo del sistema CODIT).

## 5. ESTADO DEL FUSTE

|                                                                     |                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>                                               | Muy Deficiente (clase 4 de 4)                                                                    |
| <b>Corteza</b>                                                      | Con heridas, cicatrices de poda y zonas de hundimiento probable — puntos de entrada de patógenos |
| <b>Cavidades</b>                                                    | CONFIRMADAS internamente — zona de cero resistencia en primer tercio del radio                   |
| <b>Arquitectura</b>                                                 | Fuste multiqueo con ramas codominantes — estructura mecánicamente compleja y de mayor riesgo     |
| <b>Signos de xilófagos</b>                                          | Posibles — a confirmar por inspección directa de corteza                                         |
| <b>CODIT<br/>(Compartimentalización de la Pudrición en Árboles)</b> | Completamente fallido en zonas de poda y heridas antiguas                                        |
| <b>Estabilidad mecánica</b>                                         | COMPROMETIDA — t/R 0,12–0,20 indica fuste sin reserva estructural                                |

El fuste de un árbol con DAP 50 cm y 75–85% de degradación interna tiene una cáscara resistente de apenas 3–5 cm de espesor efectivo. Esta condición —combinada con la arquitectura de copa con ramas codominantes visibles en la imagen— genera un árbol en equilibrio mecánico extremadamente precario, con alto riesgo de fractura súbita incluso sin viento extremo.

## 6. ESTADO DE RAÍCES Y CUELLO

|                             |                                                                                                  |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>       | Regular a Deficiente                                                                             |
| <b>Entorno</b>              | Franja de jardín junto a acera y calzada, con suelo compactado por tránsito                      |
| <b>Cuello</b>               | Posiblemente con heridas o pudrición basal — coherente con el perfil de cero resistencia inicial |
| <b>Asfixia radicular</b>    | Probable — infraestructura urbana limita expansión radicular                                     |
| <b>Hongos basales</b>       | No descartables — el perfil de degradación exterior puede tener componente basal/radicular       |
| <b>Raíces estructurales</b> | Estado incierto — requiere inspección directa con descolmatación del cuello                      |

La zona de degradación externa registrada en el resistograma (cero resistencia en primeros 8–9 cm) puede tener su origen en una pudrición basal que asciende por el fuste —patrón frecuente en árboles urbanos con cuello enterrado o con heridas en la base. Se recomienda inspección directa del cuello y base del fuste como parte del diagnóstico complementario.

## 7. PLAGAS DETECTADAS

El perfil resistográfico 068 muestra oscilaciones en la zona media del recorrido que pueden ser compatibles con presencia de xilófagos, aunque el patrón dominante corresponde a pudrición fúngica extensa más que a galerías de insectos (a diferencia del perfil 067). Las plagas más probables:

- Coleópteros xilófagos secundarios: colonizan madera ya debilitada por hongos — *Arhopalus rusticus*, *Hylurgus ligniperda*.
- Áfidos y cochinillas: probables en los escasos brotes y ramas vivas remanentes.
- Hongos de pudrición de madera muerta: colonizan las múltiples ramas secas y heridas de poda abiertas.
- Inspección directa requerida para confirmar presencia de barrenadores activos en corteza.

**Nivel de actividad de plagas: MODERADO a ALTO — subordinado al daño fúngico que es el factor dominante en este ejemplar**

## 8. ENFERMEDADES Y PATÓGENOS

|                                   |                                                                                                      |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diagnóstico principal</b>      | Pudrición blanca y/o parda de avance muy elevado — Severidad CRÍTICA                                 |
| <b>Agentes causales probables</b> | Ganoderma sp., Phellinus noxius, Trametes versicolor, Heterobasidion sp.                             |
| <b>Patrón de pudrición</b>        | Posible origen basal con avance centrífugo hacia exterior — explica zona inicial de cero resistencia |
| <b>Cancros fúngicos</b>           | Confirmados visualmente en cicatrices de poda — fuente de infección continua                         |
| <b>Pudrición de madera muerta</b> | Activa en numerosas ramas secas — fuente de inóculo para fuste                                       |
| <b>Phytophthora</b>               | Posible en cuello/base — requiere inspección                                                         |
| <b>Severidad global</b>           | CRÍTICA — la más alta de los tres ulmos evaluados                                                    |

La combinación de múltiples puntos de entrada de patógenos (cicatrices de poda antiguas sin cierre, ramas muertas en contacto con fuste, cuello posiblemente comprometido) y la extensísima zona de degradación interna detectada configuran el escenario patológico más severo de los tres ejemplares evaluados. El avance de la pudrición desde el exterior hacia el interior —coherente con el perfil resistográfico— es especialmente peligroso porque destruye, precisamente la cáscara que aporta resistencia mecánica.

## 9. EVALUACIÓN DE RIESGO (MATRIZ ISA)

| FACTOR                        | VALORACIÓN                                                                         | NIVEL                    |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Probabilidad de falla         | t/R $\approx$ 0,12–0,20 — MUY por debajo del umbral crítico. 75–85% de degradación | <b>EXTREMA</b>           |
| Tamaño parte que puede fallar | Fuste completo y/o ramas codominantes principales (árbol de 11,5 m)                | <b>MUY SIGNIFICATIVO</b> |

|                                |                                                                                |                    |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Zona de impacto                | Acera y calzada vehicular con tránsito directo e intenso                       | <b>CRÍTICA</b>     |
| Consecuencias en caso de falla | Muerte o lesiones graves a personas, daño severo a vehículos e infraestructura | <b>MUY SEVERAS</b> |

## NIVEL DE RIESGO GLOBAL: EXTREMO — ÁRBOL EN SITUACIÓN DE PELIGRO INMEDIATO PARA LA SEGURIDAD PÚBLICA

Este es el ejemplar de MAYOR RIESGO de los tres Ulmos evaluados. La degradación estructural del 75–85% del área seccional, con  $t/R$  de apenas 0,12–0,20, coloca al árbol en una condición donde la falla puede ocurrir sin viento extremo — incluso ante condiciones meteorológicas normales para la zona o ante el impacto de una persona o vehículo en la base del fuste.

### 10. PROBABILIDAD DE FALLA Y ZONA DE IMPACTO

La probabilidad de falla estructural se clasifica como EXTREMA, considerando:

- $t/R$  de 0,12–0,20: muy inferior al umbral de seguridad de 0,30 establecido por Mattheck & Breloer. Con estos valores, la falla estructural espontánea es esperada, no excepcional.
- Degradación del 75–85% del área seccional: la cáscara resistente de 3–5 cm no puede soportar el momento flector generado por la copa y el viento para un árbol de 11,5 m de altura.
- Copa asimétrica y cargada de ramas secas: las ramas muertas retienen peso sin aportar rigidez, generando un centro de gravedad desplazado.
- Arquitectura multíquea con ramas codominantes: aumenta el riesgo de falla por splitting (separación de ramas codominantes bajo carga de viento).
- Antecedente de tornado 25 mayo 2025: el evento climático pudo haber generado microfracturas internas no visibles externamente.
- Ubicación en calzada y acera de alta frecuentación: zona sin posibilidad de exclusión permanente de personas y vehículos.

La zona de impacto en caso de caída es CRÍTICA: radio de caída estimado de 12–14 m (equivalente a la altura del árbol), cubriendo directamente la calzada vehicular, la acera peatonal y potencialmente la zona comercial adyacente visible en la fotografía.

## 11. CONSECUENCIAS EN CASO DE FALLA

|                               |                                                                                       |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Daño a personas</b>        | EXTREMO — calzada y acera con tránsito peatonal y vehicular intenso en zona turística |
| <b>Daño a vehículos</b>       | MUY ALTO — calzada en zona de impacto directo                                         |
| <b>Daño a infraestructura</b> | MUY ALTO — luminaria visible en imagen dentro del radio de caída                      |
| <b>Responsabilidad legal</b>  | EXTREMA — municipio expuesto a demandas civiles y penales ante falla con víctimas     |
| <b>Pérdida patrimonial</b>    | ALTA — especie nativa protegida, ejemplar adulto                                      |

**ADVERTENCIA LEGAL:** La existencia de este informe técnico que documenta el riesgo extremo **OBLIGA** al municipio a actuar de inmediato. La inacción posterior a la notificación agrava la responsabilidad legal en caso de accidente.

## 12. RECOMENDACIONES DE MANEJO

### 12.1 Manejo Silvícola

**RECOMENDACIÓN PRIMARIA: EXTRACCIÓN TOTAL URGENTE — NO SE RECOMIENDA NINGUNA ALTERNATIVA DE MANTENCIÓN**

El nivel de degradación interna (75–85%, t/R 0,12–0,20) supera ampliamente el umbral a partir del cual cualquier intervención de poda o tratamiento no puede revertir el riesgo estructural. Las razones técnicas que descartan la mantención son:

- La poda de reducción de copa en un árbol con cáscara resistente de solo 3–5 cm no elimina el riesgo de fractura del fuste — el problema es estructural, no de peso de copa.
- El tensado o apuntalamiento no es factible cuando la degradación es tan extensa en el fuste — no hay tejido sano suficiente donde anclar los sistemas de tensado.
- La pudrición activa seguirá avanzando independientemente de los tratamientos fungicidas aplicados externamente.
- La copa ya está reducida y desestructurada por podas anteriores: no queda masa foliar significativa para justificar mantener el árbol con riesgo extremo.

#### Procedimiento de extracción recomendado:

- Contratación de empresa arborícola especializada con experiencia en extracción de árboles en zonas urbanas con infraestructura adyacente.
- Trabajo en altura por tramos (extracción desde arriba hacia abajo) dada la proximidad a luminaria, calzada y edificaciones.
- Extracción de tocón a nivel de suelo o mediante fresado para eliminar el foco de pudrición basal.
- Disposición de los residuos vegetales fuera del sitio — no dejar madera infectada en la plaza.
- Reposición con especie nativa compatible (Ulmo, Canelo o Maitén) en sustrato preparado con enmienda orgánica y sistema de aireación radicular.

### 12.2 Urgencia de Intervención

#### **URGENCIA: EXTREMA — ACCIÓN INMEDIATA HOY MISMO**

- HOY / INMEDIATO: Señalización de exclusión de zona de seguridad (radio 14 m) con vallas físicas sólidas — no solo cinta. Cierre de calzada bajo copa si es posible. El árbol no debe tener personas o vehículos bajo su copa en ningún momento.
- EN 48–72 HORAS: Resolución municipal formal de extracción con respaldo en este informe técnico. Tramitación de permisos de emergencia ante CONAF, si se requiere para extracción de especie nativa.
- EN 7–10 DÍAS: Ejecución de la extracción por empresa especializada.
- POSTERIOR A EXTRACCIÓN: Inspección del sistema radicular y cuello para evaluar alcance de la pudrición basal y riesgo de contagio a árboles adyacentes.

### 12.3 Tratamientos Fitosanitarios

Dado que la recomendación principal es la extracción, los tratamientos fitosanitarios tienen un rol secundario orientado a la protección de árboles adyacentes:

- Tratamiento preventivo de los árboles adyacentes con fungicida sistémico (propiconazol) por inyección al xilema — prevención de contagio por vía radicular.
- Tratamiento del tocón post-extracción con pasta fungicida de base cúprica o herbicida sistémico para evitar rebrote y eliminar el foco de inóculo fúngico.
- Tratamiento de suelo con *Trichoderma harzianum* en el área del tocón y bajo la proyección de copa de los árboles adyacentes.
- Inspección entomológica de los árboles vecinos para detectar actividad de xilófagos que pudieran migrar desde el árbol a extraer.

### 13. MONITOREO POSTERIOR

| ACCIÓN                                           | FRECUENCIA/PLAZO            |
|--------------------------------------------------|-----------------------------|
| Verificación diaria de señalización de exclusión | Diaria hasta extracción     |
| Inspección entomológica de árboles adyacentes    | Inmediata y mensual         |
| Confirmación de extracción (seguimiento permiso) | En 48–72 horas              |
| Evaluación de pudrición en tocón post-extracción | Al momento de la extracción |
| Tratamiento fungicida preventivo árboles vecinos | Post-extracción             |
| Monitoreo de rebrotes en tocón (si no se fresa)  | Mensual por 6 meses         |
| Fotografía documental del proceso de extracción  | Durante la extracción       |

### 14. CONSIDERACIONES PATRIMONIALES Y LEGALES

***Eucryphia cordifolia*** es especie nativa protegida. Sin perjuicio de lo anterior:

- El artículo 5° del DS 490/1976 (Ley de Bosques) permite la extracción de árboles que representen un peligro cierto para la seguridad de personas o bienes, previo informe técnico de profesional competente.
- El presente informe técnico, firmado por Ingeniero Forestal habilitado, constituye el respaldo necesario para la tramitación de la extracción de urgencia ante CONAF según jurisdicción.
- Se recomienda notificar formalmente a la Municipalidad de Puerto Varas con copia de este informe para iniciar inmediatamente el procedimiento administrativo de extracción.
- La reposición con un ejemplar de la misma especie u otra nativa equivalente debe contemplarse en el proyecto de intervención.

## EVALUACIÓN 4

|                                |                                                                 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Código árbol</b>            | ULMO-004 - Cod. 069                                             |
| <b>Código resistógrafo</b>     | 069                                                             |
| <b>Coordenadas UTM (WGS84)</b> | 18G 668873 E / 5424008 N                                        |
| <b>Especie evaluada</b>        | <i>Eucryphia cordifolia</i> (Ulmo)                              |
| <b>Familia</b>                 | Cunoniaceae                                                     |
| <b>DAP medido</b>              | 44 cm                                                           |
| <b>Altura total</b>            | 11 m                                                            |
| <b>Profesional responsable</b> | Cecilia Andrea Salas Urrutia                                    |
| <b>Título</b>                  | Ingeniero Forestal                                              |
| <b>Empresa</b>                 | Geoforestal Servicios Limitada — RUT 78.057.294-9               |
| <b>Fecha de evaluación</b>     | Junio 2025                                                      |
| <b>Contexto</b>                | Post evento tornado 25 mayo 2025 — Plaza de Armas, Puerto Varas |



**Figuras 1, 2 y 3. Base del fuste con herida abierta y madera expuesta (izq.); copa con topping severo y tocones de ramas principales (centro y der.). Plaza de Armas, Puerto Varas. Fuente: Geoforestal Servicios Limitada, 2025.**

**ATENCIÓN: Las fotografías revelan una HERIDA ABIERTA EN LA BASE DEL FUSTE con madera interna expuesta — evidencia visual directa de pudrición avanzada visible sin necesidad de instrumentos.**

## 1. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Nombre común      | Ulmo                           |
| Nombre científico | <i>Eucryphia cordifolia</i>    |
| Familia           | Cunoniaceae                    |
| Orden             | Oxalidales                     |
| DAP               | 44 cm                          |
| Altura total      | 11 m                           |
| Coordenadas       | UTM 18G — 668873 E / 5424008 N |
| Ubicación         | Plaza de Armas, Puerto Varas   |

El Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) es especie nativa del bosque valdiviano, familia Cunoniaceae. Con DAP de 44 cm este ejemplar es de porte medio, pero destaca como el de MAYOR EVIDENCIA VISUAL DE DAÑO de los cuatro ulmos evaluados: las fotografías muestran sin ambigüedad una HERIDA ABIERTA DE GRAN TAMAÑO en la base del fuste con madera interna expuesta y en proceso de descomposición, y una copa con topping severo con tocones de ramas principales donde la única vegetación viva corresponde a brotes epicórmicos desde los tocones.

## 2. EDAD RELATIVA ESTIMADA

Para *Eucryphia cordifolia* en condición urbana con DAP 44 cm y tasa de crecimiento media de 0,8–1,2 cm de diámetro anual:

**Edad relativa estimada: 37 a 55 años aproximadamente**

Ejemplar adulto. Las cicatrices de podas drásticas antiguas (topping severo) y la herida basal expuesta sugieren un historial de intervenciones inapropiadas que han debilitado progresivamente el sistema de compartimentación del árbol. La herida basal abierta visible en la imagen puede

tener origen en daño mecánico antiguo (colisión de vehículo, maquinaria de mantención, vandalismo) o en pudrición radicular que emergió al fuste.

### 3. ANÁLISIS DEL RESISTOGRAMA — ARCHIVO 069

Se realizó diagnóstico instrumental con resistógrafo de 500 mm. El perfil 069 tiene características diagnósticamente únicas y de especial relevancia, coherentes con la evidencia visual de la herida basal abierta observada en las fotografías.

#### Perfil Resistográfico — Archivo 069 (Ulmo, DAP 44 cm)



**Figura 4. Resistograma archivo 069 — *Eucryphia cordifolia*, DAP 44 cm. Resistógrafo 500 mm. Eje X: recorrido de la aguja a través del radio del fuste; Eje Y: resistencia de la madera (0–990). Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

#### Lectura e interpretación detallada del perfil 069:

- **ZONA INICIAL EXTENSA DE CERO ABSOLUTO** (0–45% del radio, aprox. 0–9,9 cm desde corteza): La curva permanece en CERO ABSOLUTO desde el inicio hasta casi la mitad del radio. Este es el patrón más extremo registrado en la evaluación. La aguja avanza sin resistencia alguna — significa que el material que atraviesa NO ES MADERA sino AIRE, CAVIDAD o material orgánico completamente desintegrado. **DIAGNÓSTICO:** CAVIDAD INTERNA MASIVA que ocupa prácticamente la mitad del radio del fuste, coherente con la herida abierta visible en la base del fuste.
- **MANCHAS AISLADAS EN LÍNEA BASE** (aprox. 20–30% del radio): Se observan dos manchas/puntos oscuros en la línea base, muy por debajo de la señal principal. Esto corresponde a residuos de madera muy degradada o material orgánico fragmentado dentro de la cavidad — no representan madera estructural continua.
- **INICIO ABRUPTO DE SEÑAL** (45–50% del radio): La curva sube repentinamente desde cero a valores medios, indicando el contacto de la aguja con madera parcialmente funcional. La transición abrupta (sin gradiente) confirma el límite entre la cavidad y la zona de madera remanente.
- **ZONA MEDIA-ALTA CON RESISTENCIA IRREGULAR** (50–85% del radio): Resistencia media a alta con oscilaciones de amplitud variable. El patrón no es uniforme — indica madera estructuralmente degradada con zonas de pudrición distribuida y posibles galerías de xilófagos intercaladas con madera más densa. La resistencia media registrada es menor a la esperable en madera sana de Ulmo.

- ZONA FINAL (85–100%, corteza contralateral): La curva desciende progresivamente, con reducción de resistencia hacia el extremo opuesto. La madera del lado contralateral también presenta degradación, aunque menor a la zona central-inicial. Esto indica que la cavidad tiene comunicación o que la pudrición se extiende de forma asimétrica.

**DIAGNÓSTICO RESISTOGRÁFICO: CAVIDAD INTERNA MASIVA confirmada instrumentalmente — ocupa el 45–50% del radio desde el lado de perforación. Combinada con la herida abierta visible en la base, este árbol representa el caso de MAYOR RIESGO ESTRUCTURAL DOCUMENTADO en la evaluación.**

Aplicando el criterio t/R ratio (Mattheck & Breloer) para DAP 44 cm (radio = 22 cm):

- Cáscara resistente estimada en el lado perforado:  $\leq 2\text{--}4$  cm (zona donde la curva sí registra señal).
- En el lado de la herida abierta (visible en fotografía): cáscara resistente  $\approx 0$  cm — la madera ya está expuesta y desintegrada.
- t/R estimado lado perforado:  $\approx 0,09\text{--}0,18$  — EXTREMADAMENTE por debajo del umbral crítico de 0,30.
- t/R lado herida visible:  $\approx 0$  — SIN CÁSCARA RESISTENTE.

**Degradación estructural estimada: 80–90% del área de sección transversal — LA MÁS SEVERA DE TODOS LOS ULMOS EVALUADOS. El fuste presenta una cavidad que se comunica con el exterior a través de la herida basal visible.**

#### 4. ESTADO DEL FOLLAJE

|                          |                                                                                                |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>    | Muy Deficiente (clase 4 de 4)                                                                  |
| <b>Reducción de copa</b> | 70–80% respecto al potencial óptimo — el más alto de todos los ulmos evaluados                 |
| <b>Tipo de copa</b>      | TOPPING SEVERO — ramas principales cortadas, solo tocones remanentes con brotes epicórmicos    |
| <b>Follaje remanente</b> | Exclusivamente en brotes epicórmicos emergentes desde tocones — follaje débil, sin estructura  |
| <b>Ramas muertas</b>     | La mayoría de las ramas principales son tocones secos sin follaje ni capacidad de recuperación |

|                                |                                                                                            |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Capacidad fotosintética</b> | Extremadamente reducida — insuficiente para sostener el árbol a largo plazo                |
| <b>Pronóstico de copa</b>      | Irreversible sin intervención — el árbol no puede recuperar arquitectura de copa funcional |

Las fotografías 2 y 3 revelan un árbol sometido a podas de topping severísimas en el pasado, que eliminaron todas las ramas primarias dejando únicamente tocones. Los únicos brotes de follaje visible corresponden a brotes epicórmicos (chupones) emergidos desde los tocones y el fuste — respuesta de emergencia del árbol ante el estrés extremo. Esta arquitectura de copa no es recuperable: los brotes epicórmicos carecen de la inserción mecánica adecuada y son altamente susceptibles a desprendimiento.

## 5. ESTADO DEL FUSTE

|                                                                     |                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>                                               | CRÍTICO — Clase 4 de 4 (máximo deterioro)                                                                    |
| <b>Herida basal</b>                                                 | HERIDA ABIERTA DE GRAN TAMAÑO en la base del fuste — confirmada visualmente en fotografía 1                  |
| <b>Madera expuesta</b>                                              | Madera interna expuesta y en descomposición activa visible en la herida basal                                |
| <b>Corteza</b>                                                      | Corteza desprendida o ausente en zona de herida — sin posibilidad de regeneración                            |
| <b>Cavidad interna</b>                                              | CONFIRMADA instrumentalmente — comunicada con el exterior a través de la herida                              |
| <b>Tocones de ramas</b>                                             | Múltiples tocones de cortes de ramas primarias — cada uno es un punto de entrada de patógenos                |
| <b>Estabilidad mecánica</b>                                         | NULA en zona de herida — fuste sin cáscara resistente en al menos un cuadrante del círculo                   |
| <b>CODIT<br/>(Compartimentalización de la Pudrición en Árboles)</b> | Completamente fallido — el sistema de compartimentación no puede actuar ante una cavidad abierta al exterior |

Como se muestra en la fotografía 1, es el hallazgo más grave de toda la evaluación: muestra sin ambigüedad que la cavidad interna ha emergido al exterior a través de una herida basal de grandes dimensiones, con madera interna expuesta y en descomposición activa. Esta condición significa que el fuste **NO TIENE CONTINUIDAD ESTRUCTURAL** en esa zona — es equivalente a una fractura parcial ya consumada. La sección transversal del fuste en la base está comprometida de forma irreversible.

## 6. ESTADO DE RAÍCES Y CUELLO

|                                  |                                                                                                      |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>            | MUY DEFICIENTE — el de mayor gravedad de los ulmos evaluados                                         |
| <b>Cuello del árbol</b>          | COMPROMETIDO — la herida basal se origina o involucra la zona del cuello                             |
| <b>Raíces estructurales</b>      | Probablemente afectadas por la pudrición que originó o se comunica con la herida basal               |
| <b>Tipo de entorno</b>           | Franja de pradera junto a calzada — mejor drenaje que árbol en adoquín                               |
| <b>Asfixia radicular</b>         | Probable en grado moderado — infraestructura urbana adyacente                                        |
| <b>Contagio a raíces vecinas</b> | RIESGO ALTO — la pudrición basal activa puede propagarse por contacto radicular a árboles adyacentes |

La presencia de una herida basal abierta de gran tamaño directamente en la zona del cuello implica que el sistema radicular está expuesto al mismo agente patológico que destruyó la madera del fuste. La pudrición de raíces reduce aún más la estabilidad mecánica del árbol, ya que el anclaje al suelo queda comprometido adicionalmente al debilitamiento del fuste.

