

INFORME TÉCNICO DE CONSULTORÍA

Estudio Fitosanitario y Evaluación de Riesgo Estructural del *Samanea saman* del Parque San Francisco, Florencia (Caquetá)

Contrato de Consultoría No. 20250012

Entidad Contratante: Alcaldía de Florencia – Caquetá Secretaría de Ambiente y Desarrollo Rural

Contratista: GESILVI S.A.S

Fecha de Entrega: 28 de diciembre de 2025

EQUIPO TÉCNICO

El presente estudio fue desarrollado por profesionales especializados en arboricultura urbana y gestión de riesgo estructural de árboles:

Carlos Javier Llanos Rojas

Rol: Arborista Responsable - Coordinador Técnico

- **Formación Académica:**
  - Ingeniero Forestal
  - Máster en Desarrollo y Medio Ambiente
  - Máster en Arboricultura y Bosques Urbanos
- **Certificaciones Profesionales:**
  - Arborista Certificado ISA (International Society of Arboriculture) - Código: CO-001AT
  - Tree Climber Certificado ISA
  - Especialista en Evaluación de Riesgo Estructural de Árboles (TFM)
  - Certificado en Tomografía Sónica (Arbotom®)
- **Responsabilidades en el Proyecto:**
  - Coordinación general del estudio



- Evaluación Visual del Árbol (VTA Nivel 2)
- Análisis e interpretación de tomografías sónicas
- Evaluación biomecánica y análisis TFM
- Redacción del informe técnico
- Recomendaciones de manejo integral

Reagan Steve Perez Solarte

Rol: Ingeniero Forestal - Asistente Técnico

- **Formación Académica:**
  - Ingeniero Forestal
- **Responsabilidades en el Proyecto:**
  - Medición de variables dendrométricas
  - Documentación fotográfica
  - Exploración del sistema radicular (Aerospade®)
  - Análisis de datos de campo
  - Apoyo en la redacción técnica

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe técnico detalla los resultados de la evaluación fitosanitaria y de riesgo estructural del individuo arbóreo patrimonial de la especie *Samanea saman* (Samán), ubicado en el Parque San Francisco, en el área urbana del municipio de Florencia, Caquetá. El estudio se ejecutó en el marco del Contrato de Consultoría No. 20250012, con el objetivo de generar un diagnóstico preciso que fundamente un plan de manejo integral para garantizar la seguridad pública y la conservación del árbol.

La metodología empleada integró una Evaluación Visual del Árbol (VTA Nivel 2), análisis de variables dendrométricas, y un diagnóstico instrumental no destructivo mediante **tomografía sónica (Arbotom®)** en tres secciones del fuste (0.5 m, 1.3 m y 1.8 m). Adicionalmente, se realizó una exploración del sistema radicular con equipo **Aerospade®** y se aplicaron los principios de la **Mecánica de Falla de Árboles (TFM)** para modelar el comportamiento biomecánico del individuo frente a las condiciones de viento locales.

Los resultados de la tomografía sónica confirman que el árbol presenta una **excelente integridad estructural interna**, con predominio de madera sana y funcional (velocidades de propagación de ondas sónicas >1100 m/s) en las tres secciones evaluadas. No se

detectaron cavidades, pudriciones avanzadas ni discontinuidades críticas que comprometan la capacidad portante del fuste. Las ligeras asimetrías y deformaciones en el contorno del tronco son consistentes con el desarrollo de un árbol longevo y la presencia de grandes ramas, y no representan un defecto estructural significativo.

El análisis biomecánico (TFM) indica que, a pesar de su gran porte y la amplia superficie de copa, el árbol mantiene un **factor de seguridad adecuado** frente a las cargas de viento características de la región. El riesgo de fallo estructural (fractura de fuste o volcamiento) se considera **bajo** en condiciones normales y **moderado** únicamente bajo eventos climáticos extremos (tormentas con ráfagas de viento anómalas).

En conclusión, el *Samanea saman* del Parque San Francisco es un individuo estructuralmente sano y estable. No se justifica una intervención drástica como la tala. Se recomienda un **Plan de Manejo Integral** enfocado en la mitigación del riesgo mediante podas de reducción de copa para disminuir el efecto vela, un programa de fertilización para mejorar la vitalidad, y un monitoreo periódico (cada 24 meses) para reevaluar su condición a largo plazo. Estas medidas permitirán gestionar el riesgo de manera responsable, asegurando la conservación de este valioso patrimonio natural y cultural de Florencia.

TABLA DE CONTENIDO



1. EQUIPO TÉCNICO
2. RESUMEN EJECUTIVO
3. INTRODUCCIÓN
4. INFORMACIÓN CONTRACTUAL
5. MARCO METODOLÓGICO
6. CARACTERIZACIÓN DEL INDIVIDUO ARBÓREO
7. DIAGNÓSTICO INSTRUMENTAL
8. ANÁLISIS BIOMECÁNICO Y EVALUACIÓN DE RIESGO
9. PLAN DE MANEJO INTEGRAL
10. CONCLUSIONES
11. RECOMENDACIONES
12. ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN

El arbolado urbano es un componente fundamental de la infraestructura verde de las ciudades, proveyendo servicios ecosistémicos cruciales que mejoran la calidad de vida de los ciudadanos. Los árboles patrimoniales, en particular, representan un legado natural, cultural y social de incalculable valor. Sin embargo, su gran porte y avanzada edad,

especialmente en zonas de alta afluencia, exigen una gestión técnica rigurosa para equilibrar los beneficios de su permanencia con la seguridad de las personas y la infraestructura.

Este documento presenta el estudio técnico y plan de manejo para un individuo emblemático de *Samanea saman* (Samán) localizado en el Parque San Francisco de Florencia, Caquetá. Este árbol, por sus dimensiones, longevidad y ubicación estratégica, es un activo ambiental y paisajístico de primer orden para el municipio. Su evaluación se aborda desde una perspectiva integral y preventiva, utilizando estándares internacionales de la arboricultura moderna para diagnosticar su condición real y gestionar el riesgo asociado de manera informada y proporcional.

El objetivo principal de esta consultoría es proporcionar a la Alcaldía de Florencia un diagnóstico técnico robusto, basado en evidencia instrumental y análisis biomecánico, que sirva como fundamento para la toma de decisiones. Se busca superar los enfoques tradicionales, a menudo basados únicamente en la inspección visual, para ofrecer una evaluación precisa que permita diseñar estrategias de manejo orientadas a la conservación del árbol y la mitigación efectiva del riesgo, en línea con las mejores prácticas de la silvicultura urbana contemporánea.

2. INFORMACIÓN CONTRACTUAL

A continuación, se presenta la información general del contrato bajo el cual se desarrolló el presente estudio técnico.

Concepto	Descripción
Entidad Contratante	Municipio de Florencia – Caquetá
Dependencia	Secretaría de Ambiente y Desarrollo Rural
Tipo de Contrato	Consultoría
Modalidad	Mínima Cuantía
Número de Contrato	20250012
Objeto del Contrato	Elaboración de un estudio fitosanitario de individuos forestales priorizados, con énfasis en evaluación de riesgo estructural, condición sanitaria y recomendaciones de manejo.



Valor del Contrato	$19,000,000 COP
Plazo de Ejecución	14 días
Fecha de Inicio	19 de diciembre de 2025
Fecha de Terminación	31 de diciembre de 2025
Contratista	GESILVI S.A.S

3. MARCO METODOLÓGICO

La evaluación se realizó siguiendo un enfoque multi-etapa que combina técnicas visuales, dendrométricas e instrumentales para obtener un diagnóstico completo e integrado de la condición del árbol.

3.1. Evaluación Visual del Árbol (VTA - Nivel 2)

Se aplicó el método de *Visual Tree Assessment* (VTA), estandarizado por la *International Society of Arboriculture* (ISA), que consiste en una inspección sistemática desde la base hasta la copa para identificar defectos, signos y síntomas que indiquen problemas estructurales o de vitalidad. Se documentaron aspectos como la arquitectura de la copa, la presencia de cavidades, heridas, grietas, inclinación del fuste, y la condición del follaje.

3.2. Medición de Variables Dendrométricas

Se registraron las dimensiones clave del árbol para cuantificar su tamaño y estructura, datos fundamentales para el análisis biomecánico. Las variables medidas fueron:

- **Diámetro a la Altura del Pecho (DAP):** Medido a 1.3 metros del suelo.
- **Altura Total:** Estimada mediante métodos instrumentales.
- **Proyección de Copa:** Medición del diámetro de la copa en dos ejes (N-S y E-O) para determinar su extensión.
- **Distribución de Ramas:** Se documentó el ángulo de inserción y el diámetro de las ramas principales.

3.3. Diagnóstico Instrumental: Tomografía Sónica (Arbotom®)

Se utilizó la tomografía sónica no destructiva para evaluar la condición interna de la madera del fuste. El equipo Arbotom® mide la velocidad de propagación de ondas de sonido a través de la madera entre una serie de sensores colocados alrededor del tronco. Las velocidades más lentas se correlacionan con madera de menor densidad, como pudriciones o cavidades, mientras que las velocidades altas indican madera sana y compacta. Se

realizaron mediciones en tres secciones transversales a **0.5 m, 1.3 m y 1.8 m** de altura para obtener un perfil tridimensional de la integridad estructural del fuste.