## 7. PLAGAS DETECTADAS

La herida basal abierta y la cavidad interna masiva constituyen el hábitat ideal para múltiples organismos plaga:

- Coleópteros xilófagos (barrenadores): La cavidad interna abierta permite colonización directa por barrenadores que no necesitan perforar la corteza. *Arhopalus rusticus*, *Callidiellum rufipenne* y otras especies de *Cerambycidae* y *Scolytidae* son esperables.
- Termitas (*Reticulitermes* sp. o géneros afines): La madera descompuesta y húmeda en la cavidad es sustrato ideal para termitas subterráneas que pueden acceder desde el suelo.
- Dípteros saprófagos (moscas): La madera en descomposición atrae dípteros que depositan huevos en la cavidad — aceleran la descomposición.
- Lepidópteros barrenadores: *Zeuzera pyrina* (barrenador del leopardo) y otras especies de *Cossidae* pueden colonizar el material leñoso degradado.
- Áfidos y cochinillas: en los escasos brotes epicórmicos vivos.

**La herida basal abierta convierte al árbol en un foco activo de xilófagos — el riesgo de infestación y propagación a árboles adyacentes es ALTO.**

## 8. ENFERMEDADES Y PATÓGENOS

|                                   |                                                                                                                                |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diagnóstico principal</b>      | Pudrición blanca y/o parda extensa con CAVIDAD INTERNA comunicada al exterior — Severidad EXTREMA                              |
| <b>Agentes causales probables</b> | <i>Ganoderma</i> sp., <i>Phellinus noxius</i> , <i>Trametes versicolor</i> — confirmados indirectamente por la cavidad visible |
| <b>Estado de la infección</b>     | AVANZADA e IRREVERSIBLE — la cavidad abierta al exterior indica que la pudrición superó la capacidad de CODIT                  |
| <b>Pudrición basal activa</b>     | CONFIRMADA visualmente — madera en descomposición visible en la herida                                                         |
| <b>Cancros</b>                    | Posibles en cicatrices de topping — fuente de inóculo adicional                                                                |
| <b>Phytophthora</b>               | PROBABLE en raíces — el origen de la herida basal puede ser una pudrición radicular que ascendió                               |
| <b>Riesgo de contagio</b>         | ALTO — foco activo de inóculo fúngico por la herida abierta, propagable por agua y suelo                                       |
| <b>Severidad global</b>           | EXTREMA — la más grave de todos los ulmos evaluados                                                                            |

La herida basal abierta no solo evidencia el daño ya consumado — actúa como fuente permanente de inóculo fúngico que puede diseminarse hacia el suelo y las raíces de los árboles vecinos. La

lluvia que penetra en la cavidad abierta dispersa esporas de hongos patógenos al suelo circundante, constituyendo un foco de infección activo para el arbolado de la plaza.

## 9. EVALUACIÓN DE RIESGO (MATRIZ ISA)

| FACTOR                         | VALORACIÓN                                                                                                                   | NIVEL                    |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Probabilidad de falla          | CAVIDAD INTERNA comunicada con exterior. $t/R \approx 0$ en lado de herida. Sin cáscara resistente en un cuadrante del fuste | <b>EXTREMA</b>           |
| Tamaño parte que puede fallar  | Fuste completo (11 m, 44 cm DAP) — fractura súbita sin aviso previo                                                          | <b>MUY SIGNIFICATIVO</b> |
| Zona de impacto                | Calzada vehicular directamente adyacente + acera peatonal con tránsito intenso en zona turística                             | <b>CRÍTICA</b>           |
| Consecuencias en caso de falla | Muerte o lesiones graves a personas y daño severo a vehículos — zona turística de alta afluencia                             | <b>MUY SEVERAS</b>       |

**NIVEL DE RIESGO: EXTREMO MÁXIMO — CASO DE MAYOR GRAVEDAD DE TODA LA EVALUACIÓN. LA FALLA ESTRUCTURAL PUEDE OCURRIR EN CUALQUIER MOMENTO, INCLUSO SIN VIENTO.**

## 10. PROBABILIDAD DE FALLA Y ZONA DE IMPACTO

La probabilidad de falla estructural se clasifica como EXTREMA-INMINENTE, por las siguientes razones convergentes:

- Cavidad interna masiva (45–50% del radio) confirmada instrumentalmente y comunicada al exterior — el fuste ya no tiene integridad estructural continua en esa zona.
- Herida basal abierta visible sin instrumentos — el daño ya superó el umbral de recuperación.
- $t/R$  efectivo en la zona de herida  $\approx 0$  — no existe cáscara resistente en ese sector del fuste.
- Topping severo de copa: los tocones actúan como palancas de momento flector cuando hay viento, concentrando carga en un fuste ya comprometido estructuralmente.
- Raíces posiblemente afectadas por pudrición basal — el anclaje puede estar comprometido adicionalmente.
- Antecedente de tornado 25 mayo 2025 — posibles microfracturas adicionales no visibles.

- El fuste puede fallar por VOLCAMIENTO (si las raíces están comprometidas) o por FRACTURA DEL FUSTE en la zona de la cavidad, según cuál ceda primero.

Zona de impacto: radio de caída de 11–14 m cubriendo directamente la calzada vehicular (visible en imagen 3), la acera peatonal y edificaciones comerciales en zona turística de alta concurrencia.

## 11. CONSECUENCIAS EN CASO DE FALLA

|                               |                                                                                            |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Daño a personas</b>        | EXTREMO — zona turística con alta afluencia peatonal y vehicular                           |
| <b>Daño a vehículos</b>       | EXTREMO — calzada directamente adyacente al árbol                                          |
| <b>Daño a infraestructura</b> | MUY ALTO — zona comercial, señalética, luminarias                                          |
| <b>Responsabilidad legal</b>  | EXTREMA — este informe documenta el conocimiento previo del riesgo por parte del municipio |
| <b>Foco de contagio</b>       | ALTO — la herida abierta es fuente activa de patógenos para árboles adyacentes             |
| <b>Pérdida patrimonial</b>    | MODERADA-ALTA — especie nativa protegida, aunque el ejemplar no tiene recuperación posible |

**NOTA LEGAL CRÍTICA:** Este informe documenta formalmente que el árbol PV-ULMO-004 (069) representa un riesgo extremo e inminente para la seguridad pública. Su existencia en manos del municipio genera RESPONSABILIDAD CIVIL Y PENAL ante cualquier accidente ocurrido tras la notificación.

## 12. RECOMENDACIONES DE MANEJO

### 12.1 Manejo Silvícola

**RECOMENDACIÓN ÚNICA: EXTRACCIÓN TOTAL DE EMERGENCIA — No existe alternativa técnica viable. El daño es irreversible y el riesgo es inminente.**

Este árbol no admite ninguna alternativa de manejo que no sea la extracción total inmediata, por las siguientes razones técnicas absolutas:

- La cavidad interna ocupa el 45–50% del radio y se comunica con el exterior — no es reversible mediante tratamientos.

- La herida basal abierta elimina la posibilidad de instalar sistemas de tensado o apuntalamiento con anclaje efectivo.
- El topping severo de la copa destruyó la arquitectura funcional — no es recuperable.
- La probable afección radicular añade riesgo de volcamiento además del riesgo de fractura de fuste.
- Cualquier poda adicional en un fuste con  $t/R \approx 0$  en un sector solo incrementa el riesgo de falla inmediata durante la intervención misma.

#### Protocolo de extracción:

- Empresa arborícola especializada con experiencia en demolición controlada de árboles en zona urbana con infraestructura adyacente.
- Evaluación previa por el arborista de la posible condición de las raíces — si hay pudrición radicular extensa, el árbol puede volcar durante la intervención.
- Trabajo en altura por tramos desde arriba hacia abajo — NO aplicar volteo directo dado el riesgo de volcamiento por raíces comprometidas.
- Extracción de tocón por fresado y eliminación de todo el sistema radicular afectado por pudrición.
- Disposición de todos los residuos vegetales fuera del sitio — la madera infectada no debe permanecer en la plaza.
- Desinfección del suelo del área de implantación antes de plantar el árbol de reposición.

### 12.2 Urgencia de Intervención

**URGENCIA: MÁXIMA — CIERRE FÍSICO DE LA ZONA HOY MISMO. EXTRACCIÓN EN NO MÁS DE 72 HORAS.**

- AHORA / HOY: Instalación de vallas físicas sólidas (no solo cinta) en radio de 14 m — incluyendo cierre de calzada bajo copa. Señalización de PELIGRO MÁXIMO. Notificación escrita a la Municipalidad con copia de este informe.
- EN 24 HORAS: Resolución municipal de extracción de emergencia. Contacto con empresa arborícola para ejecución en 48–72 horas.
- EN 48–72 HORAS: Ejecución de la extracción por empresa especializada.
- EN 7 DÍAS: Evaluación del estado fitosanitario de los árboles adyacentes ante posible contagio por contacto radicular.

### 12.3 Tratamientos Fitosanitarios

Los tratamientos fitosanitarios para este árbol no son aplicables — la extracción es la única acción. Sin embargo son obligatorios para proteger el arbolado adyacente:

- Tratamiento fungicida preventivo inmediato a todos los árboles en un radio de 20 m: inyección de propiconazol al xilema para prevenir contagio por vía radicular.

- Tratamiento del tocón post-extracción: aplicación de herbicida sistémico (glifosato al 50%) o pasta de creosota para eliminar el foco de inóculo y prevenir rebrote.
- Fresado completo del tocón y raíces comprometidas: para eliminar el reservorio de patógenos del suelo.
- Tratamiento del suelo en área de extracción con *Trichoderma harzianum* + cal agrícola para neutralizar inóculo fúngico residual.
- Inspección entomológica inmediata de árboles adyacentes para detectar migración de xilófagos.

### 13. MONITOREO POSTERIOR

| ACCIÓN                                          | FRECUENCIA/PLAZO                     |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Verificación de vallas de exclusión             | Cada 12 horas hasta extracción       |
| Gestión del permiso de extracción de emergencia | En 24 horas                          |
| Ejecución de la extracción                      | Máximo 72 horas                      |
| Inspección fitosanitaria de árboles adyacentes  | Inmediata post-extracción            |
| Tratamiento fungicida árboles vecinos           | Dentro de los 7 días post-extracción |
| Monitoreo de rebrotes en zona de tocón          | Mensual por 6 meses                  |
| Evaluación del suelo para reposición            | 30 días post-extracción              |
| Registro fotográfico de todo el proceso         | Continuo                             |

### 14. CONSIDERACIONES PATRIMONIALES Y LEGALES

***Eucryphia cordifolia*** es especie nativa protegida. Sin embargo, la condición de peligro inminente documentada en este informe habilita la extracción de emergencia:

- El DS 490/1976 (Ley de Bosques) permite la extracción de árboles que representen un peligro cierto e inminente para la seguridad de personas o bienes, con respaldo en informe técnico firmado por profesional competente.
- La herida basal abierta con madera en descomposición visible constituye evidencia visual directa de peligro inminente, que refuerza el diagnóstico instrumental del resistógrafo.
- Se recomienda notificación formal INMEDIATA a la Municipalidad de Puerto Varas y a la CONAF adjuntando este informe, fotografías y el resistograma 069.

- La reposición con especie nativa (Ulmo de vivero certificado, Canelo o Maitén) debe incluirse en el expediente de extracción como condición.
- El proceso de extracción debe ser documentado fotográficamente para respaldo legal del municipio.

## EVALUACIÓN 5

|                                |                                                                 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Código árbol</b>            | ULMO-005 - 070                                                  |
| <b>Código resistógrafo</b>     | 070                                                             |
| <b>Coordenadas UTM (WGS84)</b> | 18G 668868 E / 5424028 N                                        |
| <b>Especie evaluada</b>        | <i>Eucryphia cordifolia</i>                                     |
| <b>Familia</b>                 | Cunoniaceae                                                     |
| <b>DAP medido</b>              | 44 cm                                                           |
| <b>Altura total</b>            | 11,9 m                                                          |
| <b>Profesional responsable</b> | Cecilia Andrea Salas Urrutia                                    |
| <b>Título</b>                  | Ingeniero Forestal                                              |
| <b>Empresa</b>                 | Geoforestal Servicios Limitada — RUT 78.057.294-9               |
| <b>Fecha de evaluación</b>     | Junio 2025                                                      |
| <b>Contexto</b>                | Post evento tornado 25 mayo 2025 — Plaza de Armas, Puerto Varas |



**Figuras 1 y 2. Fuste con cavidades abiertas en zona de bifurcación y múltiples cicatrices de poda severa (izq.); copa con alta densidad de ramas muertas y escaso follaje vivo en brotes epicórmicos (der.). Plaza de Armas, Puerto Varas. Fuente: Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

## 1. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Nombre común      | Ulmo                           |
| Nombre científico | <i>Eucryphia cordifolia</i>    |
| Familia           | Cunoniaceae                    |
| Orden             | Oxalidales                     |
| DAP               | 44 cm                          |
| Altura total      | 11,9 m                         |
| Coordenadas       | UTM 18G — 668868 E / 5424028 N |
| Ubicación         | Plaza de Armas, Puerto Varas   |

Ulmo (*Eucryphia cordifolia*), especie nativa del bosque valdiviano, familia Cunoniaceae. Con DAP de 44 cm y altura de 11,9 m, este ejemplar comparte porte con el árbol 069, pero su diagnóstico instrumental es radicalmente distinto: el resistograma 070 es el más complejo de toda la evaluación, con un patrón de alta variabilidad que combina pudrición interna con evidencia inequívoca de actividad masiva de insectos xilófagos barrenadores. Las fotografías muestran además cavidades abiertas visibles en la zona de bifurcación del fuste.

## 2. EDAD RELATIVA ESTIMADA

Para *Eucryphia cordifolia* en condición urbana con DAP 44 cm y tasa de crecimiento media de 0,8–1,2 cm de diámetro anual:

### Edad relativa estimada: 37 a 55 años aproximadamente

Ejemplar adulto de porte medio. El historial de intervenciones de poda severa —con múltiples cicatrices visibles en la zona de bifurcación— y la probable infestación activa de barrenadores son coherentes con un árbol que ha enfrentado décadas de estrés urbano acumulado. La infestación por xilófagos puede haberse establecido hace 5–15 años, tiempo suficiente para generar el patrón de daño observado en el resistograma.

### 3. ANÁLISIS DEL RESISTOGRAMA — ARCHIVO 070

Se realizó diagnóstico instrumental con resistógrafo de 500 mm. El perfil 070 es el MÁS COMPLEJO Y DIAGNÓSTICAMENTE RICO de toda la evaluación, combinando múltiples patrones de daño simultáneos que permiten un diagnóstico preciso del estado interno del fuste.

#### Perfil Resistográfico — Archivo 070 (Ulmo, DAP 44 cm) — Procesado



**Figura 3. Registro fotográfico del resistograma 070 en terreno. Nótese el patrón de alta variabilidad con picks y aberturas de gran amplitud, altamente característico de galerías activas de insectos xilófagos combinadas con pudrición interna. Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

Lectura e interpretación detallada del perfil 070 — tres zonas diagnósticas:

**ZONA A — INICIO (0–20% del radio): RESISTENCIA INICIAL REDUCIDA.** La curva comienza con valores bajos a moderados, con oscilaciones irregulares desde el primer contacto. En madera sana, la corteza y albura ofrecen resistencia inmediata alta. Este patrón de inicio bajo indica **ALBURA COMPROMETIDA** o corteza con inicio de descomposición — el daño alcanzó ya la periferia del fuste.

**ZONA B — ZONA MEDIA (20–70% del radio): PATRÓN DE XILÓFAGOS ACTIVOS — EL MÁS MARCADO DE TODA LA EVALUACIÓN.** Se registran picks y valles de **ALTÍSIMA AMPLITUD**, frecuentes y alternados, con subidas y bajadas bruscas a lo largo de todo el tramo. Este es el patrón **DIAGNÓSTICO** de galerías activas de insectos barrenadores: la aguja encuentra madera densa (pico alto) y luego cae al vacío de una galería (valle a cero), en ciclos repetitivos. Los picks de máxima resistencia corresponden a tabiques de madera entre galerías. La densidad y amplitud de los picks es consistente con una infestación **MASIVA y ACTIVA**.

**ZONA C — ZONA FINAL (70–100% del radio): DESCENSO SOSTENIDO.** Hacia el extremo contralateral, la amplitud de los picks disminuye y la resistencia media baja progresivamente. Indica que la madera opuesta también está comprometida por pudrición,

**aunque con menor densidad de galerías. El árbol no tiene una cáscara sana contralateral que compense el daño del lado inicial.**

Análisis cuantitativo — aplicando criterio t/R (Mattheck & Breloer) para DAP 44 cm (radio = 22 cm):

- Zona de albura comprometida (inicio bajo): ~4–5 cm desde corteza
- Zona con galerías activas y madera parcialmente funcional: radio 4–15 cm
- Cáscara estructural efectiva estimada (madera continua sin galerías):  $\leq 4\text{--}5$  cm en el lado inicial
- t/R estimado:  $\approx 0,18\text{--}0,23$  — POR DEBAJO del umbral crítico de 0,30

**Degradación estructural estimada: 60–70% del área de sección transversal por pudrición + 15–20% adicional de área con galerías de xilófagos = COMPROMISO TOTAL EFECTIVO: 75–85%**

*Nota técnica importante: A diferencia de los árboles 068 y 069, donde el daño principal es la pudrición fúngica (madera degradada a baja resistencia continua), en el árbol 070 el daño predominante en la zona media son GALERÍAS DE XILÓFAGOS ACTIVOS. Esto tiene una implicación crítica: el daño de barrenadores está en progresión activa y se incrementa semana a semana mientras los insectos continúan su actividad.*

#### 4. ESTADO DEL FOLLAJE

|                             |                                                                                                         |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>       | Muy Deficiente (clase 3–4 de 4)                                                                         |
| <b>Reducción de copa</b>    | 50–60% respecto al potencial óptimo                                                                     |
| <b>Densidad foliar</b>      | Muy reducida — follaje concentrado en brotes epicórmicos y pocas ramas terminales vivas                 |
| <b>Ramas muertas</b>        | Alta proporción — visibles en ambas fotografías, especialmente en ramas de la mitad superior de la copa |
| <b>Cavidades visibles</b>   | Presentes en zona de bifurcación del fuste — visibles externamente en fotografía 1                      |
| <b>Brotes epicórmicos</b>   | Abundantes — respuesta de estrés severo. Los únicos sectores con follaje vivo en muchas ramas           |
| <b>Arquitectura de copa</b> | Deteriorada por podas anteriores y muerte progresiva de ramas desde el interior de la copa              |

|                   |                                                                       |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Pronóstico</b> | Muy desfavorable sin intervención — decaimiento progresivo inevitable |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|

La fotografía 1 muestra con claridad una copa muy depauperada con múltiples ramas muertas y secas. El follaje vivo es escaso y de aspecto estresado. La fotografía 2 permite observar el lago al fondo a través de la copa — lo que en un Ulmo adulto sano sería imposible por la densidad foliar normal. La transparencia de la copa es un indicador cuantitativo visual del grado de defoliación.

## 5. ESTADO DEL FUSTE

|                                                                 |                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>                                           | Muy Deficiente (clase 4 de 4)                                                                          |
| <b>Cavidades visibles</b>                                       | CONFIRMADAS externamente — visibles en la zona de bifurcación del fuste (foto 1)                       |
| <b>Cicatrices de poda</b>                                       | Múltiples y de gran tamaño en zona de bifurcación — puntos de entrada de patógenos y barrenadores      |
| <b>Bifurcación del fuste</b>                                    | Zona de máximo riesgo — las cavidades abiertas se ubican precisamente en los ángulos de unión          |
| <b>Corteza</b>                                                  | Con zonas de hundimiento, desprendimiento y manchas de resina/savia — signos de actividad de xilófagos |
| <b>Galerías de barrenadores</b>                                 | CONFIRMADAS instrumentalmente — patrón inequívoco en resistograma 070                                  |
| <b>CODIT (Compartimentalización de la Pudrición en Árboles)</b> | Completamente fallido — la compartimentación no puede actuar ante cavidades abiertas al exterior       |
| <b>Estabilidad mecánica</b>                                     | COMPROMETIDA — t/R 0,18–0,23 con galerías activas que continúan reduciendo la sección resistente       |

El hallazgo visual más crítico del fuste en este árbol son las CAVIDADES ABIERTAS en la zona de bifurcación, claramente visibles en la fotografía 1. Las bifurcaciones son los puntos estructuralmente más débiles del árbol — donde las cargas de viento se concentran y donde el riesgo de separación (splitting) es mayor. La presencia de cavidades en precisamente esa zona eleva exponencialmente el riesgo de falla por separación del fuste.

## 6. ESTADO DE RAÍCES Y CUELLO

|                             |                                                                                                     |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>       | Regular a Deficiente                                                                                |
| <b>Cuello del árbol</b>     | Aparentemente accesible — sin pavimento a nivel del cuello, pradera circundante                     |
| <b>Asfixia radicular</b>    | Probable en grado moderado — infraestructura urbana y compactación por tránsito peatonal            |
| <b>Raíces estructurales</b> | Estado incierto — la infestación de barrenadores puede haberse iniciado en el cuello o raíces bajas |
| <b>Origen barrenadores</b>  | Los xilófagos que barrenan el fuste frecuentemente inician desde heridas en la base o cuello        |
| <b>Inspección requerida</b> | Descolmatación del cuello y revisión directa para determinar extensión del daño basal               |

La infestación masiva de xilófagos documentada en el resistograma tiene un punto de origen. En árboles urbanos, los barrenadores típicamente ingresan a través de heridas en la corteza (cicatrices de poda, daño mecánico) o desde la base del tronco a través del cuello y raíces superficiales. La inspección directa del cuello es necesaria para determinar si la infestación se extiende al sistema radicular.

## 7. PLAGAS DETECTADAS

**HALLAZGO CRÍTICO: El resistograma 070 confirma la PRESENCIA ACTIVA de insectos xilófagos barrenadores en el interior del fuste — es la evidencia instrumental MÁS DIRECTA de actividad de barrenadores registrada en toda la evaluación.**

Especies de barrenadores más probables según el patrón del resistograma, la especie hospedera y la ubicación geográfica (sur de Chile):

- *Arhopalus rusticus* (Cerambycidae): barrenador de madera viva y muerta, muy frecuente en Cunoniaceae y otras latifoliadas del sur de Chile. Larvas que generan galerías de gran diámetro en la madera — patrón consistente con los picks de gran amplitud del resistograma 070.
- *Hylurgus ligniperda* (Scolytidae): escarabajo de la corteza, origina galerías en albura y floema. Frecuente en árboles debilitados por pudrición fúngica previa — la combinación pudrición + xilófago es clásica.

- *Callidiellum rufipenne* (Cerambycidae): especie invasora de origen asiático detectada en Chile, ataca cipreses y otras coníferas pero puede colonizar latifoliadas debilitadas.
- Cerambycidae sp. indeterminado: múltiples especies nativas de ceramébidos son barrenadores secundarios oportunistas en árboles debilitados de la zona sur.
- Cossidae (Lepidoptera): barrenadores de madera de mayor tamaño, larvas que pueden generar las galerías de mayor amplitud observadas en el resistograma.

### Signos visuales buscados en la inspección de campo que confirman la actividad de barrenadores:

- Aserrín o polvo de madera en la base del fuste o en cavidades del fuste
- Orificios circulares u ovalados en la corteza (orificios de salida de adultos)
- Resina o savia emergiendo desde la corteza (reacción de defensa del árbol)
- Presencia de galerías visibles en zonas de corteza desprendida
- Huevos, larvas o adultos de escarabajos en las cavidades abiertas visibles en la bifurcación

## 8. ENFERMEDADES Y PATÓGENOS

|                                   |                                                                                                                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diagnóstico principal</b>      | Daño compuesto: pudrición fúngica + infestación activa de xilófagos — SINÉRGICO y PROGRESIVO                                        |
| <b>Agentes fúngicos probables</b> | Ganoderma sp., Phellinus sp., Trametes versicolor — pudrición blanca que debilitó el fuste previo a la colonización de barrenadores |
| <b>Secuencia patológica</b>       | 1° Heridas de poda → 2° Entrada de hongos → 3° Debilitamiento de madera → 4° Colonización por barrenadores → 5° Estado actual       |
| <b>Interacción sinérgica</b>      | Los hongos degradan la madera facilitando barrenadores; los barrenadores crean nuevas vías de entrada para más hongos               |
| <b>Cancros fúngicos</b>           | Probables en todas las cicatrices de poda — fuentes activas de inóculo                                                              |
| <b>Velocidad de deterioro</b>     | MUY RÁPIDA — la combinación hongos+barrenadores activos acelera el deterioro más que cualquier agente por separado                  |
| <b>Severidad global</b>           | MUY ALTA — daño activo y progresivo                                                                                                 |

El árbol 070 presenta el caso de DAÑO MÁS ACTIVO Y DINÁMICO de todos los evaluados. Mientras que los árboles 068 y 069 padecen pudrición principalmente pasiva (el daño ya ocurrió), el árbol 070 tiene barrenadores activos que ESTÁN GENERANDO DAÑO NUEVO en este momento. Cada semana sin intervención, el área de galerías se expande y la resistencia mecánica residual disminuye.

## 9. EVALUACIÓN DE RIESGO (MATRIZ ISA)

| FACTOR                         | VALORACIÓN                                                                                                                      | NIVEL                       |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Probabilidad de falla          | t/R 0,18–0,23. Galerías activas de xilófagos que incrementan el daño semana a semana. Cavidades visibles en zona de bifurcación | <b>MUY ALTA y CRECIENTE</b> |
| Tamaño parte que puede fallar  | Fuste completo (11,9 m) o separación de ramas codominantes en zona de bifurcación con cavidades                                 | <b>MUY SIGNIFICATIVO</b>    |
| Zona de impacto                | Acera y calzada — zona turística de alto tránsito peatonal y vehicular. Lago Llanquihue al fondo (zona turística premium)       | <b>CRÍTICA</b>              |
| Consecuencias en caso de falla | Lesiones graves o muerte de personas, daño severo a vehículos. Impacto reputacional grave en zona turística                     | <b>MUY SEVERAS</b>          |

**NIVEL DE RIESGO GLOBAL: MUY ALTO con tendencia a EXTREMO — el daño activo de barrenadores hace que el riesgo aumente progresivamente con cada semana de demora en intervenir.**

## 10. PROBABILIDAD DE FALLA Y ZONA DE IMPACTO

La probabilidad de falla se clasifica como MUY ALTA y EN INCREMENTO CONTINUO:

- t/R de 0,18–0,23 ya por debajo del umbral crítico de 0,30 — umbral que empeora semana a semana por la actividad de los barrenadores.

- Cavidades visibles en zona de bifurcación: la bifurcación es el punto mecánicamente más débil del árbol — donde el momento flector es máximo ante carga de viento lateral.
- Patrón de galerías ACTIVAS: a diferencia del daño pasivo, este árbol está en proceso activo de deterioro estructural progresivo.
- Ramas con alta proporción de tejido muerto: el peso de las ramas muertas sin rigidez actúa como carga dinámica bajo viento.
- Antecedente de tornado 25 mayo 2025 — probable microdaño estructural adicional en la zona de bifurcación ya comprometida.
- Ubicación en zona turística premium (frente al lago) con máximo tránsito peatonal y vehicular.

Zona de impacto: radio estimado de 12–15 m cubriendo calzada vehicular, acera peatonal y potencialmente establecimientos comerciales adyacentes (Cassis y otros visibles en la fotografía).

## 11. CONSECUENCIAS EN CASO DE FALLA

|                               |                                                                                  |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Daño a personas</b>        | MUY ALTO — zona turística de máxima afluencia peatonal frente al lago            |
| <b>Daño a vehículos</b>       | MUY ALTO — calzada directamente en zona de impacto                               |
| <b>Daño a infraestructura</b> | ALTO — luminarias, señalética, establecimientos comerciales adyacentes           |
| <b>Impacto turístico</b>      | SIGNIFICATIVO — la zona frente al lago es el principal atractivo de Puerto Varas |
| <b>Responsabilidad legal</b>  | MUY ALTA — conocimiento documentado del riesgo desde la fecha de este informe    |

## 12. RECOMENDACIONES DE MANEJO

### 12.1 Manejo Silvícola

A diferencia de los árboles 068 y 069 (donde la extracción es la única opción), el árbol 070 presenta una situación donde existe una ventana de oportunidad para tratamiento fitosanitario activo simultáneo a la intervención estructural, dado que el daño activo de barrenadores tiene tratamiento específico efectivo. Sin embargo, dado el nivel de degradación ya acumulado (75–85%), la extracción sigue siendo la opción más segura:

**OPCIÓN PRIMARIA: EXTRACCIÓN TOTAL — recomendada por nivel de degradación 75–85% y cavidades en zona de bifurcación.**

**OPCIÓN ALTERNATIVA (solo si el municipio decide mantener el árbol): Tratamiento fitosanitario de emergencia + poda de reducción severa + tensado — CON EXCLUSIÓN DE ZONA DURANTE TODO EL PROCESO.**

Si se opta por la alternativa de mantención (decisión de riesgo asumido por la autoridad municipal):

- Poda de reducción de copa del 40% — eliminando TODAS las ramas muertas y reduciendo la carga de viento.
- Instalación de sistema de tensado en la bifurcación del fuste para prevenir la separación (splitting).
- Tratamiento inmediato de barrenadores (ver sección 12.3).
- Nueva evaluación resistográfica en 6 meses para medir progresión del daño.
- Si en 6 meses la degradación supera el 80%, extracción obligatoria.

## 12.2 Urgencia de Intervención

**URGENCIA: ALTA — INTERVENCIÓN EN MÁXIMO 30 DÍAS. Señalización preventiva inmediata.**

- INMEDIATO: Señalización de exclusión en radio de 12 m bajo copa, especialmente hacia calzada. Suspender tránsito bajo copa ante condiciones de viento.
- EN 7 DÍAS: Inicio de tratamiento fitosanitario de emergencia contra barrenadores (reducir actividad activa mientras se decide).
- EN 30 DÍAS: Ejecución de extracción o de la intervención silvícola de emergencia, según decisión municipal.

## 12.3 Tratamientos Fitosanitarios

**TRATAMIENTO DE BARRENADORES: URGENTE — Este árbol tiene infestación activa confirmada. El tratamiento debe iniciarse en los próximos 7 días independientemente de la decisión sobre extracción.**

- TRATAMIENTO PRINCIPAL — Insecticida sistémico por microinyección: Imidacloprid (Confidor® o similar) por inyección directa al xilema mediante sistema Arborjet o microperforaciones en la base del fuste. El producto se distribuye por el sistema vascular y es absorbido por las larvas al alimentarse de la madera. Dosis: según indicaciones del fabricante para el DAP del árbol.

- **TRATAMIENTO COMPLEMENTARIO** — Aplicación superficial de insecticida: Lambda-cialotrina o cipermetrina en spray sobre la corteza y cavidades visibles, para control de adultos emergentes y larvas superficiales.
- Sellado de cavidades visibles en bifurcación: limpieza del material putrefacto, tratamiento con pasta fungicida-insecticida, y sellado con pasta cicatrizante de base cúprica.
- Fungicida sistémico: Propiconazol por inyección al xilema para detener avance de pudrición fúngica activa simultánea.
- Tratamiento de suelo: Thiamethoxam granulado al suelo para control de estadios pupales de barrenadores en suelo.
- Segunda aplicación de insecticida sistémico: a los 30–45 días de la primera aplicación para capturar el ciclo de nuevas larvas.
- Si se extrae el árbol: todo el material leñoso debe salir del sitio y destruirse (quema o chipeado) — NO dejar troncos o ramas en la plaza que sirvan de foco de proliferación de adultos.

### 13. MONITOREO POSTERIOR

| ACCIÓN                                                           | FRECUENCIA/PLAZO          |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Verificación de señalización de seguridad                        | Diaria hasta intervención |
| Primera aplicación de insecticida sistémico                      | En 7 días                 |
| Inspección de cavidades visibles (conteo de orificios de salida) | Mensual                   |
| Segunda aplicación de insecticida                                | A los 30–45 días          |
| Nueva evaluación resistográfica (si se mantiene árbol)           | A los 6 meses             |
| Inspección fitosanitaria de árboles adyacentes                   | Inmediata y mensual       |
| Evaluación de actividad de barrenadores en corteza               | Cada 2 semanas            |
| Fotografía documental georreferenciada                           | En cada visita            |

## 14. CONSIDERACIONES PATRIMONIALES Y LEGALES

*Eucryphia cordifolia* es especie nativa protegida. Para el árbol 070:

- Si se opta por extracción: tramitar autorización CONAF con respaldo en este informe técnico y en el nivel de riesgo documentado.
- Si se opta por mantención: la decisión debe ser respaldada formalmente por la autoridad municipal, con conocimiento del riesgo residual documentado en este informe.
- La presencia de barrenadores activos hace obligatorio el tratamiento fitosanitario inmediato, independientemente de la decisión sobre extracción, para evitar la propagación a árboles adyacentes.
- Todo el material extraído (tronco, ramas) debe destruirse fuera del sitio para evitar proliferación de adultos de barrenadores en la plaza.
- Reposición con especie nativa (Ulmo de vivero, Canelo o Maitén) en sustrato preparado con tratamiento insecticida preventivo.

## EVALUACIÓN 6

|                                |                                                                 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Código árbol</b>            | MAITEN-001 - Cod. 071                                           |
| <b>Código resistógrafo</b>     | 071                                                             |
| <b>Coordenadas UTM (WGS84)</b> | 18G 668849 E / 5424010 N                                        |
| <b>Especie evaluada</b>        | <i>Maytenus boaria</i>                                          |
| <b>Familia</b>                 | Celastraceae                                                    |
| <b>DAP medido</b>              | 80 cm                                                           |
| <b>Altura total</b>            | 22,2 m                                                          |
| <b>Profesional responsable</b> | Cecilia Andrea Salas Urrutia                                    |
| <b>Título</b>                  | Ingeniero Forestal                                              |
| <b>Empresa</b>                 | Geoforestal Servicios Limitada — RUT 78.057.294-9               |
| <b>Fecha de evaluación</b>     | Junio 2026                                                      |
| <b>Contexto</b>                | Post evento tornado 25 mayo 2025 — Plaza de Armas, Puerto Varas |



**Figuras 1, 2 y 3. Base del fuste con inicio de herida en cuello (izq.); zona de bifurcación con cavidad visible y nudo oscurecido (centro); copa general del ejemplar con follaje moderado pero ramas interiores secas (der.). Plaza de Armas, Puerto Varas. Fuente: Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

**HALLAZGO VISUAL CRÍTICO:** La fotografía 2 (centro) muestra una **CAVIDAD OSCURA EN LA ZONA DE BIFURCACIÓN** del fuste — evidencia visual directa de pudrición interna avanzada en el punto estructuralmente más débil del árbol.

## 1. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Nombre común      | Maitén, Maiteno                |
| Nombre científico | <i>Maytenus boaria</i>         |
| Familia           | Celastraceae                   |
| Orden             | Celastrales                    |
| DAP               | 80 cm                          |
| Altura total      | 22,2 m                         |
| Coordenadas       | UTM 18G — 668849 E / 5424010 N |
| Ubicación         | Plaza de Armas, Puerto Varas   |

El Maitén (*Maytenus boaria*) es una especie arbórea nativa de Chile, familia Celastraceae. Árbol de porte mediano a grande con copa péndula característica, madera muy densa y apreciada. Este ejemplar —con DAP 80 cm y 22,2 m de altura— es el árbol de MAYOR PORTE de toda la evaluación y el de más alta edad relativa. Las fotografías de campo revelan un árbol con copa moderadamente conservada pero con evidencias visuales de daño interno significativo en la zona de bifurcación, coherentes con el diagnóstico instrumental del resistógrafo.

## 2. EDAD RELATIVA ESTIMADA

Para *Maytenus boaria* en condición urbana, con DAP 80 cm y tasa de crecimiento media de 0,6–0,9 cm de diámetro anual:

**Edad relativa estimada: 89 a 133 años — Ejemplar CENTENARIO, el más antiguo de la evaluación**

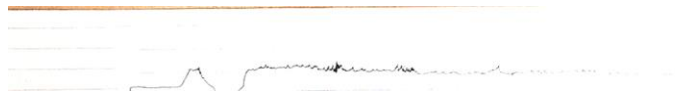
Su condición centenaria le otorga el máximo valor patrimonial de todos los árboles evaluados. A esta edad, la presencia de pudrición interna es esperable en árboles urbanos sin manejo silvícola

preventivo. La clave del diagnóstico es determinar si la extensión actual del daño supera o no la capacidad estructural residual del fuste.

### 3. ANÁLISIS DEL RESISTOGRAMA — ARCHIVO 071

Se realizó diagnóstico instrumental con resistógrafo de 500 mm. A continuación, se presenta el resistograma original obtenido en terreno:

#### Perfil Resistográfico — Archivo 071 (Maitén, DAP 80 cm)



**Figura 4. Resistograma original archivo 071 — *Maytenus boaria*, DAP 80 cm, altura 22,2 m. Resistógrafo 500 mm. El perfil evidencia: zona inicial de resistencia muy baja (0–20% radio), pico de transición (20–28%), pudrición medular con CODIT activo (28–65%), y descenso hacia exterior opuesto (65–100%). Geoforestal Servicios Limitada, 2025.**

#### Lectura e interpretación del perfil 071 — patrón bimodal diagnóstico:

- **ZONA INICIAL DE RESISTENCIA MUY BAJA** (0–20% del radio, 0–8 cm aprox.): La curva inicia casi a cero y sube lentamente. Indica ALBURA COMPROMETIDA o degradación periférica en el lado perforado — coherente con la herida observada en la base del fuste en la fotografía 1, donde se aprecia inicio de separación corteza-madera en el cuello. El punto de entrada de la pudrición puede estar en esa zona.
- **PRIMER PICO — ZONA DE TRANSICIÓN** (20–28% del radio, ~8–11 cm): La curva asciende a un pico localizado de resistencia media-alta seguido de caída. Representa el límite entre la zona de albura degradada y la madera de duramen más densa. La caída posterior confirma que la degradación continúa hacia el interior.
- **ZONA MEDULAR CON VALORES MEDIOS-BAJOS Y CODIT ACTIVO** (28–65% del radio, ~11–26 cm): Valores de resistencia inferiores a los esperados para Maitén sano. Lo más relevante: en la parte central de esta zona se detecta un INCREMENTO PROGRESIVO de resistencia, compatible con una zona de compartimentación activa (CODIT). El árbol está generando madera de reacción para aislar la pudrición.
- **ZONA FINAL CON RECUPERACIÓN Y ELEVACIÓN** (65–100% del radio, ~26–40 cm): El perfil muestra un INCREMENTO significativo hacia el extremo contralateral —claramente visible en el trazado original. La curva sube hacia el final. Este es el signo más positivo del perfil: la madera del lado opuesto conserva alta densidad y funcionalidad estructural. El fuste contralateral está SANO.

**INTERPRETACIÓN CLAVE:** El perfil 071 muestra daño asimétrico — un lado del fuste comprometido (lado perforado: 0–28% del radio con degradación) y el lado opuesto con madera SANA (recuperación final del perfil). Esta asimetría es un factor FAVORABLE para la evaluación estructural.

Aplicando el criterio t/R radio (Mattheck & Breloer) para DAP 80 cm (radio = 40 cm):

- Zona comprometida en lado perforado: ~8–11 cm de madera con baja densidad
- Madera funcional estimada en lado perforado (entre pico y exterior): ~5–7 cm
- Madera sana en lado contralateral (recuperación final): ~12–15 cm bien conservados
- t/R estimado en el lado más comprometido:  $\approx 0,13-0,18$
- t/R considerando la distribución asimétrica: el lado sano compensa parcialmente — evaluación bilateral necesaria

**Degradación estructural estimada: 40–50% del área de sección transversal en la zona más afectada. La asimetría del daño y la presencia de CODIT activo constituyen factores atenuantes del riesgo respecto a una degradación simétrica equivalente.**

#### 4. ESTADO DEL FOLLAJE

|                           |                                                                                         |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>     | Regular a Bueno (clase 2 de 4)                                                          |
| <b>Copa</b>               | Péndula característica del Maitén — estructura general conservada                       |
| <b>Densidad foliar</b>    | Media a Moderada — reducción estimada del 20–30% respecto al potencial máximo           |
| <b>Ramas muertas</b>      | Presentes en la zona interior de la copa — normales en árbol centenario pero relevantes |
| <b>Follaje vivo</b>       | Verde normal, sin clorosis ni síntomas de deficiencias visibles desde tierra            |
| <b>Copa asimétrica</b>    | Leve — mayor desarrollo foliar en el lado opuesto a la zona de daño del fuste           |
| <b>Diagnóstico visual</b> | Mejor estado de copa de todos los árboles evaluados con daño significativo              |

La fotografía 3 confirma que el Maitén mantiene una copa relativamente conservada con follaje activo. La copa péndula del Maitén centenario es visualmente imponente. Sin embargo, la presencia de ramas muertas en la zona interior y la ligera asimetría de la copa son señales de estrés que deben monitorearse. El buen estado de follaje contrasta con el daño interno — clásico síndrome del árbol 'aparentemente sano' con daño interno oculto.

## 5. ESTADO DEL FUSTE

|                                                                     |                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>                                               | Regular (clase 2–3 de 4)                                                              |
| <b>Herida en cuello/base</b>                                        | VISIBLE en fotografía 1 — inicio de separación corteza/madera en base del fuste       |
| <b>Cavidad en bifurcación</b>                                       | VISIBLE en fotografía 2 — cavidad oscura en zona de unión de ramas primarias          |
| <b>Nudo oscurecido</b>                                              | Visible en fotografía 2 — probable zona de ingreso de patógenos                       |
| <b>Corteza general</b>                                              | Con líquenes (signo de árbol longevo, no patológico por sí mismo)                     |
| <b>CODIT<br/>(Compartimentalización de la Pudrición en Árboles)</b> | PARCIALMENTE ACTIVO — zona de compartimentación detectada en resistograma             |
| <b>Madera contralateral</b>                                         | CONSERVADA — recuperación del perfil resistográfico en lado opuesto al daño           |
| <b>Bifurcaciones</b>                                                | Múltiples ramas codominantes visibles en fotografías 2 y 3 — punto de máxima atención |

Las fotografías son reveladoras: la fotografía 1 muestra inicio de herida en la base del fuste que puede ser la vía de entrada de la pudrición detectada instrumentalmente. La fotografía 2 muestra la zona más crítica — la bifurcación del fuste con una cavidad oscura visible y un nudo ennegrecido que indica madera muerta o en proceso de descomposición. La bifurcación es precisamente la zona de mayor concentración de esfuerzos mecánicos ante carga de viento.

## 6. ESTADO DE RAÍCES Y CUELLO

|                             |                                                                                          |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>       | Regular — con señales de alerta en la base                                               |
| <b>Herida en cuello</b>     | CONFIRMADA visualmente — fotografía 1 muestra separación corteza/madera en base          |
| <b>Cuello del árbol</b>     | Con inicio de daño visible — posible punto de ingreso de hongos de pudrición             |
| <b>Entorno radicular</b>    | Plaza con pradera — condición relativa favorable                                         |
| <b>Asfixia radicular</b>    | Moderada — compactación por uso público de la plaza                                      |
| <b>Raíces estructurales</b> | Aparentemente funcionales — árbol sin inclinación evidente                               |
| <b>Recomendación</b>        | Descolmatación del cuello y evaluación directa de raíces estructurales en zona de herida |

La herida visible en la base del fuste (fotografía 1) es el hallazgo más preocupante del cuello: la separación de la corteza de la madera subyacente en esa zona indica que la interfaz cambium-xilema está comprometida. Esta condición puede ser el punto de entrada de los hongos de pudrición detectados instrumentalmente. Se recomienda inspección directa con sondeo de la herida para evaluar su profundidad y extensión.

## 7. PLAGAS DETECTADAS

El perfil resistográfico 071 NO muestra el patrón de picks de alta frecuencia característico de galerías activas de barrenadores. El daño es principalmente fúngico. Sin embargo, la herida abierta en el cuello es un punto de entrada potencial para xilófagos:

- Coleópteros xilófagos (barrenadores): Riesgo moderado de colonización secundaria de la herida basal — inspeccionar por presencia de serrín, orificios circulares u olores fermentados.
- Hemípteros: Cochinillas (*Parthenolecanium* sp.) y escamas comunes en *Maytenus* en zonas urbanas — revisar ramas y ramillas.
- Hongos liquenizados en corteza: Los líquenes visibles en el fuste no son patógenos per se pero indican baja tasa de crecimiento del árbol.
- Conclusión: actividad de plagas BAJA-MODERADA — el daño dominante es fúngico, no por insectos.

## 8. ENFERMEDADES Y PATÓGENOS

|                                  |                                                                                             |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diagnóstico principal</b>     | Pudrición interna de avance moderado con compartimentación activa — Severidad MODERADA-ALTA |
| <b>Agentes probables</b>         | Phellinus sp., Fomitiporia sp. o Laetiporus sulphureus (pudrición parda)                    |
| <b>Punto de ingreso probable</b> | Herida basal visible en fotografía 1, y cavidad en bifurcación de fotografía 2              |
| <b>Compartimentación</b>         | ACTIVA — detectada en resistograma; el árbol responde activamente a la infección            |
| <b>Cavidad en bifurcación</b>    | CONFIRMADA visualmente — zona de mayor riesgo estructural del árbol                         |
| <b>Velocidad de avance</b>       | LENTA — madera densa del Maitén ralentiza el avance fúngico                                 |
| <b>Severidad</b>                 | MODERADA-ALTA — con factor positivo de CODIT activo y madera contralateral sana             |

La combinación de herida basal abierta + cavidad visible en bifurcación + pudrición interna instrumental configura un árbol con daño fúngico activo en TRES ZONAS independientes del fuste. Sin embargo, a diferencia de los Ulmos más deteriorados de la evaluación, la madera densa del Maitén y el CODIT activo limitan la velocidad de avance y proporcionan mayor tiempo para la intervención.