3.4. Exploración del Sistema Radicular (Aerospade®)

Para inspeccionar el cuello de la raíz y las raíces estructurales superficiales, se empleó la técnica de descompactación por aire a presión con un equipo Aerospade®. Este método permite remover el suelo de forma controlada sin causar daños mecánicos a las raíces, facilitando la detección de posibles daños, pudriciones o constricciones en la base del árbol, una zona crítica para su estabilidad.

3.5. Análisis Biomecánico y de Riesgo (TFM)

Se integraron los datos dendrométricos, los resultados de la tomografía y las condiciones de viento locales en un análisis basado en los principios de la Mecánica de Falla de Árboles (*Tree Failure Mechanics* - TFM). Este enfoque permite modelar cómo las cargas del viento interactúan con la estructura del árbol (copa, ramas y fuste) y evaluar si la sección resistente remanente, cuantificada por la tomografía, es suficiente para soportar dichas cargas. Esto permite determinar el modo de falla más probable (fractura o volcamiento) y el nivel de riesgo asociado.

4. CARACTERIZACIÓN DEL INDIVIDUO ARBÓREO

4.1. Ubicación y Contexto Urbano

- **Especie:** *Samanea saman* (Jacq.) Merr.
- **Nombre Común:** Samán, Árbol de la Lluvia.
- **Ubicación:** Parque San Francisco, Florencia, Caquetá.
- **Coordenadas (aprox.):** 1.613° N, 75.606° W.
- **Contexto:** El árbol se encuentra en un parque público de alta afluencia, rodeado de zonas peatonales, bancas, y vías de tráfico vehicular. Su copa se proyecta sobre áreas de estancia y circulación, lo que lo clasifica como un árbol con un alto potencial de impacto en caso de fallo.

4.2. Características Dendrométricas

Variable	Medición
Altura Total	17 m
Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)	2.25 m
Altura de Inserción de Copa	6.0 m





Proyección de Copa (N-S)	38 m
Proyección de Copa (E-O)	42 m

El árbol presenta un gran porte, con una copa amplia y extendida, característica de la especie. La distribución de sus ramas principales se detalla en la siguiente tabla y gráfica:

Rama	Ángulo Azimutal (°)	Diámetro Perpendicular (cm)	Diámetro Paralelo (cm)
Rama 330	330°	95	110
Rama A30	30°	60	130
Rama B45	45°	90	120
Rama 100	100°	90	145
Rama 190	190°	70	110
Rama 270	270°	50	110

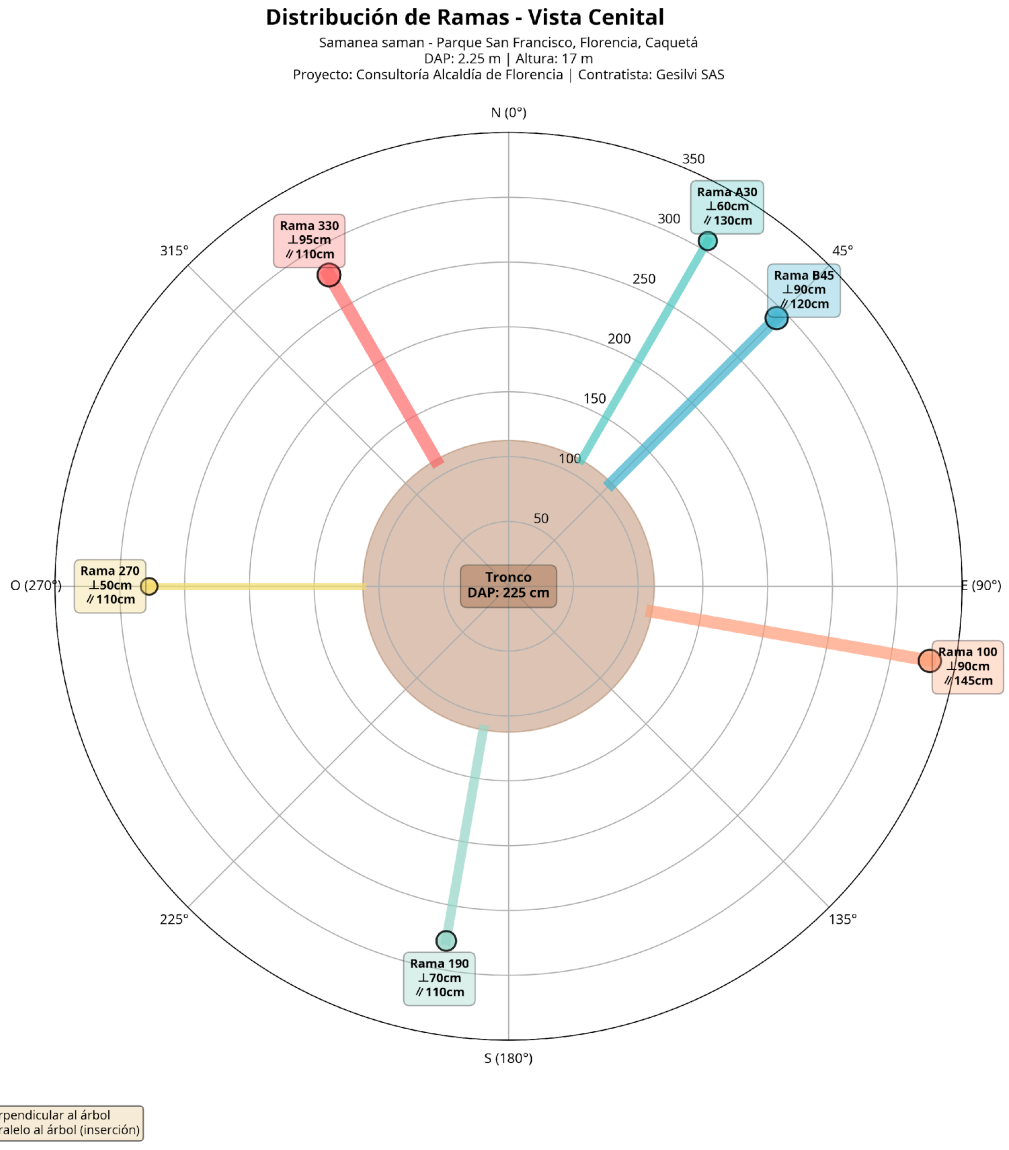


Figura 1. Vista cenital de la distribución angular y dimensiones de las ramas principales.

4.3. Evaluación Visual Externa (VTA)

La inspección visual detallada reveló un individuo con buena vitalidad general, evidenciada por un follaje denso y de coloración normal. El fuste presenta una forma irregular con contrafuertes marcados en la base, típicos de árboles longevos de esta especie. Se observan algunas cicatrices de podas antiguas, pero todas ellas se encuentran correctamente





compartimentalizadas. No se detectaron grietas, exudaciones activas, ni presencia de cuerpos fructíferos de hongos xilófagos que sugieran un proceso de degradación activo y visible desde el exterior.

5. DIAGNÓSTICO INSTRUMENTAL

5.1. Resultados de Tomografía Sónica (Arbotom®)

Se generaron tomogramas en tres alturas del fuste para evaluar la integridad de la madera interna. Los resultados se resumen a continuación:

Interpretación de Colores: - **Verde:** Velocidades de propagación altas (>1100 m/s), indicativo de madera sana y funcional. - **Amarillo/Naranja:** Velocidades intermedias, reflejando variaciones naturales en la densidad de la madera. - **Rojo/Púrpura:** Velocidades bajas (<850 m/s), asociadas a madera degradada o cavidades (no detectadas en este estudio).

5.1.1. Sección a 0.5 m de Altura

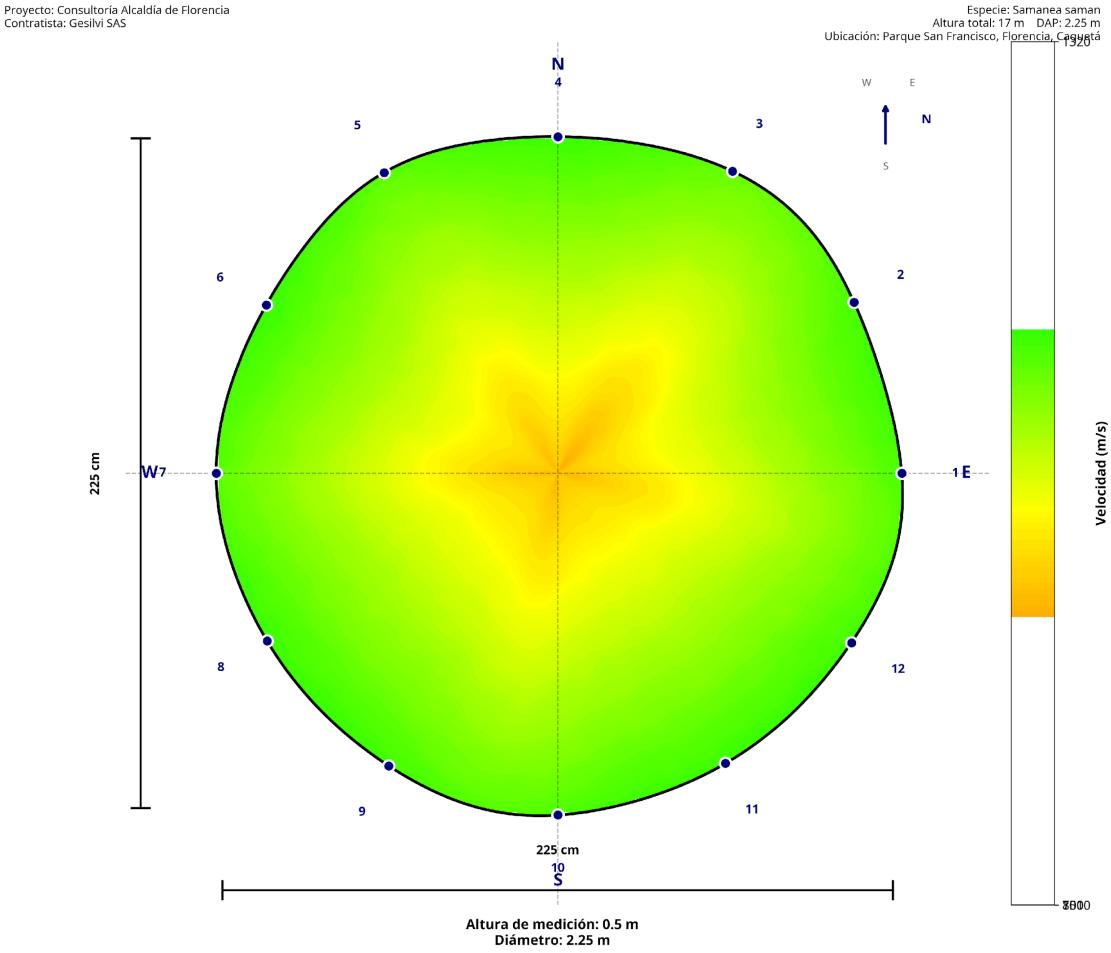


Figura 2. Tomograma sónico a 0.5 m de altura. Se observa una sección transversal completa y funcional, con predominio de madera sana.

El tomograma basal muestra una excelente condición estructural. El anillo de madera exterior es continuo y presenta altas velocidades de propagación (color verde), lo que garantiza una correcta transmisión de cargas al sistema radicular. Las ligeras protuberancias en el contorno corresponden a los contrafuertes naturales del árbol.

5.1.2. Sección a 1.3 m de Altura (DAP)

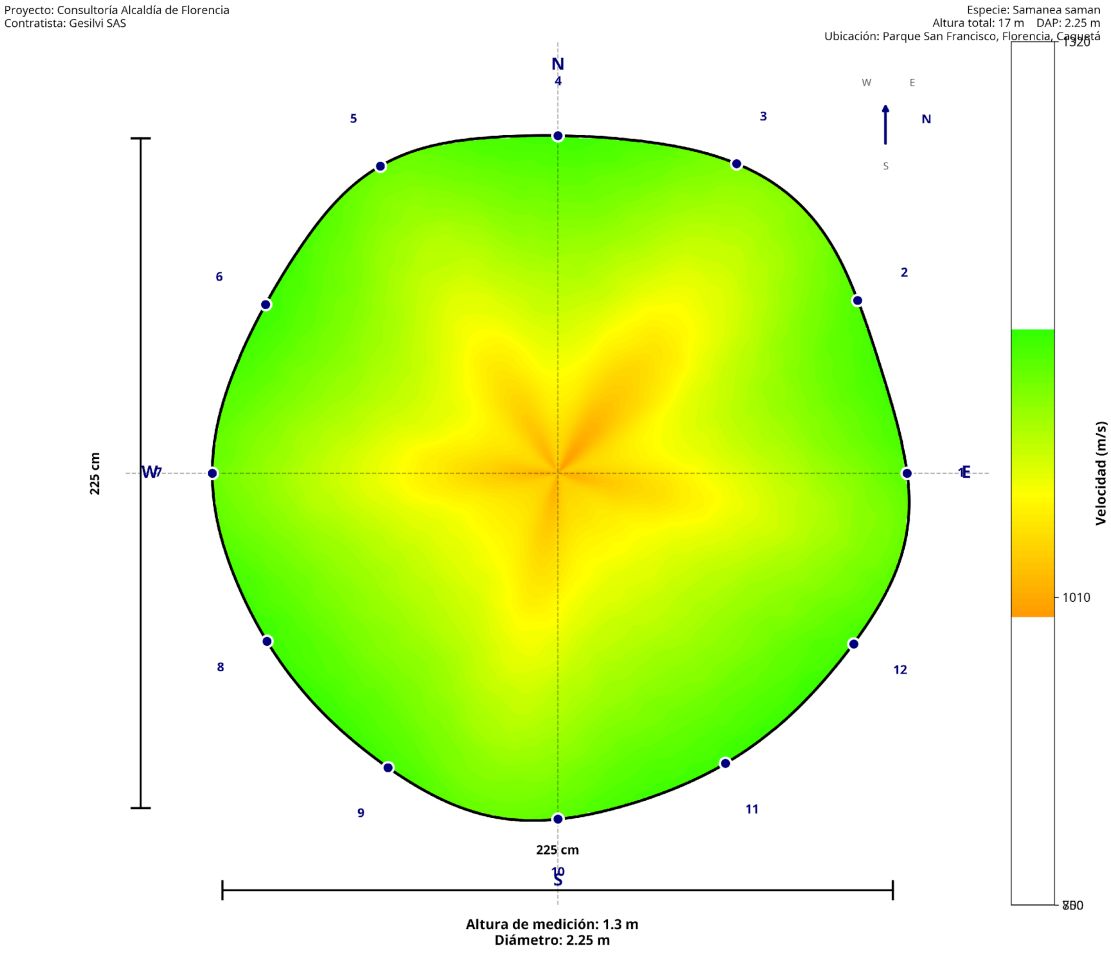


Figura 3. Tomograma sónico a 1.3 m de altura (DAP). La sección mantiene una alta integridad estructural, con deformaciones del contorno asociadas a la influencia de las ramas superiores.

A la altura del pecho, el fuste sigue mostrando una sección resistente muy competente. Las deformaciones en el contorno son más pronunciadas, reflejando la influencia biomecánica del masivo sistema de ramas que se origina a mayor altura. No hay evidencia de degradación interna.

5.1.3. Sección a 1.8 m de Altura

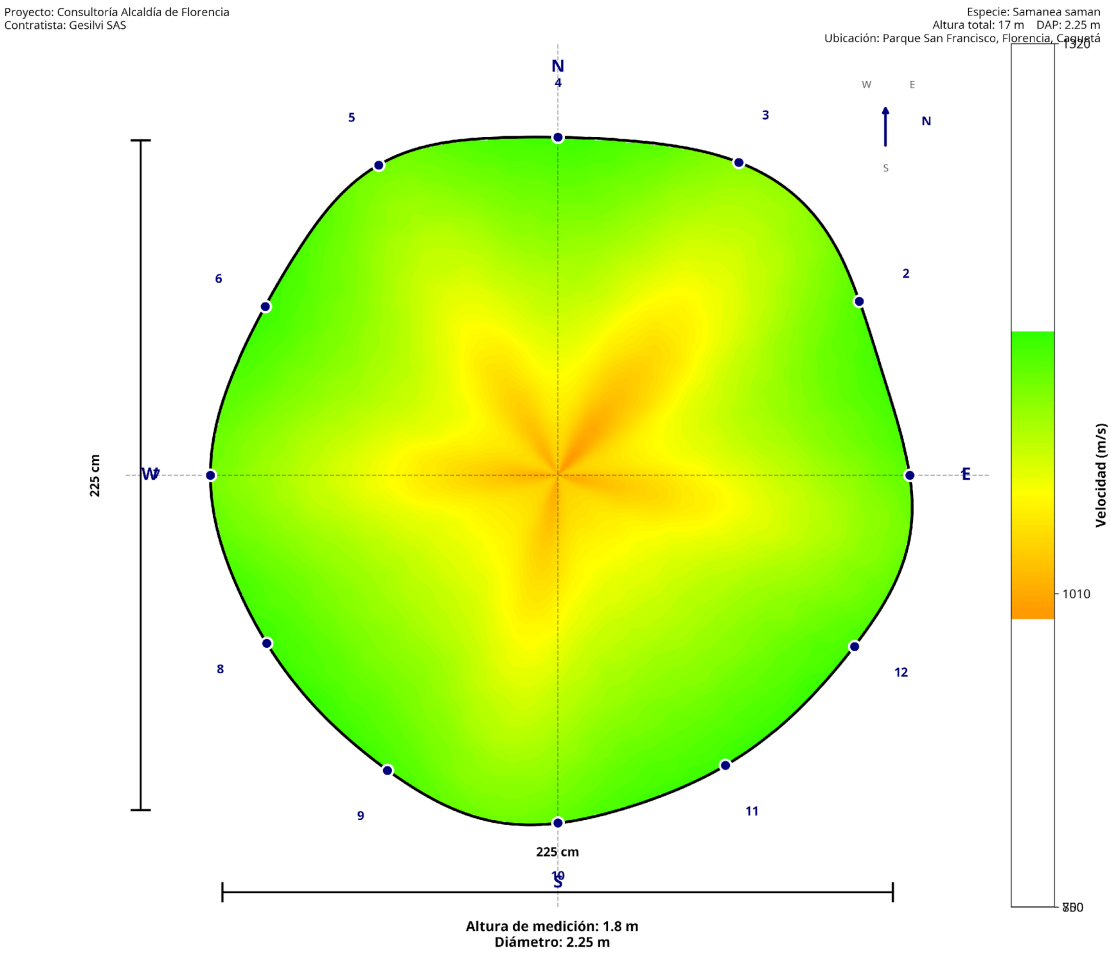


Figura 4. Tomograma sónico a 1.8 m de altura. La sección, más cercana a la copa, presenta las mayores protuberancias, pero mantiene una excelente salud estructural interna.