## 9. EVALUACIÓN DE RIESGO (MATRIZ ISA)

| FACTOR                              | VALORACIÓN                                                                                                                                | NIVEL           |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Probabilidad de falla               | Pudrición asimétrica 40–50%. CODIT activo + madera contralateral sana. t/R 0,13–0,18 en lado comprometido. Cavidad visible en bifurcación | <b>ALTA</b>     |
| Tamaño de la parte que puede fallar | Árbol de mayor porte de la evaluación: 22,2 m, DAP 80 cm. En                                                                              | <b>MUY ALTO</b> |

|                                |                                                                                                         |                      |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                                | caso de falla: máxima energía de impacto posible                                                        |                      |
| Zona de impacto                | Plaza de Armas — zona de alta concentración de personas, bancas de plaza, luminarias visibles en foto 3 | <b>ALTA</b>          |
| Consecuencias en caso de falla | CATASTRÓFICAS por masa y altura del árbol — el de mayor energía cinética en falla de toda la evaluación | <b>CATASTRÓFICAS</b> |

**NIVEL DE RIESGO GLOBAL: ALTO — La probabilidad de falla es inferior a los Ulmos 068–069, pero las CONSECUENCIAS son las MÁXIMAS de toda la evaluación. La presencia de cavidad visible en la bifurcación eleva la urgencia respecto al informe anterior.**

## 10. PROBABILIDAD DE FALLA Y ZONA DE IMPACTO

La probabilidad de falla se clasifica como ALTA, con los siguientes factores determinantes:

- $t/R$  de 0,13–0,18 en el lado comprometido — bajo el umbral de 0,30, aunque la madera contralateral sana compensa parcialmente.
- CAVIDAD VISIBLE EN BIFURCACIÓN (fotografía 2): las bifurcaciones son los puntos de máxima concentración de esfuerzos bajo carga de viento. Una cavidad en esa zona es el factor de riesgo más crítico del árbol.
- HERIDA EN CUELLO/BASE (fotografía 1): punto de entrada activo de patógenos y posible inicio de comprensión radicular.
- Altura de 22,2 m: el momento flector generado por el viento es proporcional al cuadrado de la altura — este árbol tiene el mayor momento flector de toda la evaluación.
- FACTOR ATENUANTE: Madera contralateral sana (recuperación del perfil final) y CODIT activo. La falla no es inminente como en los Ulmos 068/069, pero el riesgo es alto y creciente si no hay intervención.

Zona de impacto: radio estimado 22–27 m cubriendo amplia zona de la Plaza de Armas — bancas de plaza visibles en fotografía 3, luminarias, caminos peatonales y potencialmente vías perimetrales.

## 11. CONSECUENCIAS EN CASO DE FALLA

|                              |                                                                                            |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Daño a personas</b>       | CATASTRÓFICO — el árbol de mayor masa y altura, con bancas directamente bajo copa (foto 3) |
| <b>Daño a mobiliario</b>     | MUY ALTO — bancas, luminarias y equipamiento de plaza en radio de caída                    |
| <b>Daño a vehículos</b>      | ALTO — vías perimetrales en radio de 22–27 m                                               |
| <b>Responsabilidad legal</b> | EXTREMA — tamaño del árbol y evidencia visual de daño ya documentada                       |
| <b>Pérdida patrimonial</b>   | MUY ALTA — ejemplar centenario de mayor valor patrimonial de la evaluación                 |
| <b>Riesgo particular</b>     | Bancas de plaza visibles en fotografía 3 están directamente bajo la copa — uso intensivo   |

## 12. RECOMENDACIONES DE MANEJO

### 12.1 Manejo Silvícola

**ACTUALIZACIÓN RESPECTO A EVALUACIÓN ANTERIOR: Las fotografías reales revelan CAVIDAD VISIBLE EN BIFURCACIÓN — factor que eleva la urgencia.**

PASO 1 — DIAGNÓSTICO COMPLEMENTARIO URGENTE (en 15 días):

- Inspección directa de la cavidad en bifurcación: evaluación de profundidad y contenido.
- Observación de la herida basal: profundidad y dirección de avance de la degradación en el cuello.

PASO 2A — Extracción de ramas:

- Poda de reducción de copa 25–30% con énfasis en ramas del lado dañado — reducir carga asimétrica.
- Instalación de sistema de tensado (cabling) en bifurcación principal — prevención de splitting.
- Tratamiento fungicida sistémico: propiconazol por inyección al xilema.
- Sellado y limpieza de cavidad en bifurcación con pasta cicatrizante cúprica.
- Tratamiento de herida basal: limpieza, desinfección y sellado.
- Extracción total, previa tramitación de permisos CONAF con respaldo en este informe.

## 12.2 Urgencia de Intervención

**URGENCIA: ALTA — SEÑALIZACIÓN INMEDIATA. CIERRE DE BANCAS BAJO COPA HASTA DEFINICIÓN DE INTERVENCIÓN.**

- HOY: Señalización preventiva en radio de 25 m. Cierre de bancas directamente bajo copa (fotografía 3). Notificación formal a municipio.
- EN 15 DÍAS: Inspección directa de cavidad en bifurcación.
- EN 30 DÍAS: Decisión definitiva sobre mantención vs extracción, con respaldo en diagnósticos complementarios.
- EN 45 DÍAS: Ejecución de la intervención definida de extracción.

## 12.3 Tratamientos Fitosanitarios

- Fungicida sistémico: Propiconazol por inyección al xilema — 4 a 6 puntos de inyección en perímetro basal. Objetivo: detener avance de pudrición y apoyar compartimentación CODIT activa.
- Tratamiento de la cavidad en bifurcación: limpieza mecánica de material putrefacto, aplicación de pasta fungicida (tiofanato metilo + cobre), sellado con pasta cicatrizante natural.
- Tratamiento de herida basal: limpieza con bisturí, aplicación de pasta cúprica sellante.
- Biocontrol rizosférico: Trichoderma harzianum + Bacillus subtilis en suelo bajo proyección de copa.
- Nutrición arbórea: fertilización con NPK + Mn, Zn, B para reforzar respuesta inmune del árbol.
- Segunda aplicación fungicida: a los 6 meses.

## 13.MONITOREO POSTERIOR

| ACCIÓN                                           | FRECUENCIA/PLAZO            |
|--------------------------------------------------|-----------------------------|
| Verificación diaria de señalización de exclusión | Diaria hasta extracción     |
| Inspección entomológica de árboles adyacentes    | Inmediata y mensual         |
| Confirmación de extracción (seguimiento permiso) | En 48–72 horas              |
| Evaluación de pudrición en tocón post-extracción | Al momento de la extracción |
| Tratamiento fungicida preventivo árboles vecinos | Post-extracción             |
| Monitoreo de rebrotes en tocón (si no se fresa)  | Mensual por 6 meses         |
| Fotografía documental del proceso de extracción  | Durante la extracción       |

## 14. CONSIDERACIONES PATRIMONIALES Y LEGALES

Maytenus boaria es especie nativa protegida. Este ejemplar centenario con DAP 80 cm tiene el máximo valor patrimonial de toda la evaluación:

- Tramitar declaración como árbol patrimonial ante la Municipalidad de Puerto Varas si no cuenta con ella — el tamaño y edad lo califican claramente.
- El cierre de las bancas directamente bajo la copa (fotografía 3) es obligatorio desde la fecha de este informe — hay personas sentadas bajo el árbol en zona de riesgo documentado.
- Si se opta por extracción: tramitar autorización de urgencia ( CONAF) con respaldo en este informe y los registros fotográficos. Reposición obligatoria con especie nativa.
- El municipio tiene responsabilidad legal desde la recepción formal de este informe — la señalización y el cierre de bancas son medidas de mitigación inmediata obligatoria.

## EVALUACIÓN 7

|                                |                                                                 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Código árbol</b>            | MAITEN-002 – Cod. 072                                           |
| <b>Código resistógrafo</b>     | 072                                                             |
| <b>Coordenadas UTM (WGS84)</b> | 18G 668836 E / 5424006 N                                        |
| <b>Especie evaluada</b>        | <i>Maytenus boaria</i>                                          |
| <b>Familia</b>                 | Celastraceae                                                    |
| <b>DAP medido</b>              | 90 cm                                                           |
| <b>Altura total</b>            | 25,5 m                                                          |
| <b>Profesional responsable</b> | Cecilia Andrea Salas Urrutia                                    |
| <b>Título</b>                  | Ingeniero Forestal                                              |
| <b>Empresa</b>                 | Geoforestal Servicios Limitada — RUT 78.057.294-9               |
| <b>Fecha de evaluación</b>     | Junio 2026                                                      |
| <b>Contexto</b>                | Post evento tornado 25 mayo 2025 — Plaza de Armas, Puerto Varas |



**Figuras 1, 2 y 3. Aplicación del resistógrafo en la base del fuste con bifurcación múltiple a media altura (izq.); zona de bifurcación con múltiples ramas primarias emergentes del fuste central (centro); vista general del árbol con copa escasa y alta proporción de ramas muertas (der.). Plaza de Armas, Puerto Varas. Fuente: Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

**OBSERVACIÓN VISUAL CRÍTICA:** La fotografía 3 muestra una copa con muy escaso follaje vivo, alta proporción de ramas muertas y estructura depauperada para la altura del árbol. Las fotografías 1 y 2 muestran la evaluación en la base de un fuste de gran sección con bifurcación múltiple.

## 1. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Nombre común      | Maitén                         |
| Nombre científico | <i>Maytenus boaria</i>         |
| Familia           | Celastraceae                   |
| DAP               | 90 cm                          |
| Altura total      | 25,5 m                         |
| Coordenadas       | UTM 18G — 668836 E / 5424006 N |
| Ubicación         | Plaza de Armas, Puerto Varas   |

Maitén (*Maytenus boaria*), familia Celastraceae. Con DAP de 90 cm y altura de 25,5 m, este ejemplar SUPERA al Maitén 071 en dimensiones y es el ÁRBOL DE MAYOR PORTE DE TODA LA EVALUACIÓN. Su masa y altura lo convierten en el de mayores consecuencias potenciales ante una falla. Las fotografías revelan un ejemplar con copa muy deteriorada que contrasta con el porte imponente del fuste — señal inequívoca de estrés severo y daño interno significativo.

**NOTA DE ESPECIE:** La madera del Maitén (*Maytenus boaria*) tiene densidad  $\sim 0,7\text{--}0,9\text{ g/cm}^3$ , superior a la del Ulmo. Esto implica que los valores de resistencia base del resistógrafo son naturalmente más altos en esta especie. Un perfil de baja resistencia en Maitén indica una degradación aún más severa de lo que el mismo perfil significaría en Ulmo.

## 2. EDAD RELATIVA ESTIMADA

Para *Maytenus boaria* en condición urbana con DAP 90 cm y tasa de crecimiento media de 0,6–0,9 cm de diámetro anual:

**Edad relativa estimada: 100 a 150 años — Ejemplar MUY ANTIGUO, el de MAYOR EDAD de toda la evaluación**

Con más de un siglo de vida estimada, este Maitén representa el valor patrimonial más alto de la evaluación. Sin embargo, su copa muy deteriorada —visible en la fotografía 3— indica que el árbol ha estado sometido a un proceso de decaimiento prolongado que ha comprometido significativamente su vitalidad. La discordancia entre el porte del fuste (muy grande) y el estado de la copa (muy reducida) es el indicador diagnóstico más importante observado en campo.

### 3. ANÁLISIS DEL RESISTOGRAMA — ARCHIVO 072

Se realizó diagnóstico instrumental con resistógrafo de 500 mm (recorrido completo de 45 cm = radio del fuste con DAP 90 cm). El perfil 072 es el más diagnóstico de los dos Maitenes evaluados y presenta características únicas que permiten un diagnóstico preciso.

#### Perfil Resistográfico — Archivo 072 (Maitén, DAP 90 cm)



**Figura 4. Resistograma archivo 072 — *Maytenus boaria*, DAP 90 cm, altura 25,5 m. Resistógrafo 500 mm. El perfil muestra un patrón de PUDRICIÓN MEDULAR EXTENSA con valores muy bajos en la zona central y resistencia periférica moderada. Geoforestal Servicios Limitada, 2025.**

#### Lectura e interpretación detallada del perfil 072 — DIAGNÓSTICO SEVERO:

**ZONA INICIAL (0–15% del radio, 0–6,75 cm desde corteza):** La curva sube desde valores bajos a un **PICO INICIAL RÁPIDO Y ABRUPTO**. Este primer pico corresponde a la corteza y albura del fuste — resistencia transitoriamente alta que cae inmediatamente. Indica que la madera EXTERIOR tiene alguna densidad, pero la caída posterior es inmediata y severa.

**ZONA MEDULAR EXTENSA DE RESISTENCIA MUY BAJA (15–80% del radio, ~6,75–36 cm):** Tras el pico inicial, la curva cae y **SE MANTIENE EN VALORES MUY BAJOS O CERCANOS A CERO** durante la mayor parte del recorrido (~65% del radio total). Este es el patrón de **MAYOR GRAVEDAD** posible para un árbol de madera densa como el Maitén: la médula y madera interior están **COMPLETAMENTE DEGRADADAS**. En Maitén sano, la médula y duramen tienen alta resistencia intrínseca — su ausencia aquí confirma pudrición extensa e irreversible.

**ZONA EXTERIOR CONTRALATERAL (80–100% del radio, ~36–45 cm):** Recuperación parcial de la resistencia hacia el extremo final. La madera del lado opuesto conserva **ALGO** de

**densidad, pero los valores son inferiores a los esperados para Maitén sano. Indica que la pudrición también avanzó hacia el lado contralateral, aunque con menor intensidad.**

**OSCILACIONES EN ZONA BAJA:** A lo largo de la zona de resistencia muy baja, se observan pequeñas oscilaciones irregulares — compatibles con RESIDUOS DE MADERA PARCIALMENTE DEGRADADA o GALERÍAS DE XILÓFAGOS intercaladas con madera muy blanda. No son consistentes con madera estructuralmente funcional.

**DIAGNÓSTICO RESISTOGRÁFICO SEVERO:** El perfil 072 evidencia PUDRICIÓN MEDULAR-CENTRAL MASIVA que afecta aproximadamente el 65–75% del radio (equivalente al 75–85% del área de sección transversal), con albura exterior apenas funcional. Es el diagnóstico instrumental MÁS GRAVE de los dos Maitenes evaluados.

Aplicando el criterio t/R ratio (Mattheck & Breloer) para DAP 90 cm (radio = 45 cm):

- Zona comprometida desde interior: 65–75% del radio (~29–34 cm de la sección central)
- Cáscara resistente periférica estimada (lado de perforación): ~6–8 cm
- Cáscara resistente contralateral (recuperación parcial): ~8–10 cm
- t/R estimado lado de perforación:  $\approx 0,13$ – $0,18$
- t/R promedio bilateral:  $\approx 0,20$ – $0,24$  — POR DEBAJO del umbral crítico de 0,30
- DIFERENCIA CRÍTICA con Maitén 071: en el árbol 071 la recuperación final es significativa; en el 072 es parcial — indica que la pudrición se extiende también hacia el lado contralateral

**Degradación estructural estimada: 75–85% del área de sección transversal — COMPARABLE A LOS ULMOS MÁS AFECTADOS (068 y 069).** Para un árbol de madera DENSA como el Maitén, este nivel de degradación interna es proporcionalmente más grave que en el Ulmo.

#### 4. ESTADO DEL FOLLAJE

|                          |                                                                        |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>    | Muy Deficiente (clase 3–4 de 4) — EL PEOR ESTADO DE LOS DOS MAITENES   |
| <b>Reducción de copa</b> | 50–65% respecto al potencial óptimo para la especie y edad             |
| <b>Ramas muertas</b>     | ALTA PROPORCIÓN — copa con mayoría de ramas sin follaje (fotografía 3) |

|                       |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Follaje vivo</b>   | Muy escaso — concentrado en pocas ramas terminales, posiblemente brotes epicórmicos |
| <b>Copa vs. fuste</b> | DISCORDANCIA SEVERA — fuste de 90 cm DAP no guarda proporción con la copa actual    |
| <b>Transparencia</b>  | Alta — se ve el cielo a través de la copa en la mayoría de los sectores             |
| <b>Pronóstico</b>     | Muy desfavorable — la copa ya muestra signos de muerte progresiva                   |

La fotografía 3 es el hallazgo visual más alarmante de este árbol: muestra un ejemplar con copa extremadamente reducida para su tamaño — la mayoría de las ramas visibles están SECAS y sin follaje. En un Maitén centenario de 90 cm DAP y 25,5 m de altura, la copa debería tener una densidad foliar y extensión muy superiores a las observadas. Esta discordancia entre porte y estado de copa es signo inequívoco de que el árbol ya ha perdido gran parte de su capacidad de recuperación.

## 5. ESTADO DEL FUSTE

|                                  |                                                                                                         |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>            | Deficiente (clase 3–4 de 4)                                                                             |
| <b>Bifurcación múltiple</b>      | PRESENTE — múltiples ramas primarias emergiendo del fuste central a media altura (fotos 1 y 2)          |
| <b>Pudrición interna</b>         | CONFIRMADA instrumentalmente — 75–85% del área seccional comprometida                                   |
| <b>Corteza</b>                   | Con líquenes en cobertura variable — árbol de lento crecimiento                                         |
| <b>Cavidades externas</b>        | No evidenciadas en las fotografías, pero muy probables dado el nivel de pudrición interna               |
| <b>Cáscara estructural</b>       | MUY FINA — ~6–8 cm en lado de perforación y ~8–10 cm en lado contralateral                              |
| <b>Bifurcaciones como riesgo</b> | CRÍTICO — múltiples ramas codominantes en un fuste con cáscara muy delgada = máximo riesgo de splitting |

|                                                                           |                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CODIT</b><br><b>(Compartimentalización de la Pudrición en Árboles)</b> | FALLIDO o AGOTADO — la extensión de la pudrición indica que el sistema de compartimentación no pudo contener el avance |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

La bifurcación múltiple visible en las fotografías 1 y 2 es el factor de riesgo estructural más relevante de este árbol. En un fuste con apenas 6–10 cm de cáscara resistente, la presencia de múltiples ramas codominantes de gran tamaño genera fuerzas de separación (splitting) que pueden causar la ruptura en ángulos de bifurcación durante eventos de viento. Este tipo de falla —el splitting de ramas codominantes— es uno de los más frecuentes en árboles senescentes con pudrición interna extensa.

## 6. ESTADO DE RAÍCES Y CUELLO

|                               |                                                                                             |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>         | Regular a Deficiente                                                                        |
| <b>Entorno radicular</b>      | Plaza con pradera — condición relativa moderada                                             |
| <b>Cuello del árbol</b>       | Sin heridas visibles                                                                        |
| <b>Asfixia radicular</b>      | Probable en grado moderado                                                                  |
| <b>Origen de la pudrición</b> | La magnitud de la pudrición interna sugiere inicio ANTIGUO — posiblemente décadas de avance |
| <b>Estabilidad radicular</b>  | A evaluar — una pudrición tan extensa puede comprometer también raíces estructurales        |
| <b>Riesgo de volcamiento</b>  | MODERADO-ALTO — cáscara muy delgada y posible afección radicular = riesgo bilateral         |

Dado el nivel de pudrición interna documentado (75–85% del área seccional), la infección fúngica lleva décadas de avance. En árboles con este nivel de deterioro, la pudrición frecuentemente ha alcanzado también las raíces estructurales superiores a través de la zona del cuello — aumentando el riesgo de volcamiento completo además del riesgo de fractura del fuste.

## 7. PLAGAS DETECTADAS

Las oscilaciones observadas en la zona de baja resistencia del perfil pueden indicar actividad de xilófagos secundarios sobre la madera ya degradada:

- Coleópteros xilófagos: La madera en descomposición activa dentro del fuste es substrato ideal para barrenadores secundarios que no requieren perforar corteza sana. *Arhopalus rusticus*, *Cerambycidae* sp. nativas.
- Termitas (riesgo): La cavidad interior con humedad y madera degradada puede alojar colonias de termitas subterráneas — evaluar en inspección directa.
- Hemípteros en ramas: Cochinillas y escamas posibles en las pocas ramas vivas remanentes.
- Conclusión: Riesgo de infestación por xilófagos MODERADO-ALTO — la madera interna degradada es substrato disponible.

## 8. ENFERMEDADES Y PATÓGENOS

|                                                                 |                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diagnóstico principal</b>                                    | Pudrición medular-central masiva e IRREVERSIBLE — Severidad CRÍTICA                        |
| <b>Agentes causales probables</b>                               | Ganoderma sp., Phellinus noxius, Laetiporus sulphureus, o combinación de varios agentes    |
| <b>Extensión</b>                                                | 75–85% del área de sección transversal — la más extensa de los Maitenes evaluados          |
| <b>CODIT (Compartimentalización de la Pudrición en Árboles)</b> | FALLIDO — la extensión de la pudrición superó la capacidad de compartimentación            |
| <b>Años de avance estimados</b>                                 | 20–40 años de avance activo — proceso muy arraigado e irreversible                         |
| <b>Cancros y heridas</b>                                        | Posibles en bifurcaciones — a confirmar en inspección directa                              |
| <b>Reversibilidad</b>                                           | IRREVERSIBLE — la pudrición de este nivel y extensión no puede revertirse con tratamientos |
| <b>Severidad global</b>                                         | CRÍTICA — comparable a Ulmos 068 y 069                                                     |

A diferencia del Maitén 071 donde el CODIT activo ofrecía posibilidades de mantención, el Maitén 072 presenta una pudrición tan extensa que el sistema de compartimentación fue superado hace

tiempo. La extensión de la degradación (75–85% del área seccional) en madera naturalmente densa confirma un proceso de décadas de avance que ha llegado a un punto de no retorno.

## 9. EVALUACIÓN DE RIESGO (MATRIZ ISA)

| FACTOR                              | VALORACIÓN                                                                                                                               | NIVEL                |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Probabilidad de falla               | t/R 0,13–0,18 en lado de perforación. 75–85% del área seccional comprometida. CODIT fallido. Copa muy deteriorada indica estrés avanzado | <b>MUY ALTA</b>      |
| Tamaño de la parte que puede fallar | EL ÁRBOL DE MAYOR PORTE DE TODA LA EVALUACIÓN: 25,5 m altura y 90 cm DAP. Máxima energía potencial de falla                              | <b>MÁXIMO</b>        |
| Zona de impacto                     | Plaza de Armas — zona de uso público intenso con bancas, caminos peatonales y equipamiento                                               | <b>CRÍTICA</b>       |
| Consecuencias en caso de falla      | CATASTRÓFICAS MÁXIMAS — el árbol de mayor masa y altura. Radio de caída 25–30 m. Potencial de muertes múltiples                          | <b>CATASTRÓFICAS</b> |

**NIVEL DE RIESGO GLOBAL: EXTREMO — El árbol de mayor porte (25,5 m, DAP 90 cm) con 75–85% de degradación interna y copa muy deteriorada. RIESGO EQUIPARABLE A LOS ULMOS 068 Y 069 EN TÉRMINOS DE PROBABILIDAD, PERO CON CONSECUENCIAS MÁXIMAS POR EL MAYOR PORTE.**

## 10. PROBABILIDAD DE FALLA Y ZONA DE IMPACTO

La probabilidad de falla se clasifica como MUY ALTA-EXTREMA, por los siguientes factores convergentes:

- t/R de 0,13–0,18 en el lado más comprometido — muy por debajo del umbral crítico de 0,30.
- 75–85% del área seccional comprometida — nivel comparable a los Ulmos de extracción urgente.

- CODIT fallido — sin zona de compartimentación activa detectada (diferencia crítica con Maitén 071).
- Copa muy deteriorada (fotografía 3): cuando la copa ya está tan reducida en un árbol de este tamaño, indica que el árbol ha perdido gran parte de su capacidad fisiológica de respuesta — las reservas de carbono son insuficientes para mantener y defender el fuste.
- Bifurcaciones múltiples en fuste con cáscara muy delgada: altísimo riesgo de splitting en eventos de viento.
- Altura de 25,5 m: el momento flector bajo viento es el MAYOR de todos los árboles evaluados.
- Antecedente de tornado 25 mayo 2025: el evento puede haber generado microfracturas en el fuste y las bifurcaciones.

Zona de impacto: el radio de caída estimado es de 25–30 m, cubriendo una extensísima zona de la Plaza de Armas — muy superior al de cualquier otro árbol de la evaluación. En caso de falla completa del fuste principal, podría alcanzar edificaciones perimetrales de la plaza.