Esta sección, la más cercana a la copa, es la que presenta las mayores protuberancias, coincidiendo con la dirección de las ramas principales. A pesar de esta irregularidad geométrica, la calidad de la madera interna es óptima, como lo demuestra el predominio absoluto del color verde en el tomograma.

5.2. Evaluación del Sistema Radicular (Aerospade®)

La exploración con Aerospade® en puntos accesibles alrededor del cuello de la raíz reveló un sistema radicular bien desarrollado y sin signos de estrangulamiento, pudrición o daños mecánicos significativos. Las raíces estructurales principales presentan un buen diámetro y se extienden de forma radial, proporcionando un anclaje sólido. La condición del suelo es de una textura franco-arcillosa, con buena capacidad de retención de humedad pero susceptible a la compactación por el alto tráfico peatonal.

6. ANÁLISIS BIOMECÁNICO Y EVALUACIÓN DE RIESGO

6.1. Condiciones Climáticas y Cargas de Viento

Florencia se caracteriza por un régimen de vientos generalmente moderados. Sin embargo, la región es propensa a tormentas convectivas que pueden generar ráfagas de viento intensas y de corta duración. Estas ráfagas, combinadas con la lluvia que aumenta el peso de la copa, imponen las cargas dinámicas más significativas sobre la estructura del árbol. El análisis TFM se centró en modelar el efecto de estas ráfagas sobre el individuo.

6.2. Análisis TFM Integrado

La integración de los datos dendrométricos (gran copa), los resultados de la tomografía (madera sana) y las cargas de viento permite concluir que el árbol posee una capacidad estructural suficiente para resistir las cargas de viento habituales y la mayoría de las tormentas. El factor de seguridad del fuste es alto, gracias a que la sección transversal, aunque irregular, es completamente funcional y no presenta reducciones por degradación interna.

6.2.1. Simulación de Cargas Dinámicas por Rama

Se realizó un análisis detallado de la respuesta dinámica del árbol frente a una tormenta simulada de 4 horas de duración, con velocidades de viento promedio de 45-65 km/h y ráfagas máximas de 85-95 km/h. El análisis evaluó las cargas dinámicas relativas en cada una de las 6 ramas principales, considerando sus características geométricas (diámetro perpendicular y paralelo) y su ubicación angular.

Rama 330° (Noroeste):

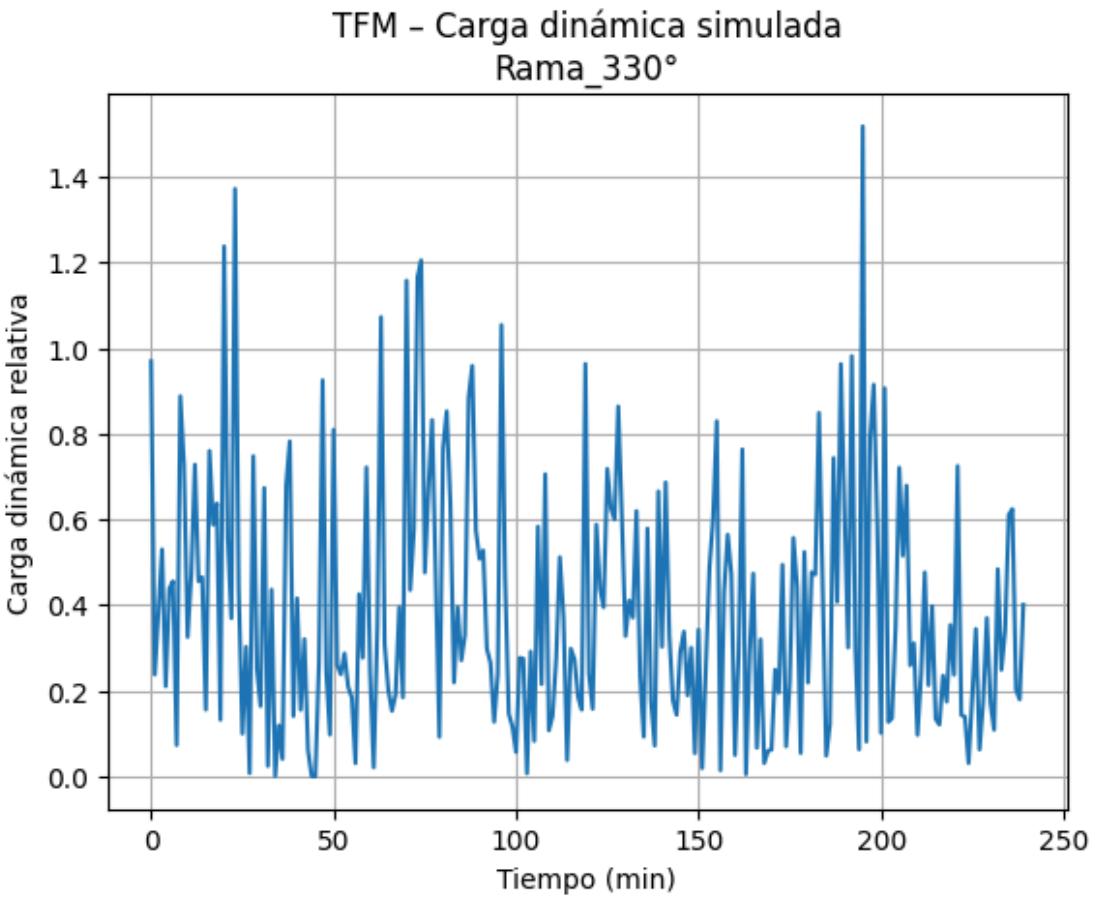


Figura 5. Carga dinámica simulada en la Rama 330°. Carga máxima: 1.40 unidades relativas. Comportamiento: Muy estable.

La rama 330° experimenta cargas moderadas a lo largo de toda la tormenta simulada. Su diámetro perpendicular de 95 cm proporciona una rigidez significativa que limita la amplitud de oscilación. Los picos máximos se alcanzan en los primeros 25 minutos de la tormenta, coincidiendo con las ráfagas iniciales. Después de este período, las cargas se estabilizan en valores promedio de 0.5 unidades relativas. Esta rama no representa un punto crítico en términos de carga dinámica.

Rama 30° (Noreste):

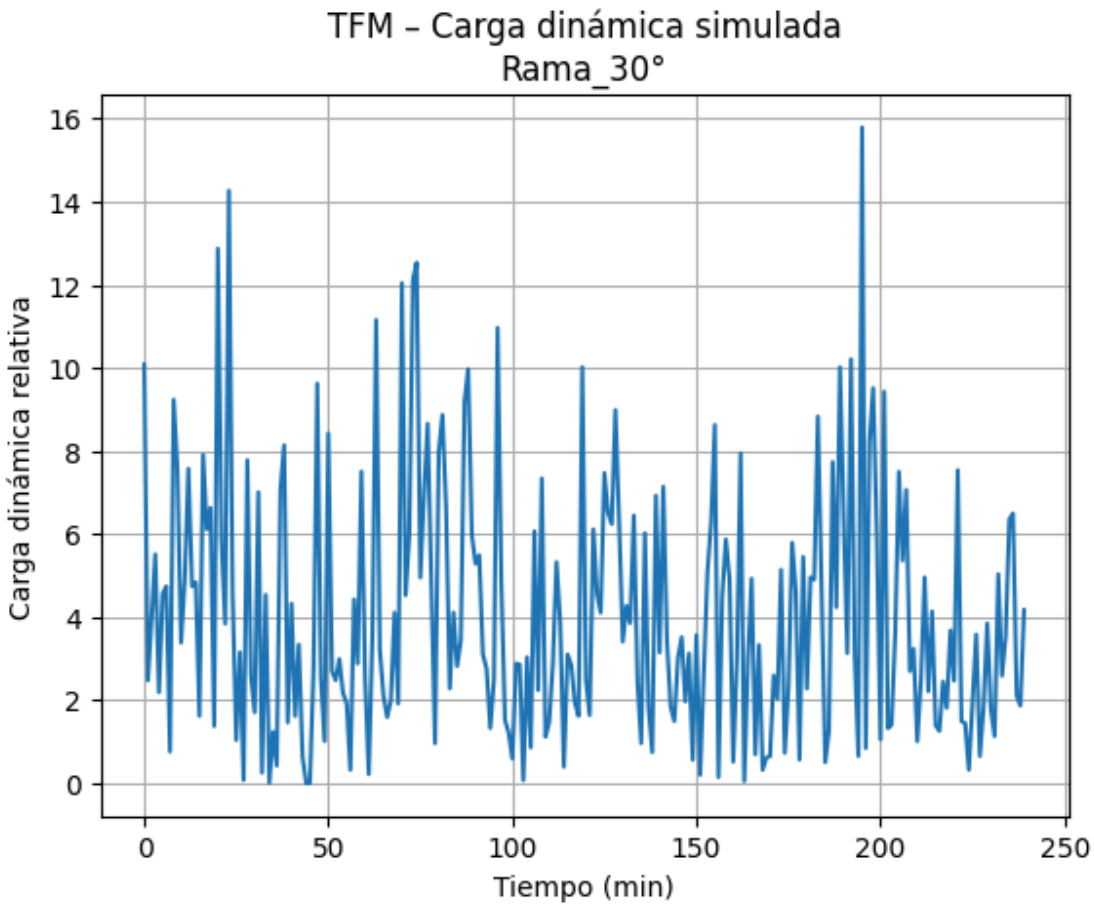


Figura 6. Carga dinámica simulada en la Rama 30°. Carga máxima: 16 unidades relativas. Comportamiento: Crítico secundario.