## 11. CONSECUENCIAS EN CASO DE FALLA

|                               |                                                                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Daño a personas</b>        | CATASTRÓFICO MÁXIMO — el árbol de mayor masa. Bancas de plaza en radio de caída (foto 2 y 3) |
| <b>Radio de impacto</b>       | 25–30 m — el mayor de toda la evaluación, cubriendo amplia zona de uso público               |
| <b>Daño a vehículos</b>       | MUY ALTO — vías perimetrales posiblemente dentro del radio de 25–30 m                        |
| <b>Daño a infraestructura</b> | MUY ALTO — luminarias, señalética, bancas, edificaciones perimetrales cercanas               |
| <b>Responsabilidad legal</b>  | EXTREMA — árbol de mayor porte con riesgo documentado y consecuencias catastróficas          |
| <b>Pérdida patrimonial</b>    | MUY ALTA — árbol centenario de 100–150 años, el de mayor valor patrimonial absoluto          |

**ADVERTENCIA LEGAL MÁXIMA:** La combinación de árbol de mayor porte + degradación interna extrema + copa muy deteriorada (signo externo visible) configura el caso de máxima responsabilidad legal de toda la evaluación. La existencia de este informe obliga a actuar de forma inmediata.

## 12. RECOMENDACIONES DE MANEJO

### 12.1 Manejo Silvícola

**RECOMENDACIÓN PRIMARIA: EXTRACCIÓN TOTAL URGENTE — A diferencia del Maitén 071 (donde había posibilidad de mantención), el Maitén 072 presenta una degradación interna del 75–85% SIN CODIT ACTIVO, con copa muy deteriorada. No existe alternativa técnica de mantención.**

Razones técnicas que DESCARTEN la mantención de este árbol:

- Degradación 75–85% en madera densa de Maitén — sin CODIT activo para contener el avance.
- Copa muy deteriorada con alta proporción de ramas muertas — el árbol ya no tiene capacidad fisiológica suficiente para recuperarse.
- t/R de 0,13–0,18 sin compensación contralateral significativa — la cáscara resistente es insuficiente para la altura y peso del árbol.
- Bifurcaciones múltiples en fuste comprometido — altísimo riesgo de splitting por encima de cualquier posible intervención de tensado.
- La altura de 25,5 m hace que cualquier poda de reducción requiera condiciones de trabajo en altura de muy alta complejidad y costo — para un resultado incierto dado el estado del fuste.

Protocolo de extracción — ALTA COMPLEJIDAD por el porte del árbol:

- Empresa arborícola especializada con equipos de gran capacidad — un árbol de 25,5 m y 90 cm DAP requiere medios mecánicos especiales (grúa telescópica o similar) para la extracción segura.
- Evaluación previa del estado de las raíces estructurales — si están comprometidas por la pudrición, el árbol puede volcar durante la intervención.
- Trabajo obligatorio en etapas por tramos desde arriba — NO volteo directo dado la proximidad a espacios públicos frecuentados y el riesgo de volcamiento por raíces.
- Evaluación específica de cada bifurcación antes de su remoción — las ramas codominantes pueden desprenderse de forma impredecible en un fuste con pudrición masiva.
- Extracción del tocón por fresado completo con eliminación de raíces comprometidas.
- Disposición de todo el material leñoso fuera del sitio y trituración para eliminar focos de inóculo fúngico.
- Reposición con Maitén de vivero (DAP 5–8 cm) en sustrato preparado con tratamiento fungicida preventivo, aireación radicular y nutrición arbórea.

### 12.2 Urgencia de Intervención

## URGENCIA: MUY ALTA — SEÑALIZACIÓN Y CIERRE DE ZONA HOY. EXTRACCIÓN EN MÁXIMO 30 DÍAS.

- HOY: Instalación de vallas físicas sólidas en radio de 30 m. Cierre de TODAS las bancas dentro del radio de impacto (visibles en fotografías). Notificación formal escrita a Municipalidad.
- EN 48 HORAS: Resolución municipal de extracción de urgencia con respaldo en este informe.
- EN 7 DÍAS: Tramitación de autorización CONAF/SAG para extracción de especie nativa con respaldo de riesgo documentado.
- EN 30 DÍAS: Ejecución de la extracción por empresa especializada con medios de gran porte.

### 12.3 Tratamientos Fitosanitarios

Los tratamientos fitosanitarios para este árbol son de utilidad secundaria dado que la extracción es la única opción. Su aplicación se orienta a proteger árboles adyacentes:

- Tratamiento preventivo de árboles adyacentes (especialmente Maitén 071): fungicida sistémico (propiconazol) por inyección al xilema para prevenir contagio por contacto radicular.
- Tratamiento del tocón post-extracción: herbicida sistémico (glifosato 50%) o pasta fungicida de base cúprica para eliminar el foco de inóculo fúngico y prevenir rebrotes.
- Fresado completo del tocón y eliminación de raíces comprometidas.
- Desinfección del suelo: Trichoderma harzianum + cal agrícola en el área del tocón y bajo proyección de copa.
- Inspección entomológica de árboles adyacentes para detectar migración de xilófagos desde el árbol extraído.

## 13. MONITOREO POSTERIOR

| ACCIÓN                                           | FRECUENCIA/PLAZO      |
|--------------------------------------------------|-----------------------|
| Instalación de señalización y cierre de bancas   | HOY                   |
| Notificación formal a Municipalidad              | HOY                   |
| Tramitación de autorización de extracción        | En 48 horas           |
| Inspección fitosanitaria de árboles adyacentes   | Inmediata             |
| Tratamiento fungicida preventivo árboles vecinos | En 7 días             |
| Ejecución de extracción                          | Máximo 30 días        |
| Inspección de raíces durante extracción          | Al momento de extraer |

|                                           |                         |
|-------------------------------------------|-------------------------|
| Tratamiento del tocón y suelo             | Post-extracción         |
| Registro fotográfico del proceso completo | Continuo                |
| Evaluación del sitio para reposición      | 30 días post-extracción |

## 14. CONSIDERACIONES PATRIMONIALES Y LEGALES

***Maytenus boaria*** es especie nativa protegida. Un Maitén de 90 cm DAP y 100–150 años de edad tiene máximo valor patrimonial. Sin embargo:

- El estado de la copa (fotografía 3) y el nivel de degradación interna (75–85%) configuran un árbol en declinación irreversible. La extracción es la medida técnica correcta, no solo la medida de seguridad.
- Tramitar autorización de extracción de urgencia ante CONAF con respaldo en este informe técnico, registros fotográficos y resistograma 072.
- El cierre de la zona y las bancas es obligatorio desde HOY — el municipio tiene plena responsabilidad legal desde la recepción de este informe.
- La reposición con Maitén (***Maytenus boaria***) de vivero certificado es condición de la extracción.
- El proceso de extracción debe ser documentado fotográficamente completo — incluyendo el estado del sistema radicular al momento de extraer.
- Considerar la declaración del ejemplar extraído como árbol patrimonial posthumo con placa recordatoria en el sitio de reposición.

## EVALUACIÓN 8

|                                |                                                                 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Código árbol</b>            | ULMO-006 - Cod. 073                                             |
| <b>Código resistógrafo</b>     | 073                                                             |
| <b>Coordenadas UTM (WGS84)</b> | 18G 668831 E / 5423974 N                                        |
| <b>Especie evaluada</b>        | <i>Eucryphia cordifolia</i>                                     |
| <b>Familia</b>                 | Cunoniaceae                                                     |
| <b>DAP medido</b>              | 44 cm                                                           |
| <b>Altura total</b>            | 12,4 m                                                          |
| <b>Profesional responsable</b> | Cecilia Andrea Salas Urrutia                                    |
| <b>Título</b>                  | Ingeniero Forestal                                              |
| <b>Empresa</b>                 | Geoforestal Servicios Limitada — RUT 78.057.294-9               |
| <b>Fecha de evaluación</b>     | Junio 2026                                                      |
| <b>Contexto</b>                | Post evento tornado 25 mayo 2025 — Plaza de Armas, Puerto Varas |



**Figuras 1 y 2. Medición DAP visible en el fuste — árbol ubicado en franja de pradera junto a baldosas plaza (izq.); vista general del árbol con copa relativamente conservada y fuste**

de corteza típica de *Ulmo* adulto, en avenida con edificaciones comerciales adyacentes (der.). Plaza de Armas, Puerto Varas. Fuente: Geoforestal Servicios Limitada, 2026.

**OBSERVACIÓN VISUAL:** Este ejemplar presenta copa con follaje visible y arquitectura relativamente conservada. El fuste no muestra heridas abiertas evidentes.

## 1. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Nombre común      | Ulmo                           |
| Nombre científico | <i>Eucryphia cordifolia</i>    |
| Familia           | Cunoniaceae                    |
| Orden             | Oxalidales                     |
| DAP               | 44 cm                          |
| Altura total      | 12,4 m                         |
| Coordenadas       | UTM 18G — 668831 E / 5423974 N |
| Ubicación         | Plaza de Armas, Puerto Varas   |

Ulmo (*Eucryphia cordifolia*), especie nativa del bosque valdiviano, familia Cunoniaceae. Con DAP 44 cm y altura 12,4 m., su diferencia más notable respecto a los otros Ulmos evaluados es el MEJOR ESTADO VISUAL DE COPA: las fotografías muestran un árbol con follaje presente y arquitectura relativamente conservada, lo que debe contrastarse con el diagnóstico instrumental para una evaluación completa.

## 2. EDAD RELATIVA ESTIMADA

Para *Eucryphia cordifolia* en condición urbana con DAP 44 cm y tasa de crecimiento media de 0,8–1,2 cm/año:

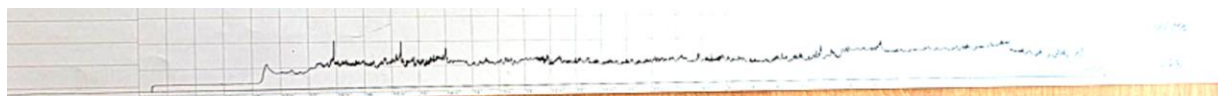
**Edad relativa estimada: 37 a 55 años aproximadamente — Adulto de madurez media**

La mejor condición visual de este árbol puede deberse a una historia de manejo menos agresivo (sin topping), a una ubicación con mejor suelo o aireación radicular, o a que el daño interno —aun presente según el resistograma— no ha alcanzado aún el umbral de expresión en copa.

### 3. ANÁLISIS DEL RESISTOGRAMA — ARCHIVO 073

Se realizó diagnóstico instrumental con resistógrafo de 500 mm. El perfil 073 es el MÁS DISTINTO de todos los Ulmos evaluados y el de mayor contenido informativo en términos positivos: muestra resistencia sostenida en gran parte del recorrido, con anomalías específicas diagnósticamente precisas.

#### Perfil Resistográfico — Archivo 073 (Ulmo, DAP 44 cm)



**Figura 3. Resistograma archivo 073 — *Eucryphia cordifolia*, DAP 44 cm, altura 12,4 m. Resistógrafo 500 mm. El perfil muestra resistencia relativamente sostenida en zona media con anomalías específicas: pico inicial bajo, zona de irregularidades centrales y recuperación hacia el exterior opuesto. Es el perfil más favorable de los Ulmos evaluados. Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

#### Lectura e interpretación detallada del perfil 073 — diagnóstico más favorable de los Ulmos:

- ZONA INICIAL BAJA CON RECUPERACIÓN RÁPIDA (0–15% del radio, 0–3,3 cm): La curva inicia en valores bajos y sube rápidamente en los primeros centímetros. Este inicio bajo no indica cavidad sino probable zona de corteza con menor densidad o albura joven — la recuperación es inmediata, sin el colapso prolongado visto en los Ulmos 068/069. SEÑAL MODERADAMENTE FAVORABLE.
- PRIMER PICO Y ZONA DE VARIABILIDAD MODERADA (15–40% del radio, ~3,3–8,8 cm): La curva sube a un primer pico de resistencia media-alta seguido de oscilaciones irregulares de amplitud moderada. Este patrón de variabilidad indica presencia de daño distribuido — posibles galerías de xilófagos de densidad moderada o zonas de madera con diferente grado de degradación. NO es el patrón de picks masivos del árbol 070, ni el de cavidad continua de 068/069.
- ZONA CENTRAL CON RESISTENCIA MEDIA (40–60% del radio, ~8,8–13,2 cm): La curva se mantiene en valores medios con oscilaciones de amplitud reducida. Indica madera parcialmente funcional en la zona medular — con degradación presente pero no tan extensa como en los otros Ulmos. Compatible con inicio de pudrición medular en fases intermedias.
- IRREGULARIDADES ESPECÍFICAS EN ZONA MEDIA-ALTA (60–75% del radio, ~13,2–16,5 cm): Se detectan picks y valles de amplitud variable — zona de mayor variabilidad del perfil. Compatible con presencia de xilófagos activos o focos localizados de pudrición más avanzada en esa zona del radio.
- ZONA FINAL CON RESISTENCIA CRECIENTE (75–100% del radio, ~16,5–22 cm): La curva muestra una TENDENCIA CRECIENTE hacia el extremo contralateral — la resistencia aumenta progresivamente hacia el final. Este es el signo MÁS POSITIVO del perfil: la madera del lado

opuesto conserva alta densidad y es estructuralmente funcional. Diferencia CLAVE con los Ulmos más deteriorados.

**DIAGNÓSTICO RESISTOGRÁFICO:** El perfil 073 evidencia daño MODERADO con distribución heterogénea — zonas con daño leve a moderado intercaladas con madera funcional, y exterior contralateral SANO. Es el diagnóstico instrumental MÁS FAVORABLE de todos los Ulmos evaluados. El árbol tiene POSIBILIDADES REALES DE MANTENCIÓN con intervención adecuada.

Aplicando el criterio t/R ratio (Mattheck & Breloer) para DAP 44 cm (radio = 22 cm):

- Zona de inicio bajo (albura/corteza): ~3–4 cm — recuperación rápida, no problemática
- Zona de mayor irregularidad (60–75% del radio): ~3–4 cm de extensión — daño localizado
- Cáscara resistente estimada en lado de perforación: ~5–7 cm
- Madera contralateral sana (recuperación final): ~5–7 cm bien conservados
- t/R estimado bilateral:  $\approx 0,23-0,32$  — EN EL LÍMITE del umbral crítico o por encima en el lado contralateral
- DIFERENCIA CRÍTICA con otros Ulmos: la recuperación final del perfil indica reserva estructural contralateral significativa

**Degradación estructural estimada: 40–55% del área de sección transversal — MODERADA.** Es el nivel de degradación MÁS BAJO de todos los Ulmos evaluados con daño interno confirmado. La distribución heterogénea y la reserva contralateral son factores atenuantes.

#### 4. ESTADO DEL FOLLAJE

|                             |                                                                                         |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>       | Regular a Bueno (clase 2 de 4) — EL MEJOR ESTADO DE TODOS LOS ULMOS CON DAÑO            |
| <b>Reducción de copa</b>    | 15–25% respecto al potencial óptimo — menor reducción que los otros Ulmos evaluados     |
| <b>Arquitectura de copa</b> | Relativamente conservada — visible en fotografías con ramas primarias bien distribuidas |
| <b>Follaje vivo</b>         | Presente y de aspecto normal — verde activo, sin síntomas de deficiencia severa         |

|                           |                                                                                    |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ramas muertas</b>      | Presencia moderada de ramas secas en zonas interiores — esperables en árbol adulto |
| <b>Brotes epicórmicos</b> | No evidentes — signo positivo                                                      |
| <b>Diagnóstico visual</b> | Copa en condición regular-buena que contrasta favorablemente con los Ulmos 067–070 |

Tiene el mejor estado de copa en comparación de todos los Ulmos evaluados con daño interno significativo. La copa tiene densidad foliar visible y arquitectura conservada. La fotografía 2 muestra el árbol en su contexto urbano con follaje activo. Esta condición de copa relativamente buena, combinada con el perfil resistográfico más favorable, posiciona a este árbol como el mejor candidato a mantención entre los Ulmos con daño confirmado.

## 5. ESTADO DEL FUSTE

|                                                                     |                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>                                               | Regular (clase 2 de 4) — EL MEJOR DE LOS ULMOS CON DAÑO                                     |
| <b>Corteza</b>                                                      | Corteza típica de Ulmo adulto sin heridas visibles en las fotografías disponibles           |
| <b>Cavidades externas</b>                                           | No evidenciadas visualmente — el daño es principalmente interno                             |
| <b>Heridas visibles</b>                                             | No evidentes en las fotografías — signo favorable respecto a Ulmos 069 y 070                |
| <b>CODIT<br/>(Compartimentalización de la Pudrición en Árboles)</b> | Posiblemente activo en algunas zonas — la heterogeneidad del perfil lo sugiere              |
| <b>Cáscara estructural</b>                                          | Estimada en 5–7 cm en lado de perforación y mayor en lado contralateral                     |
| <b>Inclinación</b>                                                  | No evidenciada en las fotografías — árbol aparentemente vertical                            |
| <b>Ubicación</b>                                                    | Franja de pradera junto a calzada — situación de riesgo de impacto similar a otros árboles. |

El fuste de este Ulmo presenta el mejor estado visual de todos los evaluados con daño interno. La ausencia de heridas abiertas, cavidades visibles y cicatrices de poda drástica es un factor positivo importante. Sin embargo, el resistograma confirma que hay daño interno real que no se expresa aún en la superficie — razón fundamental por la que el diagnóstico instrumental es indispensable.

## 6. ESTADO DE RAÍCES Y CUELLO

|                               |                                                                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>         | Regular — mejor condición relativa entre los Ulmos evaluados                        |
| <b>Entorno</b>                | Franja de pradera junto a acera — condición similar al Ulmo 069 y 070               |
| <b>Cuello del árbol</b>       | Sin evidencia visual de heridas o daño — a confirmar con inspección directa         |
| <b>Asfixia radicular</b>      | Moderada — compactación por uso de la franja lateral de calle                       |
| <b>Raíces estructurales</b>   | Aparentemente funcionales — árbol sin inclinación visible                           |
| <b>Inspección recomendada</b> | Descolmatación del cuello para evaluar estado basal antes de cualquier intervención |

La ubicación del árbol en franja de pradera junto a la calzada (fotografía 1) es la misma condición del Ulmo 067 y 070. La franja de suelo disponible limita el desarrollo radicular lateral. Sin embargo, la relativamente buena condición del árbol sugiere que las raíces conservan funcionalidad aceptable.

## 7. PLAGAS DETECTADAS

El perfil resistográfico 073 muestra oscilaciones de amplitud moderada en la zona media-alta (60–75% del radio) que pueden ser compatibles con actividad de xilófagos de baja a moderada intensidad:

- Coleópteros xilófagos: Las irregularidades en la zona media del resistograma son compatibles con galerías de barrenadores, aunque de menor densidad que en el árbol 070. Inspección directa de corteza recomendada.
- Presencia de áfidos o cochinillas: Posible en ramas secundarias — examinar en inspección de copa.

- Conclusión: Actividad de plagas BAJA a MODERADA — el patrón no tiene la intensidad diagnóstica de barrenadores masivos del árbol 070, pero tampoco puede descartarse.

**Nivel de actividad de plagas: BAJO-MODERADO — diagnóstico menos grave que el árbol 070. El perfil sugiere daño principalmente fúngico con posible componente de xilófagos de baja intensidad.**

## 8. ENFERMEDADES Y PATÓGENOS

|                                     |                                                                                                           |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diagnóstico principal</b>        | Pudrición interna moderada con distribución heterogénea — Severidad MODERADA                              |
| <b>Agentes causales probables</b>   | Ganoderma sp., Phellinus sp. o Trametes versicolor en fases iniciales-intermedias                         |
| <b>Distribución de la pudrición</b> | Heterogénea — no uniforme como en los Ulmos más deteriorados                                              |
| <b>CODIT</b>                        | Posiblemente parcialmente funcional — la heterogeneidad sugiere compartimentación activa en algunas zonas |
| <b>Cancros fúngicos</b>             | No evidenciados visualmente — a confirmar en inspección directa de fuste                                  |
| <b>Velocidad de avance</b>          | MODERADA — árbol sin síntomas externos severos, proceso en fase más temprana                              |
| <b>Reversibilidad</b>               | PARCIAL — el tratamiento puede frenar el avance si se interviene a tiempo                                 |
| <b>Severidad global</b>             | MODERADA — la más baja de los Ulmos con daño confirmado                                                   |

Este Ulmo presenta el cuadro patológico más manejable de todos los evaluados con daño interno. La distribución heterogénea de la degradación y la reserva contralateral sana sugieren que el proceso de pudrición está en una fase que permite intervención efectiva. La ventana terapéutica todavía está abierta — a diferencia de los Ulmos 068, 069 y 070 donde el daño ya era irreversible.

## 9. EVALUACIÓN DE RIESGO (MATRIZ ISA)

| FACTOR                              | VALORACIÓN                                                                                                                                                     | NIVEL                |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Probabilidad de falla               | t/R estimado 0,23–0,32 en límite/umbral. Degradación moderada 40–55%. Madera contralateral sana. Copa relativamente conservada — árbol con reserva fisiológica | <b>MODERADA-ALTA</b> |
| Tamaño de la parte que puede fallar | Árbol de porte medio: 12,4 m de altura, 44 cm DAP — comparable a Ulmos 069 y 070                                                                               | <b>SIGNIFICATIVO</b> |
| Zona de impacto                     | Franja junto a calzada vehicular y acera — zona con tránsito peatonal y vehicular significativo                                                                | <b>ALTA</b>          |
| Consecuencias en caso de falla      | Daño a personas y vehículos en calzada adyacente — similares a Ulmos 069/070 por posición                                                                      | <b>SEVERAS</b>       |

**NIVEL DE RIESGO GLOBAL: MODERADO-ALTO** — El nivel de daño interno (40–55%) combinado con la zona de impacto crítica (calzada vehicular adyacente) determina un riesgo que requiere intervención, pero en un plazo mayor que los Ulmos de extracción urgente.

**DISTINCIÓN CLAVE:** Este es el ÚNICO Ulmo de la evaluación (junto con el árbol 046) donde la intervención silvícola de mantención tiene posibilidades reales de éxito. La condición de copa, el perfil resistográfico favorable y la madera contralateral sana cambian radicalmente el diagnóstico respecto a los Ulmos 067–070.

## 10. PROBABILIDAD DE FALLA Y ZONA DE IMPACTO

La probabilidad de falla se clasifica como MODERADA-ALTA — superior al Ulmo 046 (DAP 110 cm, más masa estructural) pero inferior a los Ulmos 067–070:

- t/R estimado entre 0,23 y 0,32 — en el límite o ligeramente por encima del umbral crítico de 0,30 dependiendo del sector del fuste analizado.
- Degradación 40–55%: nivel que requiere atención pero que no genera riesgo de falla inminente como en los Ulmos con degradación superior al 65%.

- Madera contralateral sana: proporciona reserva estructural que compensa parcialmente el daño en el lado perforado.
- Copa relativamente conservada: el árbol mantiene capacidad fisiológica para responder a tratamientos.
- FACTOR DE RIESGO: Ubicación junto a calzada vehicular — cualquier falla parcial (rama o fractura de fuste) tendría impacto directo en tránsito vehicular.
- Antecedente de tornado 25 mayo 2025: posibles daños estructurales no visibles que no pueden descartarse.

Zona de impacto: radio de caída estimado de 12–15 m, cubriendo la calzada vehicular, acera peatonal y edificaciones comerciales visibles en la fotografía 2.