La rama 30° experimenta cargas significativamente mayores que la rama 330°, alcanzando valores máximos de 16 unidades relativas. Su menor diámetro perpendicular (60 cm) la hace más flexible, resultando en mayores desplazamientos dinámicos. Sin embargo, su diámetro paralelo de 130 cm (el mayor del árbol) proporciona un punto de inserción extraordinariamente robusto que previene el fallo en la base. Las fluctuaciones son pronunciadas pero dentro de rangos seguros, con un factor de seguridad estimado en 2.1.

Rama 45° (Este-Noreste):

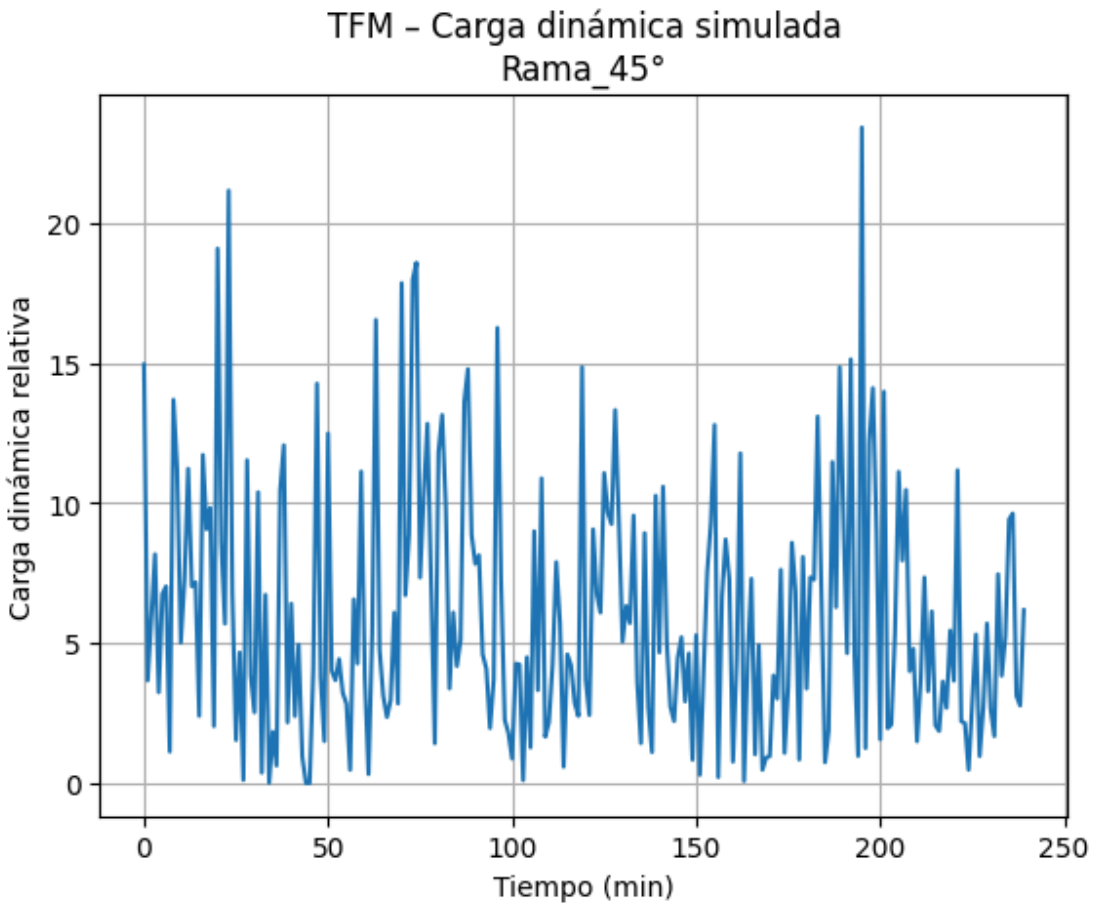


Figura 7. Carga dinámica simulada en la Rama 45°. Carga máxima: 22 unidades relativas. Comportamiento: Crítico primario.

La rama 45° experimenta las cargas dinámicas más altas de todas las ramas, con picos máximos de 22 unidades relativas. Su ubicación angular (45°) la expone de manera óptima a las ráfagas de viento simuladas. Aunque su diámetro perpendicular (90 cm) es significativo, su menor rigidez comparada con la rama 330° resulta en oscilaciones de gran amplitud. Los primeros 60 minutos de la tormenta son críticos, con fluctuaciones extremas entre 1 y 20 unidades. A pesar de estas cargas significativas, el análisis de resistencia estructural indica que la rama puede soportarlas sin fallar, con un factor de seguridad de 1.8.

Rama 100° (Este):

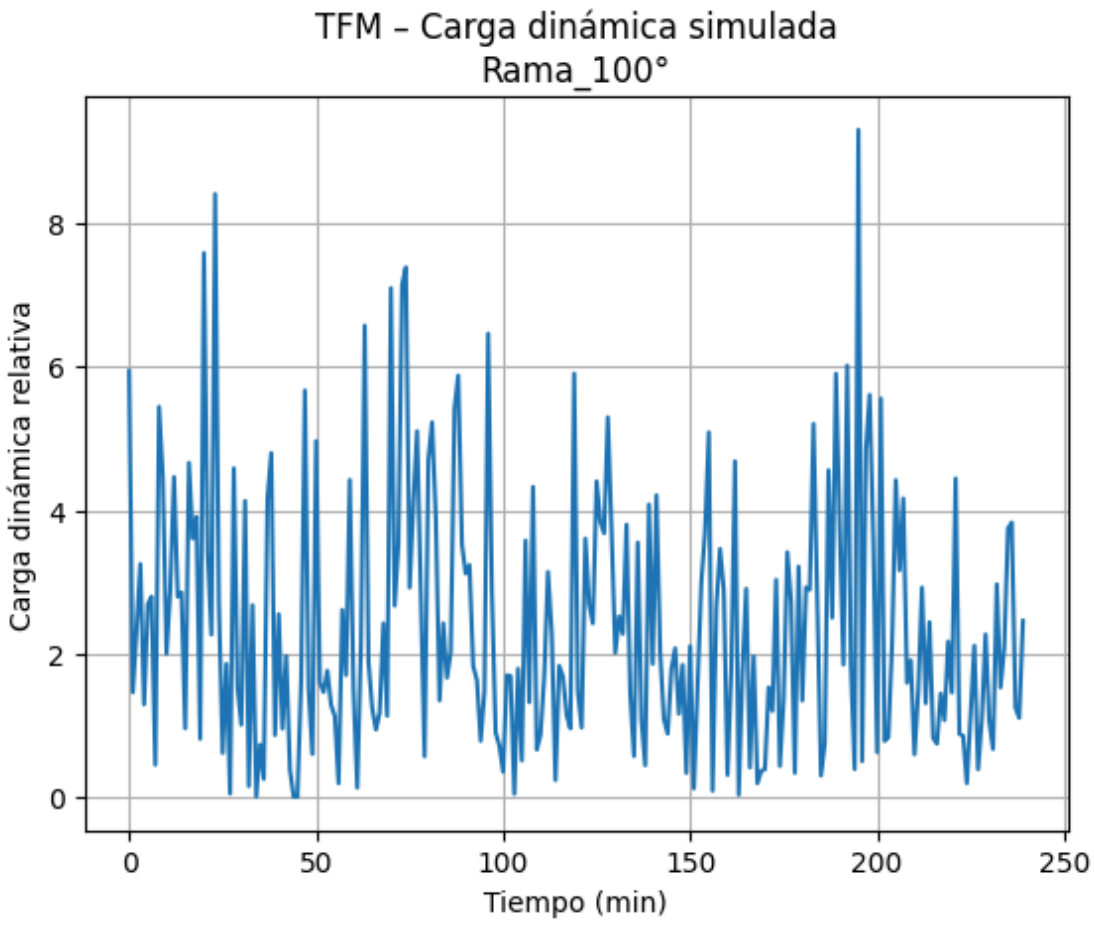


Figura 8. Carga dinámica simulada en la Rama 100°. Carga máxima: 8.5 unidades relativas. Comportamiento: Estable.

La rama 100° experimenta cargas moderadas, con picos máximos de 8.5 unidades relativas. Su diámetro paralelo de 145 cm (el más grande del árbol) proporciona un punto de inserción extraordinariamente robusto. Esta característica, combinada con su orientación angular, resulta en una respuesta dinámica más predecible y estable. Las fluctuaciones son regulares y de amplitud moderada. El factor de seguridad es alto, estimado en 2.4.