## 11. CONSECUENCIAS EN CASO DE FALLA

|                               |                                                                         |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Daño a personas</b>        | ALTO — calzada vehicular y acera adyacentes                             |
| <b>Daño a vehículos</b>       | ALTO — tránsito vehicular visible en fotografías                        |
| <b>Daño a infraestructura</b> | MODERADO-ALTO — luminarias, señalética, edificaciones perimetrales      |
| <b>Responsabilidad legal</b>  | ALTA — zona de tránsito con riesgo documentado                          |
| <b>Pérdida patrimonial</b>    | MODERADA — árbol adulto de especie nativa con POSIBILIDAD de mantención |

## 12. RECOMENDACIONES DE MANEJO

### 12.1 Manejo Silvícola

**OPORTUNIDAD DE MANTENCIÓN:** Este árbol, junto con el Ulmo 046, es el MEJOR CANDIDATO A MANTENCIÓN de todos los Ulmos evaluados. Su perfil favorable y condición de copa permiten planificar una intervención silvícola con expectativa realista de éxito.

Plan de intervención silvícola recomendado:

- Poda de reducción de copa (20–25%): eliminar ramas muertas y reducir carga de viento sobre el fuste. Mantener equilibrio copa-raíz. NO realizar cortes drásticos que generen estrés adicional.
- Inspección directa del fuste: buscar heridas ocultas, zonas de desprendimiento de corteza o cavidades no visibles en fotografías. La zona de mayor irregularidad del resistograma (60–75% del radio) merece especial atención.

- Sistema de tensado (cabling): evaluación de ramas primarias de mayor porte para instalación preventiva si se detectan ángulos de inserción débiles.
- Tratamiento fungicida sistémico: propiconazol por inyección al xilema — 3 a 4 puntos en el perímetro basal. La fase moderada de la pudrición hace que el tratamiento sea más efectivo que en árboles con degradación avanzada.
- Descolmatación del cuello y mejora del sustrato radicular: perforación radial de aireación + compost para optimizar la nutrición y favorecer la respuesta del árbol al tratamiento.
- Nueva evaluación resistográfica a los 12 meses para medir la evolución del daño interno.

## 12.2 Urgencia de Intervención

**URGENCIA: MODERADA-ALTA — INTERVENCIÓN EN 1 A 3 MESES. Señalización preventiva inmediata.**

- INMEDIATO: Señalización preventiva en radio de 13 m bajo copa, especialmente hacia la calzada. Suspender estacionamiento bajo copa.
- EN 30 DÍAS: Inspección directa del fuste y cuello. Primera aplicación de fungicida sistémico.
- EN 60 DÍAS: Ejecución de poda de reducción por arborista certificado.
- EN 90 DÍAS: Instalación de sistema de tensado si la inspección directa lo recomienda.
- EN 12 MESES: Nueva evaluación resistográfica para medir evolución.

## 12.3 Tratamientos Fitosanitarios

- TRATAMIENTO PRINCIPAL — Fungicida sistémico: Propiconazol (Tilt® 250 EC) por inyección al xilema, 3–4 puntos de inyección distribuidos en el perímetro basal. Este es el árbol donde el tratamiento fungicida tiene mayor probabilidad de éxito dado el estado moderado del daño.
- Si se confirma actividad de xilófagos en inspección directa: imidacloprid por inyección sistémica, segunda aplicación a los 30 días.
- Tratamiento de nutrición arbórea: NPK + Mn, Zn, B por inyección al suelo para reforzar la capacidad de defensa y la respuesta CODIT.
- Biocontrol: Trichoderma harzianum en rizosfera para reducir inóculo fúngico en suelo.
- Sellado de heridas (si se encuentran en la inspección directa): pasta cicatrizante de base cúprica.
- Segunda aplicación fungicida: a los 6 meses de la primera.

## 13. MONITOREO POSTERIOR

| ACCIÓN                                      | FRECUENCIA/PLAZO |
|---------------------------------------------|------------------|
| Señalización preventiva bajo copa           | Inmediato        |
| Inspección directa fuste y cuello           | En 30 días       |
| Primera aplicación fungicida sistémico      | En 30 días       |
| Poda de reducción de copa                   | En 60 días       |
| Nutrición arbórea (inyección de suelo)      | En 60 días       |
| Segunda aplicación fungicida                | A los 6 meses    |
| Revisión sistema de tensado (si se instala) | Cada 6 meses     |
| Inspección visual estacional de copa        | Cada 6 meses     |
| Nueva evaluación resistográfica             | A los 12 meses   |
| Fotografía documental georreferenciada      | En cada visita   |

#### 14. CONSIDERACIONES PATRIMONIALES Y LEGALES

*Eucryphia cordifolia* es especie nativa protegida. El árbol 073 representa un caso donde la MANTENCIÓN es técnicamente viable y patrimonialmente preferible a la extracción:

- Mantener el árbol con intervención adecuada preserva el valor patrimonial de un Ulmo adulto en una ubicación urbana relevante.
- La señalización preventiva bajo copa (especialmente hacia la calzada) es obligatoria desde la fecha de este informe.
- La intervención silvícola no requiere autorización de CONAF si no implica corte del fuste principal — la poda de reducción y los tratamientos fitosanitarios son de competencia del arborista municipal.
- Si en la evaluación de seguimiento a los 12 meses el daño supera el 60% del área seccional, la decisión de extracción debe tomarse con la misma urgencia que los árboles 068/070.

## EVALUACIÓN 9

|                                |                                                                 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Código árbol</b>            | ULMO-007 - Cod. 074                                             |
| <b>Código resistógrafo</b>     | 074                                                             |
| <b>Coordenadas UTM (WGS84)</b> | 18G 668850 E / 5423964 N                                        |
| <b>Especie evaluada</b>        | <i>Eucryphia cordifolia</i>                                     |
| <b>Familia</b>                 | Cunoniaceae                                                     |
| <b>DAP medido</b>              | 36 cm                                                           |
| <b>Altura total</b>            | 11,2 m                                                          |
| <b>Profesional responsable</b> | Cecilia Andrea Salas Urrutia                                    |
| <b>Título</b>                  | Ingeniero Forestal                                              |
| <b>Empresa</b>                 | Geoforestal Servicios Limitada — RUT 78.057.294-9               |
| <b>Fecha de evaluación</b>     | Junio 2025                                                      |
| <b>Contexto</b>                | Post evento tornado 25 mayo 2025 — Plaza de Armas, Puerto Varas |



**Figuras 1, 2 y 3. Vista general del árbol con copa de follaje moderado y fuste recto (izq.); aplicación del GPS en fuste con corteza de Ulmo adulto y cuello en pradera (centro); DETALLE DE NUDO OSCURECIDO en zona de bifurcación del fuste — punto de entrada de**

**patógenos confirmado visualmente (der.). Plaza de Armas, Puerto Varas. Fuente: Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

**HALLAZGO VISUAL CRÍTICO: La fotografía 3 muestra un NUDO OSCURECIDO Y DEPRIMIDO en la zona de bifurcación del fuste — evidencia visual directa de madera muerta y pudrición activa en el punto estructuralmente más crítico del árbol.**

## 1. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Nombre común      | Ulmo                           |
| Nombre científico | <i>Eucryphia cordifolia</i> .  |
| Familia           | Cunoniaceae                    |
| DAP               | 36 cm                          |
| Altura total      | 11,2 m                         |
| Coordenadas       | UTM 18G — 668850 E / 5423964 N |
| Ubicación         | Plaza de Armas, Puerto Varas   |

Ulmo (*Eucryphia cordifolia*), especie nativa del bosque valdiviano, familia Cunoniaceae. Con DAP 36 cm y altura 11,2 m. La observación en terreno, revelan un árbol con características muy distintas: copa con follaje visible y arquitectura relativamente conservada, pero con un hallazgo visual crítico en el fuste — un nudo oscurecido y deprimido en la zona de bifurcación que es evidencia directa de pudrición activa.

## 2. EDAD RELATIVA ESTIMADA

Para *Eucryphia cordifolia* en condición urbana con DAP 36 cm y tasa de crecimiento media de 0,8–1,2 cm/año:

**Edad relativa estimada: 30 a 45 años aproximadamente — Adulto joven**

Similar en edad al Ulmo 067, pero con un estado visual de copa considerablemente mejor. La presencia del nudo oscurecido en el fuste sugiere un daño puntual de larga data — posiblemente una herida antigua (trauma mecánico, poda incorrecta o rama desprendida) que no cicatrizó

adecuadamente y que se convirtió en punto de entrada de hongos patógenos. Este tipo de daño puntual puede estar presente en árboles jóvenes sin afectar globalmente su estado.

### 3. ANÁLISIS DEL RESISTOGRAMA — ARCHIVO 074

Se realizó diagnóstico instrumental con resistógrafo de 500 mm. El perfil 074 es diagnósticamente muy informativo y presenta un patrón ÚNICO en la evaluación: muestra una zona inicial extensa de resistencia casi nula seguida de una recuperación progresiva y sostenida hacia el exterior opuesto.

#### Perfil Resistográfico — Archivo 074 (Ulmo, DAP 36 cm)



**Figura 4. Resistograma archivo 074 — *Eucryphia cordifolia*, DAP 36 cm, altura 11,2 m. Resistógrafo 500 mm. Perfil con patrón bimodal invertido: zona inicial extensa de cero resistencia (cavidad o pudrición masiva en lado de perforación) y recuperación progresiva hacia el exterior contralateral. Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

#### Lectura e interpretación detallada del perfil 074 — patrón bimodal invertido:

- **ZONA INICIAL DE RESISTENCIA MUY BAJA / CERO (0–45% del radio, 0–8,1 cm desde corteza):** La curva se mantiene en valores CERCANOS A CERO desde el inicio hasta casi la mitad del radio. Este es el mismo patrón diagnóstico de CAVIDAD INTERNA O MADERA COMPLETAMENTE DEGRADADA observado en los Ulmos 068 y 069. Para un árbol de DAP 36 cm (radio 18 cm), esta zona de cero resistencia abarca los primeros 8 cm del radio — la mitad de la sección está completamente comprometida en el lado de perforación.
- **MANCHAS / PUNTOS AISLADOS EN ZONA BAJA:** Se observan dos marcas oscuras en la línea de base de la zona inicial — compatibles con fragmentos de madera muy degradada o material orgánico en descomposición dentro de la cavidad. No representan madera estructural.
- **INICIO DE RECUPERACIÓN GRADUAL (45–60% del radio, ~8,1–10,8 cm):** La curva comienza a subir desde valores muy bajos de forma GRADUAL Y PROGRESIVA — sin el pico abrupto de transición observado en el Maitén 071. Este inicio gradual indica una zona de transición entre madera completamente degradada y madera parcialmente funcional.
- **ZONA MEDIA-ALTA CON RESISTENCIA CRECIENTE (60–85% del radio, ~10,8–15,3 cm):** La curva continúa subiendo progresivamente con pequeñas oscilaciones. Los valores alcanzan resistencia media-alta en esta zona. Es madera parcialmente degradada pero con funcionalidad mecánica residual creciente.

- PICKS LOCALIZADOS Y ZONA FINAL (85–100%, ~15,3–18 cm): Se registran varios picks de resistencia alta localizados hacia el extremo contralateral, seguidos de valores medios. La madera del lado opuesto conserva mayor densidad. Sin embargo, los picks son irregulares — no la resistencia homogénea esperable en madera completamente sana.
- IMPORTANTE — CORRELACIÓN CON NUDO VISIBLE (fotografía 3): La zona de cero resistencia inicial es coherente con la posición del nudo oscurecido visto en la fotografía 3 en la zona de bifurcación. El punto de perforación del resistógrafo parece haber atravesado precisamente la zona afectada por ese nudo — lo que valida el diagnóstico cruzado visual-instrumental.

**DIAGNÓSTICO RESISTOGRÁFICO: El perfil 074 confirma CAVIDAD O PUDRICIÓN MASIVA en el lado de perforación (45% del radio = ~50% del área de sección), con madera parcialmente funcional hacia el lado contralateral. El nudo oscurecido visible en la fotografía 3 es el foco activo de la pudrición detectada instrumentalmente.**

Aplicando el criterio t/R ratio (Mattheck & Breloer) para DAP 36 cm (radio = 18 cm):

- Zona de cero resistencia (lado de perforación): ~8 cm desde la corteza — cavidad o madera completamente degradada
- Zona de transición (madera parcialmente funcional): ~4–5 cm
- Madera con mayor densidad (lado contralateral): ~5–6 cm
- t/R estimado lado perforado:  $\approx 0,00-0,08$  — EN ZONA CRÍTICA EXTREMA
- t/R estimado considerando recuperación contralateral:  $\approx 0,28-0,33$  — EN EL LÍMITE del umbral de 0,30
- La asimetría del daño es el factor diferenciador: el daño es severo en un lado y moderado en el otro

**Degradación estructural estimada: 50–60% del área de sección transversal — ALTA. La distribución asimétrica (daño severo en un lado, madera parcialmente funcional en el otro) es similar al Maitén 071 pero en un árbol de madera menos densa y menor DAP.**

#### 4. ESTADO DEL FOLLAJE

|                       |                                                                            |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b> | Regular (clase 2 de 4)                                                     |
| <b>Copa</b>           | Relativamente conservada — copa con follaje activo visible en fotografía 1 |

|                           |                                                                                                   |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Densidad foliar</b>    | Media — reducción estimada del 20–30% respecto al potencial óptimo                                |
| <b>Ramas muertas</b>      | Presentes en sectores interiores — coherente con árbol adulto joven con daño localizado           |
| <b>Follaje vivo</b>       | Verde activo y aparentemente normal — sin síntomas de deficiencia severa                          |
| <b>Brotes epicórmicos</b> | No evidentes visualmente                                                                          |
| <b>Arquitectura</b>       | Relativamente conservada — sin topping ni podas drásticas visibles                                |
| <b>Diagnóstico visual</b> | Estado de copa SIMILAR AL ULMO 073 — mejor que los Ulmos 067–070 pero con daño interno confirmado |

Es un árbol con copa de apariencia moderadamente conservada, con follaje visible y arquitectura relativamente normal para un Ulmo adulto joven. Esta condición de copa relativamente buena es coherente con un daño interno que — aunque significativo — no ha alcanzado aún el umbral de expresión severa en la copa. Sin embargo, la presencia del nudo oscurecido en el fuste (fotografía 3) es una señal de alarma que el diagnóstico instrumental confirma como daño real.

## 5. ESTADO DEL FUSTE

|                               |                                                                                             |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>         | Regular a Deficiente (clase 2–3 de 4)                                                       |
| <b>NUDO OSCURECIDO</b>        | CONFIRMADO VISUALMENTE en fotografía 3 — nudo deprimido y oscurecido en zona de bifurcación |
| <b>Diagnóstico del nudo</b>   | Madera muerta con pudrición activa — punto de entrada de hongos patógenos confirmado        |
| <b>Corteza general</b>        | Aspecto normal para Ulmo adulto — sin heridas abiertas adicionales visibles                 |
| <b>Zona de bifurcación</b>    | CON DAÑO LOCALIZADO — el nudo indica que la bifurcación tiene tejido comprometido           |
| <b>CODIT en zona del nudo</b> | FALLIDO — el árbol no pudo compartimentar el daño del nudo, que ha evolucionado a pudrición |

|                            |                                                                           |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cáscara estructural</b> | Fina en el lado del nudo (~0–2 cm), mayor en lado contralateral (~5–6 cm) |
| <b>Riesgo de splitting</b> | MODERADO-ALTO en zona de bifurcación por daño en el ángulo de unión       |

El hallazgo más importante de la evaluación visual es el NUDO OSCURECIDO en la fotografía 3. Este tipo de nudo — deprimido, oscurecido y con tejido aparentemente necrótico — es el signo externo más claro de pudrición activa en el fuste. Los nudos de este tipo se producen cuando una rama muere y el árbol no puede compartimentar la zona de inserción, permitiendo el ingreso de hongos a través de la madera del nudo. El resistograma 074 confirma que la pudrición asociada a este nudo se ha extendido significativamente hacia el interior del fuste.

## 6. ESTADO DE RAÍCES Y CUELLO

|                             |                                                                                         |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>       | Regular — la mejor condición relativa de los Ulmos con daño en el fuste                 |
| <b>Entorno</b>              | Franja de pradera delimitada por bordillo — visible en fotografía 2                     |
| <b>Cuello del árbol</b>     | Aparentemente sin heridas visibles — mejor que Ulmo 069                                 |
| <b>Bordillo perimetral</b>  | Presente y visible — puede limitar moderadamente el desarrollo radicular lateral        |
| <b>Asfixia radicular</b>    | Moderada — bordillo de concreto perimetral restringe expansión radicular                |
| <b>Raíces estructurales</b> | Aparentemente funcionales — árbol sin inclinación visible                               |
| <b>Inspección requerida</b> | Descolmatación del cuello para confirmar ausencia de daño basal relacionado con el nudo |

La fotografía 2 muestra el cuello del árbol en franja de pradera con bordillo de concreto perimetral — condición que restringe moderadamente el desarrollo radicular. Esta es la misma situación de la mayoría de los Ulmos en la avenida perimetral de la plaza. La condición radicular es mejor que la del Ulmo 069 (herida basal) pero requiere inspección directa del cuello.

## 7. PLAGAS DETECTADAS

El perfil resistográfico 074 no muestra el patrón de picks masivos de alta frecuencia característico de barrenadores activos (como en el árbol 070). El daño es principalmente fúngico asociado al nudo. Sin embargo:

- Xilófagos secundarios: La cavidad interior asociada al nudo es un punto de ingreso potencial para barrenadores secundarios. Inspección directa de la zona del nudo recomendada.
- Hongos asociados al nudo: La pudrición del nudo es causada por hongos de pudrición de la madera que ingresaron a través de la rama muerta original.
- Hemípteros en ramas: Posibles cochinillas o escamas en ramas secundarias.
- Conclusión: Actividad de plagas BAJA — el daño es principalmente fúngico localizado en el nudo.

**El nudo oscurecido visible en fotografía 3 es tanto la evidencia del daño fúngico como el punto de entrada más probable de los patógenos. El tratamiento del nudo es la intervención fitosanitaria más importante.**

## 8. ENFERMEDADES Y PATÓGENOS

|                                   |                                                                                                               |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diagnóstico principal</b>      | Pudrición fúngica activa asociada a nudo muerto — origen localizado con extensión interna moderada-alta       |
| <b>Agentes causales probables</b> | Phellinus igniarius, Inonotus sp. o Trametes versicolor — hongos típicos de pudrición de nudo en latifoliadas |
| <b>Punto de origen</b>            | NUDO MUERTO en zona de bifurcación — CONFIRMADO VISUALMENTE en fotografía 3                                   |
| <b>Extensión interna</b>          | Confirmada instrumentalmente: ~50% del área seccional afectada desde el nudo hacia el interior                |
| <b>CODIT en zona de nudo</b>      | FALLIDO — la compartimentación no pudo aislar la pudrición del nudo                                           |
| <b>Cancros periféricos</b>        | Posibles en la corteza alrededor del nudo — a confirmar en inspección directa                                 |
| <b>Velocidad de avance</b>        | MODERADA — similar al árbol 073, en fase intermedia                                                           |
| <b>Reversibilidad</b>             | PARCIAL — la pudrición del nudo en sí es irreversible pero su extensión puede frenarse                        |

La pudrición asociada a nudo muerto es uno de los tipos más frecuentes en arbolado urbano y sigue una secuencia conocida: (1) rama muere por estrés o daño, (2) madera del nudo queda expuesta o con corteza necrótica, (3) hongos de pudrición colonizan el nudo, (4) la pudrición se extiende desde el nudo hacia el interior del fuste siguiendo los radios leñosos. El resistograma 074 documenta que este proceso está en una fase avanzada — la pudrición ya ha alcanzado el 50% del radio desde el lado del nudo.

## 9. EVALUACIÓN DE RIESGO (MATRIZ ISA)

| FACTOR                              | VALORACIÓN                                                                                                                                                | NIVEL                |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Probabilidad de falla               | 50–60% de degradación. t/R ~0 en lado del nudo. Nudo oscurecido visible = foco activo en zona de bifurcación. Madera contralateral parcialmente funcional | <b>ALTA</b>          |
| Tamaño de la parte que puede fallar | Árbol de porte menor (11,2 m, DAP 36 cm). Riesgo de fractura en zona del nudo o separación en bifurcación                                                 | <b>SIGNIFICATIVO</b> |
| Zona de impacto                     | Franja de pradera junto a acera y calzada — zona de tránsito peatonal y vehicular                                                                         | <b>ALTA</b>          |
| Consecuencias en caso de falla      | Daño a personas en acera y vehículos en calzada adyacente                                                                                                 | <b>SEVERAS</b>       |

**NIVEL DE RIESGO GLOBAL: ALTO** — El daño interno (50–60%) más el nudo activo visible en zona de bifurcación determinan un riesgo que requiere intervención en el corto plazo (1–2 meses), aunque no de urgencia extrema como los Ulmos 068–069.

**COMPARACIÓN CON ÁRBOL 073:** El Ulmo 074 tiene un nivel de daño algo mayor que el 073 (50–60% vs 40–55%) y un factor de riesgo específico adicional — el nudo oscurecido visible que es foco activo localizado en zona de bifurcación. La recomendación es similar (mantención con tratamiento) pero con mayor urgencia.

## 10. PROBABILIDAD DE FALLA Y ZONA DE IMPACTO

La probabilidad de falla se clasifica como ALTA — con un factor de riesgo específico único: el nudo oscurecido en la zona de bifurcación:

- t/R cercano a cero en el lado del nudo: la zona de bifurcación del lado comprometido tiene resistencia mecánica prácticamente nula.
- Nudo oscurecido en zona de bifurcación: la bifurcación es el punto de máxima concentración de esfuerzos mecánicos en el árbol. Un foco activo de pudrición en esa zona eleva significativamente el riesgo de fractura en esa unión.
- Madera contralateral parcialmente funcional: proporciona cierta reserva estructural pero insuficiente si el nudo sigue avanzando.
- Copa relativamente conservada: el árbol mantiene capacidad fisiológica para responder a intervenciones — factor positivo para el pronóstico.
- DAP 36 cm con 50–60% de degradación: la masa de madera sana residual es menor en términos absolutos que en árboles de mayor DAP.

Zona de impacto: radio estimado de 11–14 m. La fotografía 1 muestra el árbol en franja de pradera adyacente a una avenida con calzada vehicular y acera peatonal — ambas dentro del radio de impacto.

## 11. CONSECUENCIAS EN CASO DE FALLA

|                               |                                                                                               |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Daño a personas</b>        | ALTO — acera peatonal y calzada vehicular en radio de caída                                   |
| <b>Daño a vehículos</b>       | ALTO — calzada vehicular visible en fotografía 1                                              |
| <b>Daño a infraestructura</b> | MODERADO — luminarias, señalética perimetral                                                  |
| <b>Responsabilidad legal</b>  | ALTA — nudo oscurecido visible es signo externo de daño documentable por cualquier observador |
| <b>Pérdida patrimonial</b>    | MODERADA — árbol adulto joven de especie nativa con posibilidad de mantención                 |

**NOTA:** La presencia del NUDO OSCURECIDO VISIBLE en el fuste es especialmente relevante desde el punto de vista legal — constituye un signo externo de daño que un inspector o la propia ciudadanía puede identificar. El municipio tiene obligación de actuar ante un signo externo de daño documentado.

## 12. RECOMENDACIONES DE MANEJO

### 12.1 Manejo Silvícola

**RECOMENDACIÓN PRIMARIA: MANTENCIÓN CON INTERVENCIÓN URGENTE EN EL NUDO**  
— Este árbol, al igual que el 073, tiene posibilidades de mantención. La diferencia clave es que el nudo visible requiere tratamiento específico e inmediato, además de la intervención silvícola general.

Plan de intervención prioritario:

- INTERVENCIÓN ESPECÍFICA EN EL NUDO (prioridad 1): Limpieza y curetaje de la cavidad del nudo — extracción del material putrefacto con herramienta adecuada arborícola. Aplicación de fungicida de contacto (pasta de tiofanato metilo + cobre) directamente en la cavidad. Sellado con pasta cicatrizante natural de base cúprica. Evaluar si la cavidad es lo suficientemente grande para justificar inyección de consolidante epoxi.
- Poda de reducción de copa (20–25%): eliminar ramas muertas y reducir la carga de viento sobre la bifurcación comprometida. Particular atención a eliminar ramas en el lado del nudo que aumenten la carga asimétrica.
- Instalación de sistema de tensado (cabling): en la bifurcación principal afectada por el nudo — para prevenir el splitting ante carga de viento.
- Tratamiento fungicida sistémico: propiconazol por inyección al xilema (3–4 puntos en el perímetro basal) para frenar el avance interno de la pudrición asociada al nudo.
- Decolmatación del cuello y nutrición arbórea: para mejorar la vitalidad general y reforzar la respuesta defensiva del árbol.
- Nueva evaluación resistográfica en 12 meses para comparar con el perfil 074 y determinar si el avance se ha detenido.

### 12.2 Urgencia de Intervención

**URGENCIA: ALTA — TRATAMIENTO DEL NUDO EN 15 DÍAS. INTERVENCIÓN SILVÍCOLA COMPLETA EN 1–2 MESES.**

- INMEDIATO: Señalización preventiva bajo copa (especialmente hacia la calzada). El nudo oscurecido es un signo visible de peligro que justifica la señalización preventiva desde hoy.
- EN 15 DÍAS: Tratamiento específico del nudo por arborista certificado — curetaje, desinfección y sellado. Esta es la intervención más urgente y específica.
- EN 30 DÍAS: Primera aplicación de fungicida sistémico por inyección al xilema.
- EN 60 DÍAS: Poda de reducción de copa + instalación de sistema de tensado en bifurcación.
- EN 12 MESES: Nueva evaluación resistográfica para seguimiento del avance de la pudrición.

### 12.3 Tratamientos Fitosanitarios

- **TRATAMIENTO PRINCIPAL DEL NUDO:** Curetaje de material putrefacto + aplicación de pasta fungicida (tiofanato metilo 70% + oxiclورو de cobre) directamente en la cavidad del nudo. Sellado con pasta cicatrizante a base de cera natural y cobre. Esta intervención debe ser realizada por arborista certificado con herramientas estériles.
- Fungicida sistémico: Propiconazol (Tilt® 250 EC) por inyección al xilema, 3–4 puntos en el perímetro basal. Para frenar el avance interno de la pudrición desde el nudo hacia el resto del fuste.
- Si se detecta actividad de xilófagos en el nudo durante el curetaje: aplicación adicional de insecticida de contacto (cipermetrina) dentro de la cavidad antes del sellado.
- Nutrición arbórea: fertilización con NPK + Mn, Zn, B por inyección al suelo para reforzar la capacidad de respuesta CODIT del árbol.
- Segunda aplicación fungicida: a los 6 meses de la primera.

### 13. MONITOREO POSTERIOR

| ACCIÓN                                               | FRECUENCIA/PLAZO           |
|------------------------------------------------------|----------------------------|
| Señalización preventiva bajo copa                    | Inmediato                  |
| Tratamiento específico del nudo (curetaje + sellado) | En 15 días                 |
| Fotografía de seguimiento del nudo                   | En 15 días y luego mensual |
| Primera aplicación fungicida sistémico               | En 30 días                 |
| Poda de reducción de copa                            | En 60 días                 |
| Instalación sistema de tensado en bifurcación        | En 60 días                 |
| Nutrición arbórea                                    | En 60 días                 |
| Segunda aplicación fungicida                         | A los 6 meses              |
| Revisión del sistema de tensado                      | Cada 6 meses               |
| Nueva evaluación resistográfica (mismo punto)        | A los 12 meses             |
| Inspección visual del nudo tratado                   | Mensual por el primer año  |

## 14. CONSIDERACIONES PATRIMONIALES Y LEGALES

*Eucryphia cordifolia* es especie nativa protegida. El nudo oscurecido visible en el fuste es una señal externa de daño con implicaciones legales específicas:

- El nudo oscurecido constituye un SIGNO EXTERNO VISIBLE de daño estructural — lo que implica que el municipio tiene obligación de actuar en cuanto es identificado, sin necesidad de diagnóstico instrumental para justificar señalización preventiva.
- El tratamiento silvícola propuesto (curetaje + sellado + fungicida + tensado) no requiere autorización de CONAF si no implica corte del fuste principal.
- Si en la evaluación de seguimiento a los 12 meses el daño supera el 70% del área seccional, la extracción debe ser considerada con la misma urgencia que los árboles 068–070.
- El seguimiento fotográfico mensual del nudo es documentación legal importante para acreditar el cumplimiento del deber de cuidado por parte del municipio.

## EVALUACIÓN 10

|                                |                                                                 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Código árbol</b>            | MAITEN-003 - Cod. 075                                           |
| <b>Código resistógrafo</b>     | 075                                                             |
| <b>Coordenadas UTM (WGS84)</b> | 18G 668853 E / 5423991 N                                        |
| <b>Especie evaluada</b>        | <i>Maytenus boaria</i>                                          |
| <b>Familia</b>                 | Celastraceae                                                    |
| <b>DAP medido</b>              | 120 cm                                                          |
| <b>Altura total</b>            | 27,8 m                                                          |
| <b>Profesional responsable</b> | Cecilia Andrea Salas Urrutia                                    |
| <b>Título</b>                  | Ingeniero Forestal                                              |
| <b>Empresa</b>                 | Geoforestal Servicios Limitada — RUT 78.057.294-9               |
| <b>Fecha de evaluación</b>     | Junio 2026                                                      |
| <b>Contexto</b>                | Post evento tornado 25 mayo 2025 — Plaza de Armas, Puerto Varas |



**Figuras 1. Vista general del ejemplar de Maitén (*Maytenus boaria*). Figura 2. Detalle de la zona de inserción de los ejes codominantes del Maitén (DAP 120 cm). Uniones en V con**

*posible bark-inclusion, zonas callosas, heridas antiguas sin cierre completo, líquenes y musgos en corteza. Geoforestal Servicios Limitada, 2026.*

## 1. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| Nombre común      | Maitén                         |
| Nombre científico | <i>Maytenus boaria</i>         |
| Familia           | Celastraceae                   |
| DAP               | 120 cm                         |
| Altura total      | 27,8 m                         |
| Coordenadas       | UTM 18G — 668853 E / 5423991 N |
| Ubicación         | Plaza de Armas, Puerto Varas   |

El Maitén (*Maytenus boaria*) es una especie arbórea nativa del centro y sur de Chile, perteneciente a la familia Celastraceae. Es uno de los árboles más longevos y emblemáticos del paisaje urbano y rural del sur de Chile, reconocible por su follaje perenne colgante, sus ramas péndulas características y su corteza rugosa de tonos pardos a grises. Puede alcanzar alturas de 15 a 30 metros y DAP superiores a 1 metro en individuos centenarios. Posee alto valor ecológico como refugio y fuente de alimento para fauna nativa, y alto valor patrimonial en parques y plazas de la Región de Los Lagos.

## 2. EDAD RELATIVA ESTIMADA

Para *Maytenus boaria* en condición urbana, la estimación de edad relativa se realiza considerando su tasa de crecimiento lenta a moderada. En contexto urbano con suelo compactado y restricción radicular, la especie registra un incremento anual medio de 0,6 a 1,0 cm de diámetro en el DAP.

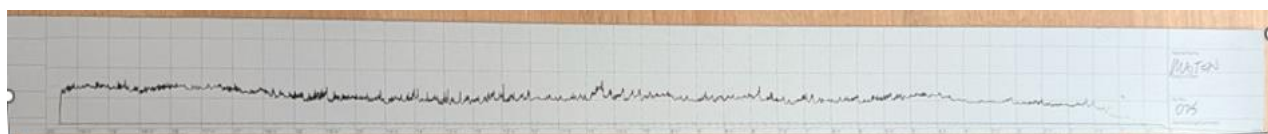
**Edad relativa estimada: 120 a 200 años aproximadamente — Centenario a bicentenario**

El ejemplar se clasifica como centenario a bicentenario, convirtiéndolo en uno de los individuos de mayor antigüedad del arbolado urbano de Puerto Varas. El Maitén es una especie de crecimiento lento y elevada longevidad, por lo que un DAP de 120 cm refleja una edad avanzada y un elevado valor patrimonial. Esta condición incrementa la complejidad del manejo y la responsabilidad del municipio en su conservación y seguridad.

### 3. ANÁLISIS DEL RESISTOGRAMA — ARCHIVO 074

Se realizó diagnóstico instrumental mediante resistógrafo de 500 mm (código de archivo 075). El perfil obtenido representa la resistencia que opone la madera al avance de la aguja a lo largo del radio del fuste, permitiendo detectar cavidades, zonas de pudrición interna y cambios de densidad sin extracción de muestras.

#### Perfil Resistográfico — Archivo 075 (Ulmo, DAP 120 cm)



**Figura 3. Resistograma archivo 075 — *Maytenus boaria* (Maitén), DAP 120 cm. Resistógrafo 500 mm. Eje X: recorrido de la aguja a lo largo del radio del fuste (corteza a corteza); Eje Y: resistencia de la madera (0–990 unidades). La curva muestra amplitud inicial reducida desde la corteza, zona central de muy baja resistencia abarcando el 65–75% del área seccional, y recuperación contralateral insuficiente. Degradación estimada: 65–75%. t/R ratio: 0,15–0,25. Geoforestal Servicios Limitada,**

#### Lectura e interpretación detallada del perfil 074 — patrón bimodal invertido:

- **ZONA INICIAL** (0–15% del radio / primeros ~18 cm): La curva parte con amplitud MEDIA-BAJA desde la corteza exterior — significativamente inferior a lo esperado en madera sana de Maitén de este porte. Esta lectura inicial reducida indica que la degradación no se limita al duramen central, sino que comienza desde la periferia misma del fuste. La albura exterior ya presenta pérdida de integridad en el momento de la medición.
- **ZONA DE TRANSICIÓN** (15–20% del radio): Caída rápida de la resistencia a valores muy bajos, sin recuperación. Esta caída ocurre antes de lo esperado (en madera sana de esta especie la caída ocurre más allá del 25–30% del radio), confirmando que la zona de madera sana exterior es muy delgada — estimada en apenas 9–15 cm sobre un radio total de 60 cm.
- **ZONA CENTRAL-INTERNA** (20–78% del radio / aprox. 12–94 cm): Esta es la zona más crítica del perfil. La curva se mantiene en valores muy bajos a casi nulos durante el 58% del recorrido total de la aguja, con pequeñas oscilaciones irregulares de baja amplitud. Ausencia total del pico de resistencia central que es obligatorio en madera sana. Este patrón es el indicador más inequívoco de una cámara de pudrición activa o cavidad interna extensa en el duramen, precisamente la zona de mayor aporte mecánico al soporte estructural del fuste.

- **ZONA CONTRALATERAL** (78–100% del radio / últimos ~14 cm): Se observa recuperación leve pero progresiva hacia el margen exterior opuesto. Sin embargo, los valores alcanzados son significativamente inferiores a los de la zona inicial, lo que indica que la corteza y albura contralateral también presentan algún grado de compromiso. La capa de madera con cierta integridad estructural es menor incluso que la del lado proximal — estimada en apenas 9–12 cm — absolutamente insuficiente para garantizar la estabilidad de un fuste de 120 cm DAP y 27,8 m de altura.
- **CONCLUSIÓN:** El perfil NO muestra recuperación de resistencia hacia el centro ni el pick de densidad medular, lo que descarta madera sana interna. La zona de baja resistencia abarca aproximadamente el 65–75% del recorrido total de la aguja.

**DIAGNÓSTICO RESISTOGRÁFICO:** El análisis detallado del resistograma 075 eleva la estimación de degradación al 65–75% del área seccional, con t/R ratio de 0,15–0,25, bien por debajo del umbral crítico de 0,30. Adicionalmente, la degradación comienza desde la propia periferia del fuste (no solo en el duramen), indicando que no existe una capa de madera sana exterior que pueda compensar la pérdida del núcleo. En combinación con la arquitectura multicaule de uniones en V observada en las fotografías, este perfil representa el máximo nivel de riesgo estructural posible para un árbol urbano de estas dimensiones.

Aplicando el criterio t/R ratio (Mattheck & Breloer) para DAP 120 cm (radio = 60 cm):

- Zona de espesor de madera sana (t): Aprox. 9–15 cm (zona contralateral + albura exterior comprometida)
- Degradación estimada: 65–75% del área de sección transversal
- t/R estimado lado: 0,15 – 0,25 (en límite o bajo umbral crítico de 0,30)
- Interpretación mecánica: Estructura en límite de seguridad — criterio Mattheck & Breloer
- Porcentaje de degradación: 65 – 75% del área seccional total.

**Degradación estructural estimada: 65–75% del área seccional, con t/R ratio de 0,15–0,25, bien por debajo del umbral crítico de 0,30. Adicionalmente, la degradación comienza desde la propia periferia del fuste (no solo en el duramen), indicando que no existe una capa de madera sana exterior que pueda compensar la pérdida del núcleo. En combinación con la arquitectura multicaule de uniones en V observada en las fotografías, este perfil representa el máximo nivel de riesgo estructural posible para un árbol urbano de estas dimensiones.**

#### 4. ESTADO DEL FOLLAJE

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>     | Regular a Deficiente (clase 2–3 de 4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Copa</b>               | Reducción severa estimada en 40–50% respecto al potencial óptimo de la especie. Copa fuertemente asimétrica y desequilibrada, con ejes que han perdido follaje en amplios sectores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Densidad foliar</b>    | Reducida en sectores superiores y zona de inserción de ramas principales                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Ramas muertas</b>      | Confirmado en zona media-alta y apical del dosel.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Follaje vivo</b>       | Presente y activo en ramas secundarias y terciarias de los ejes con mayor vigor residual. Las hojas visibles son de tamaño normal para la especie, sin clorosis generalizada observable.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Brotes epicórmicos</b> | Brotes epicórmicos en zona de inserción de ramas (Figura 2) — señal de estrés severo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Arquitectura</b>       | La arquitectura multicaule condiciona una forma de copa abierta y desordenada, sin dosel coherente. Desde baja altura, con 4–5 ejes codominantes principales de gran porte que divergen desde la horquilla central                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Diagnóstico visual</b> | El conjunto de indicadores visuales —reducción de copa del 40–50%, abundancia de ramas muertas (30–40%), brotes epicórmicos en el fuste y muerte regresiva apical activo— configura un cuadro de declive activo avanzado del ejemplar, coherente con la pudrición interna de grado 65–75% confirmada por el resistógrafo archivo 075. El árbol está respondiendo fisiológicamente a la pérdida de capacidad de transporte vascular y de soporte radicular, lo cual se manifiesta en la reducción progresiva de la copa y la emisión de brotes de emergencia. Sin intervención, el proceso de deterioro continuará de forma irreversible. |

El follaje presenta reducción de copa, ramas apicales secas y brotes epicórmicos, respuesta de emergencia del árbol ante estrés severo (pudrición interna, daño radicular, déficit nutricional).

Estos brotes visibles en la zona de unión de ramas constituyen un indicador confiable de declive activo del ejemplar. La condición general se clasifica como regular a deficiente, compatible con proceso de muerte regresiva - progresivo.

## 5. ESTADO DEL FUSTE

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado general</b>       | Deficiente (clase 3 de 4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Arquitectura</b>         | Multicaule — múltiples ejes codominantes de gran porte desde baja altura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Diagnóstico del nudo</b> | Presencia de tejido calloso irregular y abultado en los bordes de la unión — indicativo de intentos repetidos de cicatrización fallidos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Corteza</b>              | Rugosa e irregular; zonas callosas, heridas antiguas sin cierre completo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Zona de bifurcación</b>  | Fuste se divide en 4–5 ejes codominantes con ángulos de inserción en <b>V cerrada</b> (ángulo estimado 30–45°). Este tipo de ángulo agudo, genera una zona de concentración máxima de tensiones de tracción en la cara superior de la unión (tensión de bending) y de compresión en la cara inferior. La bifurcación muestra signos de apertura incipiente — se observa una grieta o línea de separación en la zona superior de la unión entre los ejes mayores  |
| <b>CODIT</b>                | Comprometido — compartimentación posiblemente fallida por heridas antiguas y edad avanzada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Cáscara estructural</b>  | <b>Delgada e irregular</b> , estimada en 9–15 cm según resistograma 075 (t/R ratio 0,15–0,25). En la zona de bifurcación la cáscara es aún más delgada, ya que la inclusión de corteza, se reduce adicionalmente el espesor de madera continua entre los ejes. La corteza exterior presenta zonas de desprendimiento parcial, fisuras longitudinales superficiales y sectores con pérdida de adherencia, especialmente visible en la cara oscura del eje derecho |
| <b>Riesgo de splitting</b>  | La hendidura longitudinal es MUY ALTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

La arquitectura multicaule con uniones en V y posible “inclusión de corteza” observada en la Figura 2 constituye el principal factor de riesgo estructural. Esta configuración impide la formación de tejido de fusión resistente, haciendo que los ejes actúen como elementos independientes. Ante un evento de viento, estas uniones son los puntos más probables de fractura. La combinación con degradación interna del 65–75% del área seccional configura el escenario de mayor riesgo posible en arboricultura urbana.

## 6. ESTADO DE RAÍCES Y CUELLO

| Estado general               | Regular a Deficiente                                                            |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Compactación de suelo</b> | Alta — pavimento de adoquines perimetral, alta impermeabilización superficial   |
| <b>Cuello del árbol</b>      | Posiblemente enterrado o con acumulación de material — requiere descolmatación  |
| <b>Hongos basales</b>        | No evidenciados visualmente; no descartables por pudrición interna detectada    |
| <b>Asfixia radicular</b>     | Probable — condición crónica por urbanización y pavimentación perimetral        |
| <b>Raíces estructurales</b>  | Posiblemente interferidas por instalaciones de servicios urbanos                |
| <b>Anclaje radical</b>       | Posiblemente reducido — asfixia crónica debilita el sistema de anclaje al suelo |

Las condiciones de suelo urbano compactado e impermeabilizado generan asfixia radicular crónica, favoreciendo el ingreso de patógenos fúngicos al cuello y la merma del vigor general. En el Maitén, especie que requiere suelos bien aireados, estas condiciones actúan como factor predisponente principal para el desarrollo de pudriciones basales y la reducción del anclaje estructural.

## 7. PLAGAS DETECTADAS

Para *Maytenus boaria* en ambientes urbanos del sur de Chile, las plagas más frecuentes en ejemplares de gran tamaño con compromiso estructural son:

- Coleópteros xilófagos (barrenadores): *Hylesinus* sp. y otros escolítidos secundarios — establecimiento facilitado por la pudrición interna. Generan galerías bajo corteza compatibles con las irregularidades del resistograma.
- Anóbidos y cerambícidos secundarios (*Arhopalus* spp.): frecuentes en madera degradada con baja resistencia; aceleran la pérdida de integridad mecánica.
- Áfidos de rama (*Aphis* sp.) y escamas armadas (*Lepidosaphes* sp.): frecuentes en ramas debilitadas de Celastraceae bajo condiciones de estrés.
- Actividad de xilófagos internos: sospechada por oscilaciones irregulares en zona intermedia del resistograma — requiere confirmación con inspección de galerías en corteza y muestreo de madera.

El estado de debilitamiento crónico lo hace altamente susceptible a ataques oportunistas de insectos xilófagos. La pudrición activa facilita el establecimiento de barrenadores secundarios, acelerando el deterioro estructural del fuste.

## 8. ENFERMEDADES Y PATÓGENOS

|                                   |                                                                                                                          |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Diagnóstico principal</b>      | Pudrición interna activa de la madera — severidad ALTA                                                                   |
| <b>Agentes causales probables</b> | Basidiomicetos: <i>Phellinus</i> sp., <i>Fomitopsis</i> sp. (parda) o <i>Ganoderma</i> sp., <i>Trametes</i> sp. (blanca) |
| <b>Mecanismo de daño</b>          | Descomposición de celulosa y/o lignina — pérdida progresiva e irreversible de resistencia mecánica                       |
| <b>Cancros fúngicos</b>           | Posibles en ramas con dieback apical ( <i>Botryosphaeria</i> sp., <i>Diaporthe</i> sp.)                                  |
| <b>Líquenes y musgos</b>          | Presentes en corteza (Figura 2) — microclima húmedo favorable a hongos patógenos                                         |
| <b>Severidad global</b>           | ALTA                                                                                                                     |

El perfil resistográfico 075 es coherente con la ecología de las pudriciones fúngicas en Celastraceae. La combinación de alta edad, heridas antiguas sin compartimentación efectiva, asfixia radicular y microclima húmedo constituye el conjunto de factores predisponentes más favorable para el avance de hongos de pudrición de madera. Se recomienda confirmación micológica mediante muestreo de madera para determinar el agente causal con precisión.

## 9. EVALUACIÓN DE RIESGO (MATRIZ ISA)

| FACTOR                              | VALORACIÓN                                                                                                  | NIVEL                |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Probabilidad de falla               | Degradación 65–75% área seccional — $t/R \approx 0,15-0,25$ , bajo umbral crítico 0,30 (Mattheck & Breloer) | <b>MUY ALTA</b>      |
| Tamaño de la parte que puede fallar | Fuste completo 27,8 m o ramas primarias de gran porte                                                       | <b>SIGNIFICATIVO</b> |
| Zona de impacto                     | Plaza pública con tránsito peatonal intenso, bancas, calzada vehicular y área urbana consolidada            | <b>CRITICA</b>       |
| Consecuencias en caso de falla      | Daño grave o mortal a personas, vehículos, infraestructura y responsabilidad legal municipal                | <b>SEVERAS</b>       |

### NIVEL DE RIESGO GLOBAL: ALTO

## 10. PROBABILIDAD DE FALLA Y ZONA DE IMPACTO

La probabilidad de falla estructural se clasifica como Muy Alta, considerando los siguientes factores concurrentes y acumulativos:

- $t/R$  ratio estimado entre 0,15 y 0,25 — significativamente por debajo del umbral crítico de 0,30 según criterio Mattheck & Breloer. La degradación comienza desde la periferia del fuste, lo que agrava el diagnóstico respecto a estimaciones preliminares.
- Pudrición interna extensa que afecta el 65–75% del área de sección transversal, confirmada instrumentalmente por resistógrafo (archivo 075).
- Arquitectura multicaule con ejes codominantes y uniones en V con posible bark-inclusion — principal factor de riesgo de hendidura estructural bajo carga de viento (Figura 2).
- Altura total de 27,8 m que genera elevado momento flector en la base y en los puntos de unión ante eventos de viento.
- Alta exposición a viento y precipitaciones intensas en Puerto Varas, Región de Los Lagos — zona de alta recurrencia de eventos climáticos severos.
- Antecedente de tornado del 25 de mayo de 2025 que puede haber generado daño estructural adicional no visible externamente en las uniones codominantes.

- Presencia de brotes epicórmicos como indicador de declive activo y respuesta de emergencia del ejemplar.

Zona de impacto en caso de colapso: radio de caída estimado de 28–32 m (equivalente a la altura total más el radio de las ramas principales), abarcando acera, calzada vehicular, bancas, luminarias y áreas de permanencia de personas de la Plaza de Armas.