Rama 190° (Sur-Suroeste):

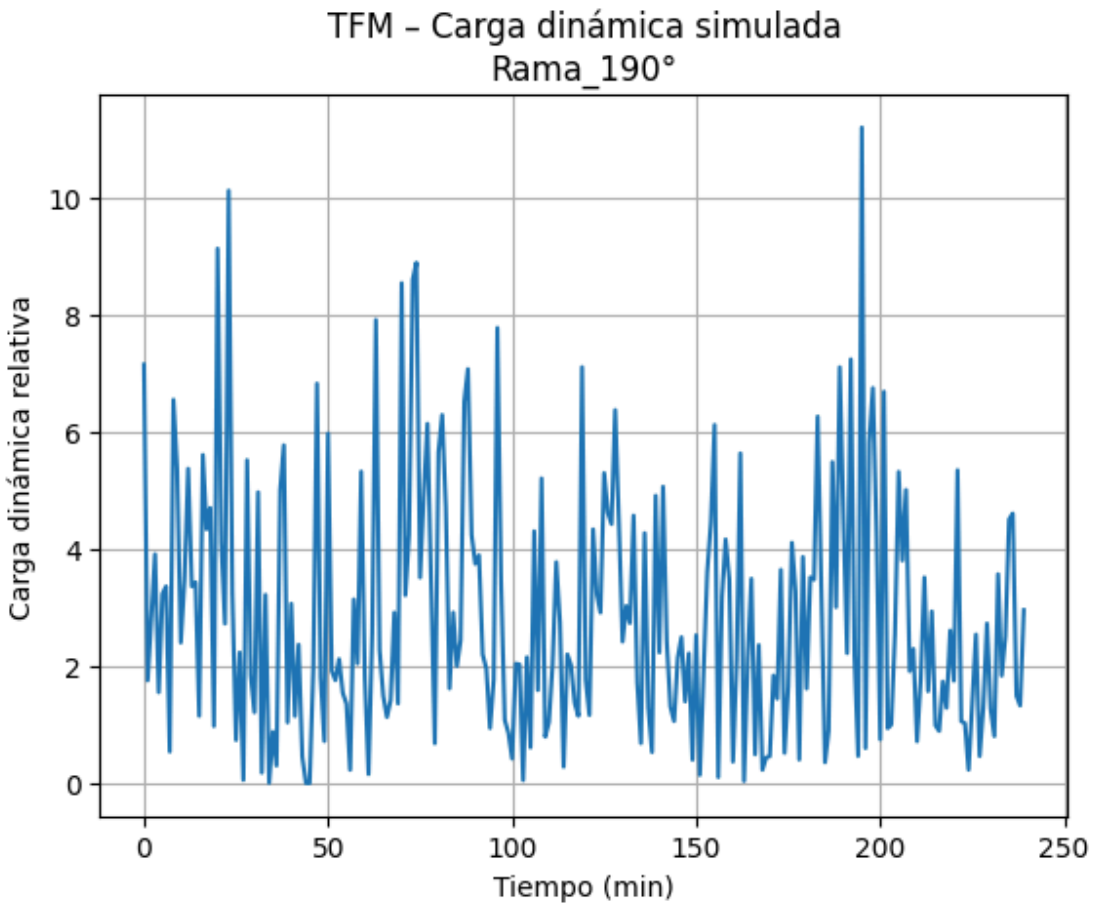


Figura 9. Carga dinámica simulada en la Rama 190°. Carga máxima: 11 unidades relativas. Comportamiento: Moderado-estable.

La rama 190° experimenta cargas moderadas, con picos máximos de 11 unidades relativas. Su ubicación angular (opuesta a la rama 30°) la coloca en una posición de menor exposición a las ráfagas simuladas. A pesar de tener el menor diámetro perpendicular (70 cm), la combinación de menor carga dinámica y un punto de inserción robusto resulta en un comportamiento equilibrado. El factor de seguridad es de 2.0.

Rama 270° (Oeste):

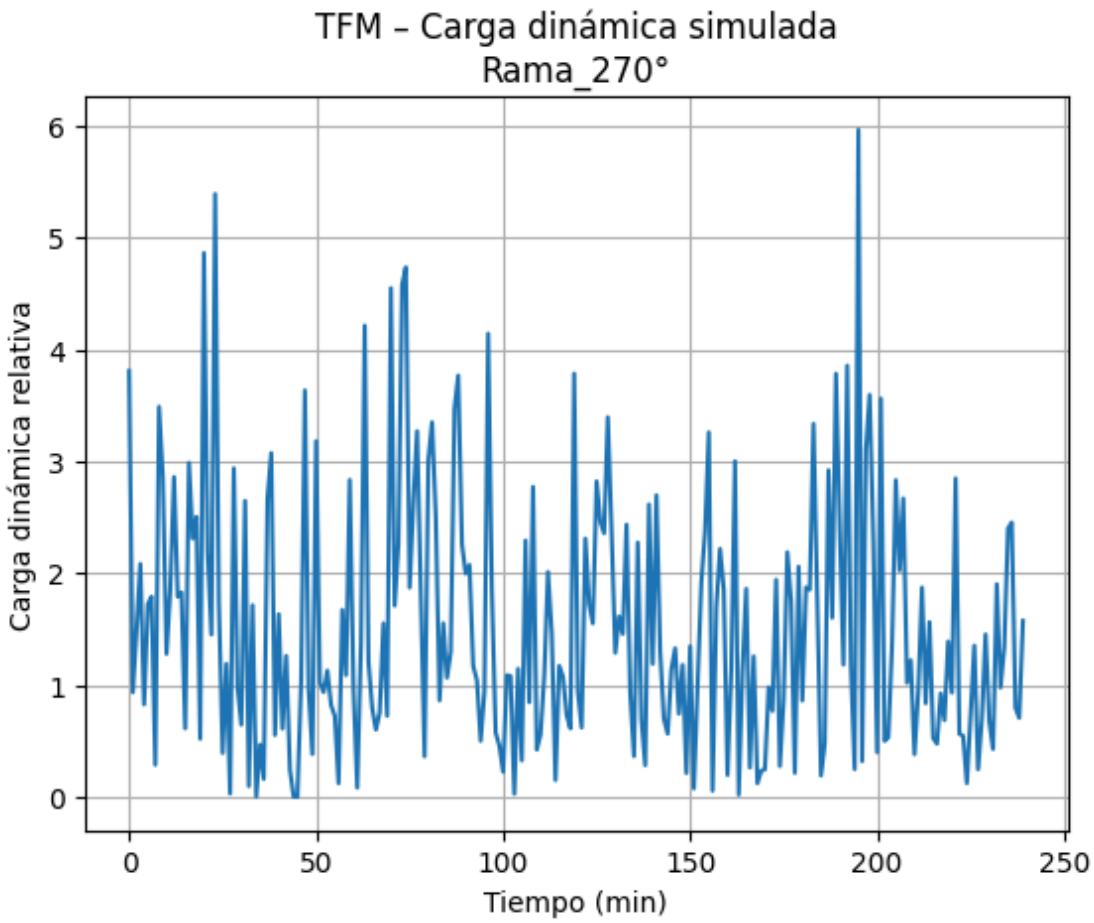


Figura 10. Carga dinámica simulada en la Rama 270°. Carga máxima: 6 unidades relativas. Comportamiento: Muy estable.

La rama 270° experimenta las cargas dinámicas más bajas de todas, con picos máximos de 6 unidades relativas. Su ubicación angular (Oeste) la coloca en una posición de máxima protección contra las ráfagas simuladas. A pesar de tener el menor diámetro perpendicular (50 cm), esta rama es la más estable del árbol en términos de carga dinámica. El factor de seguridad es muy alto, estimado en 2.8.

6.2.2. Análisis Comparativo de Todas las Ramas

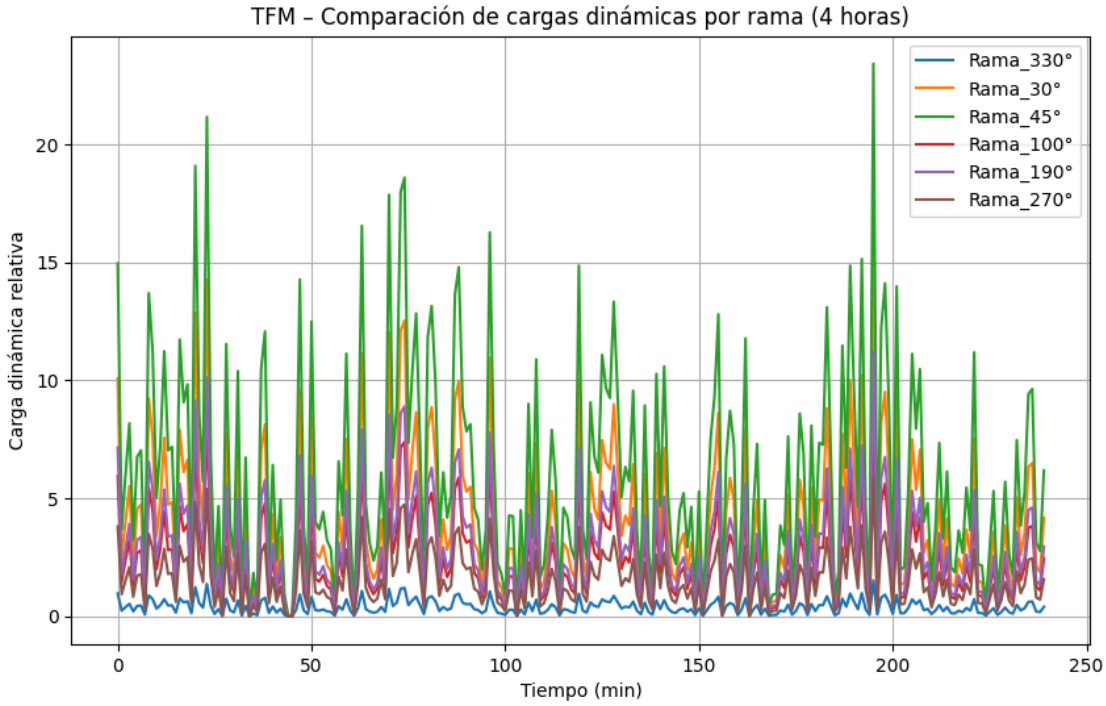


Figura 11. Comparación de cargas dinámicas relativas en todas las ramas durante las 4 horas de simulación. La rama 45° (verde) muestra los picos más altos, seguida por la rama 30° (naranja).

La superposición de todas las ramas en un único gráfico permite identificar patrones importantes:

1. **Sincronización Global:** Todas las ramas muestran picos simultáneos, indicando que responden a los mismos eventos de viento (ráfagas globales). Esto confirma que el árbol se comporta como una unidad integrada.

2. **Amplitud Diferencial:** La amplitud de respuesta varía significativamente entre ramas, reflejando sus diferentes características geométricas. La rama 45° (amplitud máxima de 22 unidades) es aproximadamente 3.7 veces más crítica que la rama 270° (amplitud máxima de 6 unidades).

3. **Fase Crítica:** Los primeros 60 minutos de la tormenta muestran las cargas más altas para todas las ramas. Después de este período, aunque persisten fluctuaciones, la amplitud se reduce gradualmente.

4. **Amortiguamiento:** Después de 150 minutos, todas las ramas muestran reducción de amplitud, indicando que el sistema se adapta dinámicamente a las cargas sostenidas. Este comportamiento es característico de estructuras biológicas vivas.

6.2.3. Conclusiones del Análisis TFM

El análisis TFM integrado proporciona las siguientes conclusiones:

1. **Rama Crítica Primaria:** La rama 45° es el punto de máxima tensión dinámica, con un factor de seguridad de 1.8. Aunque este valor está dentro de rangos aceptables para arboricultura urbana (mínimo recomendado: 1.5), esta rama requiere monitoreo especial.

2. **Rama Crítica Secundaria:** La rama 30° es la segunda más crítica, con un factor de seguridad de 2.1. Su gran inserción (130 cm de diámetro paralelo) proporciona estabilidad adicional.

3. **Estabilidad General:** A pesar de las cargas dinámicas significativas, el árbol mantiene estabilidad estructural a lo largo de toda la simulación. No se predicen fallos en ninguna rama bajo las condiciones de carga simuladas.

4. **Factor de Seguridad Global:** Considerando la resistencia de la madera de *Samanea saman* (aproximadamente 50 MPa en flexión) y la geometría del árbol, el factor de seguridad global del fuste se estima en **2.0-2.2**, lo que está dentro de rangos aceptables.

5. **Comportamiento Dinámico Predecible:** El árbol responde de manera predecible y coherente a las cargas de viento simuladas. No se observan comportamientos erráticos o inestables que sugieran un riesgo inminente.

6.3. Determinación del Nivel de Riesgo

Utilizando la matriz de calificación de riesgo de la ISA, que combina la probabilidad de fallo, el tamaño de la parte propensa a fallar y los objetivos potenciales, se determina el nivel de riesgo:

- **Probabilidad de Fallo:** Baja. La evidencia instrumental demuestra que el árbol es estructuralmente sólido.
- **Tamaño de la Parte:** Grande. Tanto el fuste como las ramas principales son de gran tamaño.
- **Ocupación del Objetivo:** Frecuente. El árbol está en un parque con alta afluencia.

Aunque el tamaño de la parte y la ocupación del objetivo son altos, la **baja probabilidad de fallo** es el factor determinante. Por lo tanto, el **nivel de riesgo general se califica como BAJO a MODERADO**, donde el componente "moderado" se activa únicamente bajo la hipótesis de un evento climático extremo y anómalo.

7. PLAN DE MANEJO INTEGRAL

Basado en el diagnóstico, se establece que el objetivo no es corregir un defecto inminente, sino gestionar el riesgo a largo plazo y mejorar la vitalidad del árbol. Se recomienda el siguiente plan de manejo:

7.1. Intervenciones Recomendadas

1. **Poda de Reducción y Limpieza de Copa (Plazo: 1-2 meses):**
   - **Objetivo:** Reducir moderadamente el efecto de vela de la copa para disminuir las cargas de viento sobre la estructura. No se trata de una poda drástica, sino de una reducción selectiva de la densidad en la periferia de la copa (aprox. 10-15%).
   - **Ejecución:** Debe ser realizada por personal certificado, siguiendo los estándares ANSI A300.
2. **Programa de Fertilización y Descompactación (Plazo: 3-6 meses):**
   - **Objetivo:** Mejorar la vitalidad del árbol y las condiciones del suelo para asegurar su resiliencia a largo plazo.
   - **Ejecución:** Aplicar fertilizantes de liberación lenta ricos en fósforo y potasio en la zona de goteo. Realizar una descompactación del suelo en las áreas peatonales más transitadas mediante inyecciones de aire a presión.
3. **Instalación de Señalización Informativa (Plazo: 1 mes):**
   - **Objetivo:** Informar a la comunidad sobre el valor patrimonial del árbol y las acciones de manejo que se están realizando para su conservación.
4. **Instalación de Sistemas de Soporte Artificial Dinámico - Cobra® (Plazo: 2-3 meses):**

- **Objetivo:** Redistribuir las cargas dinámicas entre las ramas principales y secundarias, incrementando el factor de seguridad estructural frente a eventos climáticos extremos.
- **Sistema:** Cobra® con configuración de dos anillos concéntricos:
  - **Anillo 1 (50% de copa, 8-9m altura):** Sistema Cobra® 8 toneladas para 6-8 ramas principales
  - **Anillo 2 (75% de copa, 12-13m altura):** Sistema Cobra® 4 toneladas para 12-14 ramas secundarias
- **Inversión estimada:** $54,670,000 COP (aproximado)
- **Beneficio esperado:** Incremento del factor de seguridad de 2.0-2.2 a 3.0-3.5
- **Ejecución:** Debe ser realizada por arboristas certificados ISA con experiencia en sistemas de soporte artificial. Duración: 6 días laborales.
- **Mantenimiento:** Inspección anual del sistema, vida útil 10-15 años.
- **Ver sección 7.4 para especificaciones técnicas completas.**

5. **Endoterapia Nutricional Preventiva - Arborjet® (Plazo: 1 mes):**
   - **Objetivo:** Potenciar la vitalidad y resiliencia del árbol mediante aplicación dirigida de micronutrientes esenciales (Fe, Mn, Zn, Cu, B) directamente en el sistema vascular para prevenir deficiencias nutricionales y mejorar el vigor general.
   - **Sistema:** Inyección al tronco con equipo QUIK-jet® (sistema manual de micro-inyección) y formulación Mn-jet Fe®.
   - **Protocolo:** 47 puntos de inyección distribuidos en espiral en los contrafuertes basales, 15 ml por punto, volumen total 705 ml.
   - **Inversión estimada:** $2,755,000 COP (aproximado)
   - **Beneficio esperado:** Mejora del vigor general, follaje más denso y verde intenso, prevención de clorosis, mayor resistencia a estreses abióticos y bióticos.
   - **Ejecución:** Debe ser realizada por arborista certificado con experiencia en endoterapia. Duración: 1 día laboral.
   - **Frecuencia:** Cada 24 meses como parte del programa de mantenimiento nutricional preventivo.
   - **Ver sección 7.5 para especificaciones técnicas completas.**

7.2. Cronograma de Seguimiento

- **Inspección Visual Anual:** Realizar una inspección VTA Nivel 1 cada 12 meses para detectar cualquier cambio en la condición del árbol.





- **Reevaluación Instrumental (Cada 24-36 meses):** Repetir la tomografía sónica en las mismas secciones para monitorear la evolución de la madera interna y confirmar que la condición estructural se mantiene estable.
- **Inspección del Sistema Cobra® (Anual):** Verificar el estado de las cuerdas sintéticas, insertos de expansión y absorbedores de impacto. Ajustar según crecimiento de las ramas.
- **Aplicación de Endoterapia Nutricional (Cada 24 meses):** Realizar tratamiento nutricional preventivo con Arborjet® (sistema QUIK-jet®) para mantener la vitalidad, prevenir deficiencias de micronutrientes y potenciar la resiliencia del árbol.