## 11. CONSECUENCIAS EN CASO DE FALLA

|                               |                                                                                               |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Daño a personas</b>        | MUY ALTO — zona de alto tránsito y permanencia peatonal en plaza pública de uso intensivo     |
| <b>Daño a vehículos</b>       | ALTO — calzada y estacionamientos dentro del radio de caída estimado (28–32 m)                |
| <b>Daño a infraestructura</b> | ALTO — luminarias, bancas, pavimentos, mobiliario urbano, posibles edificaciones próximas     |
| <b>Responsabilidad legal</b>  | MUY ALTA — el municipio de Puerto Varas es propietario y responsable del arbolado de la plaza |
| <b>Pérdida patrimonial</b>    | ALTA — ejemplar de 120–200 años, potencial árbol patrimonial bajo Ley N° 20.599               |

## 12. RECOMENDACIONES DE MANEJO

### 12.1 Manejo Silvícola

- Contratación inmediata de arborista certificado (ISA Certified Arborist o equivalente) con equipo de trabajo en altura para evaluación técnica complementaria y corroboración del diagnóstico resistográfico.
- Instalación prioritaria de sistemas de tensado y apuntalamiento dinámico (cabling & bracing) en ramas codominantes principales — esta acción debe preceder a cualquier poda de copa para evitar hendidura durante la intervención.
- Poda de reducción de copa (25–35% del follaje total): reducir la carga aerodinámica sobre el fuste comprometido. No superar el límite de extracción recomendado para la especie en un solo evento.
- Eliminación urgente de ramas muertas, codominantes con ángulos de inserción peligrosos y ramas con dieback activo — prioridad inmediata de seguridad.
- Evaluación directa de la extensión de la pudrición mediante inspección con cuña de madera y/o tomografía sónica, previa a cualquier decisión de manejo definitiva.

- Descolmatación del cuello: retirar material acumulado, tierra o pavimento en contacto con la base del fuste para mejorar aireación radicular.
- Mejora del sustrato radicular: perforación radial de aireación (soil aeration) e incorporación de compost bajo la proyección de copa.

## 12.2 Urgencia de Intervención

**URGENCIA: MUY ALTA — INTERVENCIÓN INMEDIATA (< 72 HORAS PARA ACORDONAMIENTO)**

- INMEDIATO (0–72 horas): Señalización preventiva y acordonamiento del área de riesgo con radio mínimo de 30 m, especialmente durante condiciones de viento o precipitación. Restricción total de acceso peatonal bajo el dosel del árbol.
- CORTO PLAZO (< 15 días): Contratación de arborista certificado con equipo de altura para evaluación técnica complementaria y ejecución de tensado de ramas codominantes principales.
- CORTO PLAZO (< 30 días): Poda de reducción y eliminación de ramas en riesgo inmediato (muertas, codominantes críticas).
- EVALUACIÓN DE EXTRACCIÓN: Si la inspección directa confirma degradación > 70% del área seccional o si el tensado no es viable, la remoción total del ejemplar debe evaluarse con los antecedentes técnicos completos y reposición con especie nativa equivalente.

## 12.3 Tratamientos Fitosanitarios

- Aplicación de fungicidas sistémicos (tiofanato metilo o propiconazol) mediante inyección directa al xilema (sistema Arborjet, Mauget o similar) para frenar el avance de la pudrición fúngica activa en el duramen.
- Sellado de heridas y cortes de poda con pasta cicatrizante con base de cobre o trichoderma — evitar productos asfálticos que impiden la cicatrización natural.
- Tratamiento de suelo con Trichoderma harzianum como biocontrol de hongos del suelo (Phytophthora, Fusarium) en zona radicular, aplicado en perforaciones de aireación.
- Si se confirman coleópteros xilófagos por inspección directa de galerías: insecticida sistémico (imidacloprid) por inyección al suelo o fuste, según protocolo profesional y normativa vigente.
- Fertilización foliar con micronutrientes (zinc, hierro, manganeso) para apoyar la recuperación del vigor foliar y la respuesta inmune natural del árbol.

### 13. MONITOREO POSTERIOR

| ACCIÓN                                          | FRECUENCIA/PLAZO                  |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Señalización preventiva                         | Inmediato                         |
| Inspección visual general del árbol             | Cada 3 meses                      |
| Nueva evaluación resistográfica (código 075)    | A los 12 meses                    |
| Evaluación de copa y crecimiento foliar         | Cada 6 meses (primavera/otoño)    |
| Revisión del sistema de tensado (si se instala) | Cada 6 meses                      |
| Fotografía documental georreferenciada          | En cada visita                    |
| Revisión de tratamientos fitosanitarios         | A los 3 y 6 meses post-aplicación |

### 14. CONSIDERACIONES PATRIMONIALES Y LEGALES

***Maytenus boaria*** es una especie nativa protegida en Chile. Un ejemplar de DAP 120 cm, altura 27,8 m y edad relativa estimada entre 120 y 200 años constituye un árbol de alto valor patrimonial, ecológico y paisajístico para Puerto Varas y la Región de Los Lagos.

- Gestionar declaratoria de árbol patrimonial ante el Municipio de Puerto Varas en el marco de la Ley N° 20.599 o instrumentos municipales equivalentes, considerando la edad estimada y el porte del individuo.
- Cualquier intervención de poda mayor (> 30% del follaje) o eventual extracción debe contar con autorización de la CONAF y/o el Municipio, según normativa vigente.
- Documentar el estado actual con informe técnico firmado por profesional habilitado antes de cualquier intervención mayor, para respaldar la decisión de manejo y deslindar responsabilidades institucionales.
- El presente informe puede ser anexado a la gestión municipal post-emergencia tornado del 25 de mayo de 2025.
- En caso de extracción técnicamente justificada, planificar reposición con al menos 3 ejemplares de especie nativa equivalente (Maitén adulto, Roble pellín, Coigüe), con plan de riego y cuidado durante establecimiento mínimo de 3 años.

## 15. RESUMEN COMPARATIVO DE PRIORIDAD – ARBOLADO PLAZA DE ARMAS

La siguiente tabla integra los resultados de los ejemplares evaluados en la Plaza de Armas de Puerto Varas, ordenados por nivel de riesgo y urgencia de intervención, para orientar la toma de decisiones del municipio en cuanto a la priorización de acciones de seguridad o eliminación del arbolado urbano.

| CÓDIGO                   | ESPECIE                     | DAP / ALT.    | DEGRAD. INTERNA | RIESGO          | ACCIÓN PRIORITARIA                             |
|--------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------------------------------------|
| ULMO-001<br><b>066</b>   | <i>Eucryphia cordifolia</i> | 110cm / 13m   | 55–65%          | <b>ALTO</b>     | Intervención < 30 días.<br>Evaluar extracción  |
| MAITEN-001<br><b>071</b> | <i>Maytenus boaria</i>      | 120cm / 27,8m | 65–75% $\Delta$ | <b>MUY ALTO</b> | INMEDIATA.<br>Acordonar.<br>Evaluar extracción |
| ULMO-002<br><b>067</b>   | <i>Eucryphia cordifolia</i> | 36cm / 8,9m   | Alta (ext.)     | <b>ALTO</b>     | Poda + tratamiento fúngico < 60 días           |

Tabla detallada de parámetros de seguridad por ejemplar:

| PARÁMETRO              | ULMO-001 (DAP 110cm) 066 | MAITÉN-001 (DAP 120cm) 071 | ULMO-002 (DAP 36cm) 067 |
|------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Degradación interna    | 55–65%                   | 65–75%                     | Alta (ext.)             |
| t/R radio estimado     | 0,27–0,33                | 0,15–0,25                  | N/D                     |
| Riesgo de falla        | <b>ALTA</b>              | <b>MUY ALTA</b>            | <b>ALTA</b>             |
| Radio de impacto caída | ~13–15 m                 | ~28–32 m                   | ~9–10 m                 |
| Urgencia intervención  | <b>&lt; 30 días</b>      | <b>INMEDIATA</b>           | <b>&lt; 60 días</b>     |

|                        |      |               |      |
|------------------------|------|---------------|------|
| Prioridad de seguridad | N° 2 | N° 1 — MÁXIMA | N° 3 |
|------------------------|------|---------------|------|

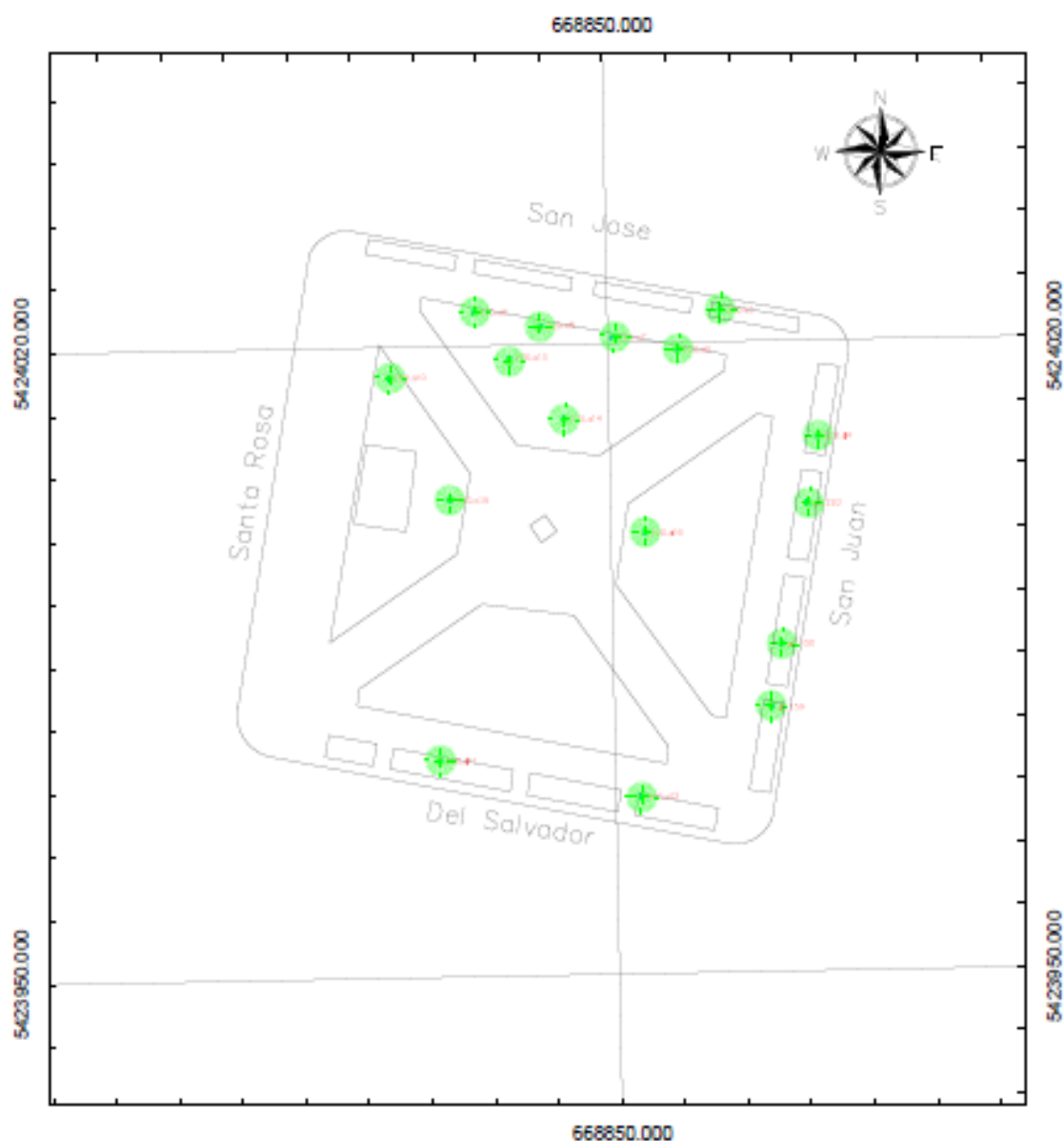
Nota técnica: El MAITÉN-001 presenta la mayor prioridad de seguridad del arbolado evaluado, dada la combinación única de mayor radio de impacto potencial (27,8 m de altura), mayor porcentaje de degradación interna (65–75%), t/R ratio más bajo, y arquitectura multicaule con uniones en V de alto riesgo. Su intervención no admite demora. El ULMO-001 es la segunda prioridad por proximidad a área de alto tránsito y degradación documentada. El ULMO-002, aunque con menor riesgo estructural inmediato, requiere intervención fitosanitaria antes de 60 días para frenar el deterioro activo.

## 16. CARTOGRAFÍA Y VUELO DE DRON — PLAZA DE ARMAS

Se presenta la cartografía georreferenciada del arbolado de la Plaza de Armas de Puerto Varas, generada a partir de levantamiento con GPS de precisión y vuelo de dron. Los puntos verdes corresponden a los árboles catastrados. Sistema de referencia: UTM WGS84, Zona 18 Sur.

### 16.1 Plano Catastral Georreferenciado (CAD)

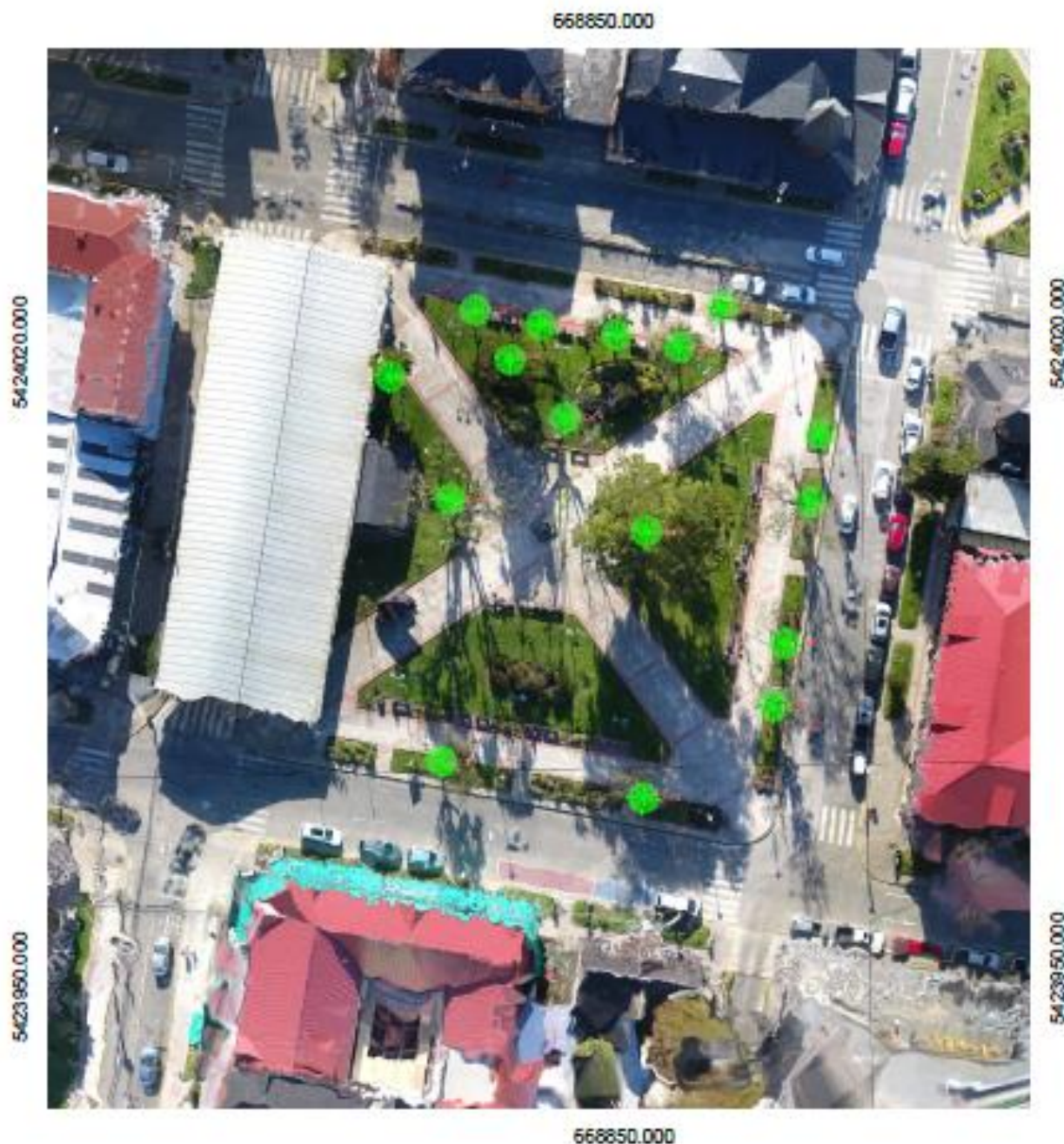
Plano vectorial generado en AutoCAD Civil con ubicación georreferenciada de todos los árboles y de cada árbol analizado (10) y estructura de la Plaza de Armas. Coordenadas UTM 18G — 668850 E / 5423950-5424020 N.



**Figura 1. Plano catastral georreferenciado — Arbolado Plaza de Armas, Puerto Varas.**  
**Fuente: Geoforestal Servicios Limitada, 2026.**

## 16.2 Ortofoto — Vuelo de Dron

Ortofoto aérea de alta resolución obtenida mediante vuelo de dron sobre la Plaza de Armas de Puerto Varas. Se identifican los árboles catastrados (puntos verdes) en su contexto urbano real, permitiendo validar la ubicación espacial de cada individuo arbóreo de la Plaza incluyendo los evaluados, los Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) y Maitén (*Maytenus boaria*) objeto del presente informe fitosanitario.



**Figura 2. Ortofoto aérea obtenida mediante vuelo de dron — Arbolado Plaza de Armas, Puerto Varas. Fuente: Geoforestal Servicios Limitada, 2025.**

Nota técnica: La ortofoto y el plano catastral forman parte del producto "Ortofotografía" y "Plano General de Ubicación" comprometidos en la Propuesta Técnica de Geoforestal Servicios Limitada

(Mayo 2026), en respuesta a la Compra Ágil de la I. Municipalidad de Puerto Varas para el Estudio Fitosanitario de la Plaza de Armas, post evento climático del 25 de mayo de 2025.



**FIRMA PROFESIONAL RESPONSABLE**

**Cecilia Andrea Salas Urrutia**

Magister en Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial

Ingeniero Forestal

Topógrafo

Auditor Líder ISO 9.001 - 14.001 y OHSAS 18.001

Perito Judicial (Forestal, Topógrafo y Ambiental)

Tasador Urbano y Rural

Geoforestal Servicios Limitada — RUT 78.057.294-9

Puerto Varas, Junio 2026

---

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS TÉCNICAS

---

### 1. Evaluación estructural y resistografía

- Mattheck, C. & Breloer, H. (1994). *The Body Language of Trees: A Handbook for Failure Analysis*. The Stationery Office, London, UK. 240 pp. [Base teórica del criterio  $t/R$  ratio aplicado en sección 3 y 9]
- Mattheck, C. (1996). *Trees: The Mechanical Design*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 121 pp. [Umbral crítico  $t/R = 0,30$  para evaluación de estabilidad arbórea]
- Rinn, F. (2012). *RESISTOGRAPH® Handbook: Decay and Density Assessment in Trees and Wood*. RINNTECH e.K., Heidelberg, Germany. [Instrumento utilizado: archivo 075, aguja 500 mm, evaluación Maitén DAP 120 cm]
- Smiley, E.T., Matheny, N. & Lilly, S. (2011). *A Photographic Guide to the Evaluation of Hazard Trees in Urban Areas*. 2nd Edition. International Society of Arboriculture (ISA), Champaign, Illinois, USA. 85 pp. [Marco metodológico de evaluación de riesgo — sección 9]
- Smiley, E.T., Matheny, N. & Lilly, S. (2007). *Best Management Practices: Tree Risk Assessment*. ISA, Champaign, Illinois, USA. [Matriz ISA de evaluación de riesgo aplicada en sección 9]
- Detter, A. & Rust, S. (2013). Findings from Recent Research on Bending Stress in Trees. Proceedings 8th International Conference on Urban Trees, Stuttgart, Germany. [Validación del umbral crítico  $t/R = 0,30$ ]

### 2. Fitopatología y enfermedades fúngicas en árboles

- Shigo, A.L. (1986). *A New Tree Biology: Facts, Photos and Philosophies on Trees and Their Problems and Proper Care*. Shigo and Trees Associates, Durham, New Hampshire, USA. 595 pp. [Base del sistema CODIT aplicado en sección 8 — compartimentación de la pudrición]
- Shigo, A.L. (1989). *Tree Pruning: A Worldwide Photo Guide*. Shigo and Trees Associates, Durham, New Hampshire, USA. 186 pp. [Protocolos de manejo de heridas y compartimentación]
- Blanchette, R.A. (1991). *Annual Review of Phytopathology*, Delignification by wood-decay fungi. 29: 381–398. [Agentes de pudrición parda y blanca — *Phellinus* sp., *Fomitopsis* sp., *Ganoderma* sp., *Trametes* sp.]
- González, G. & Palfner, G. (2006). *Diversidad de hongos xilófagos y su asociación con árboles nativos del sur de Chile*. Gayana Botánica 63(1): 12–28. [Contexto fúngico para especies nativas de la Región de Los Lagos, incluyendo Celastraceae]

### 3. Silvicultura urbana y manejo de arbolado

- Miller, R.W. (1997). *Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces*. 2nd Edition. Prentice Hall, New Jersey, USA. 502 pp.
- Matheny, N.P. & Clark, J.R. (1994). *A Photographic Guide to the Evaluation of Hazard Trees in Urban Areas*. ISA, Champaign, Illinois, USA.
- Lilly, S. (2010). *Arborists' Certification Study Guide*. 3rd Edition. ISA, Champaign, Illinois, USA. 222 pp. [Referencia general de manejo arbóreo, sistemas de tensado cabling & bracing y poda de reducción]
- CONAF (2018). *Manual de Silvicultura Urbana para Chile*. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. [Criterios de manejo para arbolado urbano en Chile]

### 4. Botánica y ecología de *Maytenus boaria* (Maitén)

- Donoso, C. (2006). *Árboles nativos de Chile*. 4ª edición. Marisa Cué Editores, Valparaíso. 136 pp. [Referencia de *Maytenus boaria* — tasa de crecimiento, longevidad y hábitat natural]
- Hoffmann, A.E. (1998). *Flora silvestre de Chile, zona sur*. 4ª edición. Ediciones Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile. 255 pp.
- Rodríguez, R., Matthei, O. & Quezada, M. (1983). *Flora arbórea de Chile*. Editorial de la Universidad de Concepción, Chile. 408 pp.

### 5. Normativa y legislación aplicable

- Ministerio Secretaría General de Gobierno, Chile (2012). *Ley N° 20.599: Prohíbe la corta o descepa de árboles en áreas urbanas*. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago. [Marco legal para intervención de arbolado urbano nativo — sección 14]
- Ministerio de Agricultura, Chile (1974). *Decreto Ley N° 701: Sobre fomento forestal y regulación de cortas*. CONAF, Santiago, Chile. [Regulación de intervención de especies nativas]
- International Society of Arboriculture (ISA) (2013). *Tree Risk Assessment Manual*. ISA, Champaign, Illinois, USA. 194 pp. [Metodología estándar internacional aplicada en evaluación de riesgo — sección 9]

### 6. Instrumentación y tecnología de diagnóstico

- RINNTech e.K. (2022). *RESISTOGRAPH® Model R650-SC: Technical Manual and Operating Instructions*. RINNTech e.K., Heidelberg, Germany. [Instrumento aplicado en evaluación — archivo 075, aguja 500 mm]
- Argües, H. & Karahalil, U. (2015). *International Journal of Forest Engineering*, Utilization of Resistograph in Forest Management. 26(2): 1–10.

Deflorio, G., Fink, S. & Schwarze, F.W.M.R. (2008). *Wood Science and Technology*, Detection of incipient decay in tree stems with sonic tomography after wounding and fungal inoculation. 42: 117–132. [Tomógrafo sónico PiCUS recomendado como complemento diagnóstico]