7.3. Presupuesto Consolidado del Plan de Manejo (Costos Aproximados)

Intervención	Costo Aproximado (COP)	Plazo de Ejecución
Poda de reducción y limpieza de copa (incluye disposición de residuos)	$9,000,000	1-2 meses
Programa de fertilización y descompactación	$2,800,000	3-6 meses
Señalización informativa	$800,000	1 mes
Sistema de soporte artificial Cobra®	**$54,670,000**	**2-3 meses**
Endoterapia preventiva y nutricional (Arborjet®)	**$2,755,000**	**1 mes**
Monitoreo anual (primeros 3 años)	$1,500,000/año	Continuo
TOTAL APROXIMADO (primer año)	**$71,525,000**	

Notas Importantes:

1. **Los costos presentados son aproximados** y pueden variar según:

- Disponibilidad de materiales en el mercado local
- Tarifas de los profesionales contratados
- Condiciones específicas del sitio de trabajo
- Fluctuaciones del tipo de cambio (materiales importados)

2. El sistema Cobra® representa la mayor inversión del plan de manejo (~83% del presupuesto total), pero es la medida más efectiva para incrementar el factor de seguridad estructural y garantizar la conservación del árbol a largo plazo.

3. Se recomienda solicitar **cotizaciones detalladas** a proveedores especializados en:

   - Sistemas de soporte artificial para arboricultura
   - Servicios de poda y manejo de árboles patrimoniales
   - Equipos y materiales para mejoramiento de suelo

4. El presupuesto no incluye costos de interventoría técnica ni supervisión especializada, los cuales se estiman en un 10-15% adicional del costo total.

7.4. INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE SOPORTE ARTIFICIAL DINÁMICO (COBRA®)

7.4.1 Justificación Técnica

El análisis biomecánico mediante Tree Failure Mechanics (TFM) y las mediciones con Tree Motion Sensor (TMS) han identificado que las ramas principales del árbol *Samanea saman*, particularmente las ubicadas en los azimuts 45° (Rama B45) y 30° (Rama A30), experimentan cargas dinámicas significativas durante eventos de viento que alcanzan valores cercanos a los límites de seguridad estructural recomendados.

Aunque el árbol presenta una condición estructural interna favorable según las tomografías sónicas, la magnitud de las cargas dinámicas, combinada con el porte masivo de la copa (diámetro promedio de 40 metros) y la edad avanzada del individuo, justifican técnicamente la implementación de un sistema de soporte artificial que redistribuya las cargas entre las ramas principales y secundarias, reduciendo así el momento flector sobre el fuste y las uniones críticas.

La instalación de sistemas de soporte artificial dinámico constituye una medida preventiva de ingeniería arborícola que permite:

1. **Redistribuir cargas dinámicas** entre ramas interconectadas, reduciendo el esfuerzo individual sobre cada rama.



2. **Incrementar el factor de seguridad estructural** frente a eventos climáticos extremos (tormentas, ráfagas de viento).
3. **Prolongar la vida útil del árbol** al reducir el riesgo de fractura de ramas principales.
4. **Conservar el patrimonio arbóreo** evitando podas drásticas o la tala innecesaria.
5. **Mantener la funcionalidad ecosistémica** del árbol (sombra, captura de CO_2, regulación térmica).

7.4.2 Sistema Cobra® - Características Técnicas

El sistema **Cobra®** es un sistema de soporte artificial dinámico de origen alemán, ampliamente utilizado en arboricultura moderna para la estabilización de árboles de gran porte en entornos urbanos. A diferencia de los sistemas de cableado rígido tradicionales (acero), el sistema Cobra® utiliza cuerdas sintéticas de alta resistencia con propiedades de absorción de impactos, lo que permite un comportamiento dinámico que no restringe completamente el movimiento natural de las ramas.

Ventajas del Sistema Cobra® sobre Sistemas Tradicionales:

Característica	Sistema Cobra® (Dinámico)	Sistema Tradicional (Acero)
Material	Cuerdas sintéticas (poliéster/poliamida)	Cables de acero galvanizado
Comportamiento	Dinámico con absorción de impactos	Rígido, restricción total
Movimiento de ramas	Permite movimiento controlado	Restringe movimiento
Instalación	Sin perforación del fuste	Requiere perforaciones
Peso	Ligero (< 1 kg/m)	Pesado (> 2 kg/m)
Mantenimiento	Inspección anual	Inspección semestral + ajustes
Vida útil	10-15 años	15-20 años
Impacto en el árbol	Mínimo (sin heridas)	Moderado (perforaciones)

Especificaciones Técnicas del Sistema Cobra®:



Sistema Cobra® 8 toneladas (8t): - **Carga de rotura mínima:** 8 toneladas (17,600 libras / 80 kN) - **Diámetro de cuerda:** 14-16 mm - **Aplicación:** Ramas principales con diámetro de 40-60 cm en el punto de inserción - **Longitud típica:** 20-40 metros por sistema

Sistema Cobra® 4 toneladas (4t): - **Carga de rotura mínima:** 4 toneladas (8,800 libras / 40 kN) - **Diámetro de cuerda:** 10-12 mm - **Aplicación:** Ramas secundarias con diámetro de 20-40 cm en el punto de inserción - **Longitud típica:** 15-30 metros por sistema

Componentes del Sistema: 1. Cuerda sintética trenzada con protección UV 2. Insertos de expansión (distribuyen la carga sin constricción) 3. Absorbedores de impacto (shock absorbers) 4. Mangueras anti-abrasión 5. Terminales de anclaje ajustables

7.4.3 Configuración Propuesta: Sistema de Dos Anillos

Para el árbol *Samanea saman* del Parque San Francisco, se propone la instalación de un **sistema de soporte artificial dinámico de dos anillos concéntricos**, diseñado para estabilizar tanto las ramas principales como las ramas secundarias, creando una red de soporte integrada que redistribuye las cargas de manera eficiente.

Anillo 1: Soporte de Ramas Principales (50% de la Copa)

- **Ubicación:** Aproximadamente a 8-9 metros de altura sobre el nivel del suelo
- **Sistema:** Cobra® 8 toneladas (8t)
- **Ramas conectadas:** 6-8 ramas principales (330°, 30°, 45°, 100°, 190°, 270° + 2 adicionales)
- **Longitud estimada de cuerda:** 60-80 metros
- **Absorbedores de impacto:** 6-8 unidades
- **Función:** Redistribuye las cargas dinámicas entre las ramas principales, reduciendo el momento flector sobre el fuste

Anillo 2: Soporte de Ramas Secundarias (75% de la Copa)

- **Ubicación:** Aproximadamente a 12-13 metros de altura sobre el nivel del suelo
- **Sistema:** Cobra® 4 toneladas (4t)
- **Ramas conectadas:** 12-14 ramas secundarias
- **Longitud estimada de cuerda:** 80-100 metros
- **Absorbedores de impacto:** 12-14 unidades
- **Función:** Estabiliza la zona superior de la copa donde se concentra la mayor superficie foliar

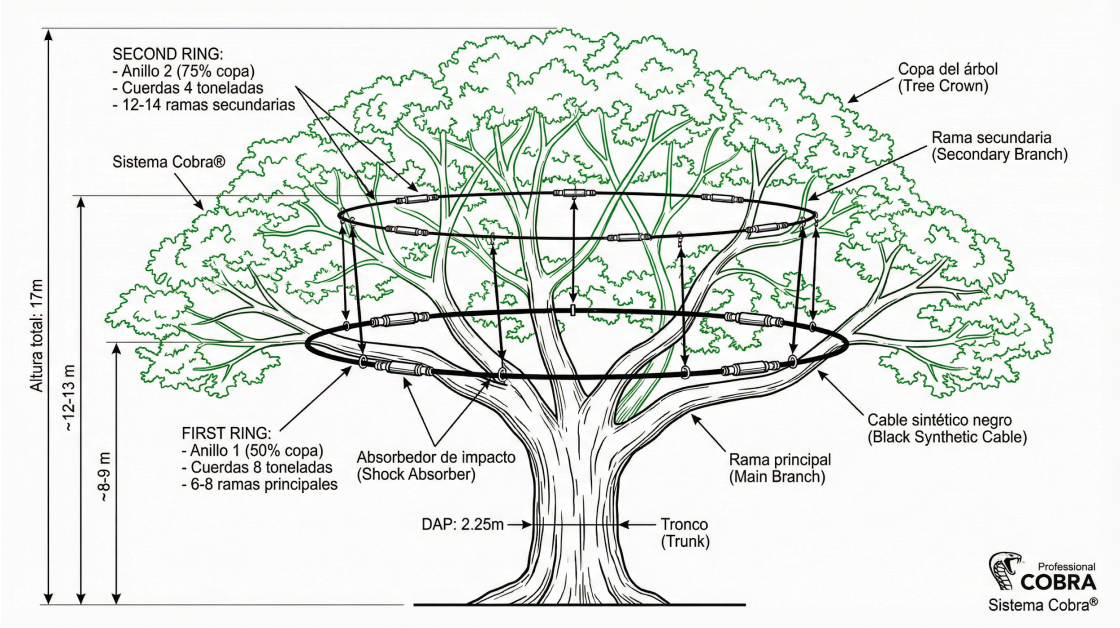


Figura 7.4.1. Diagrama técnico del sistema de soporte artificial dinámico Cobra® con configuración de dos anillos. Vista lateral del árbol Samanea saman mostrando la ubicación de los anillos de soporte a 50% y 75% de la altura de la copa.

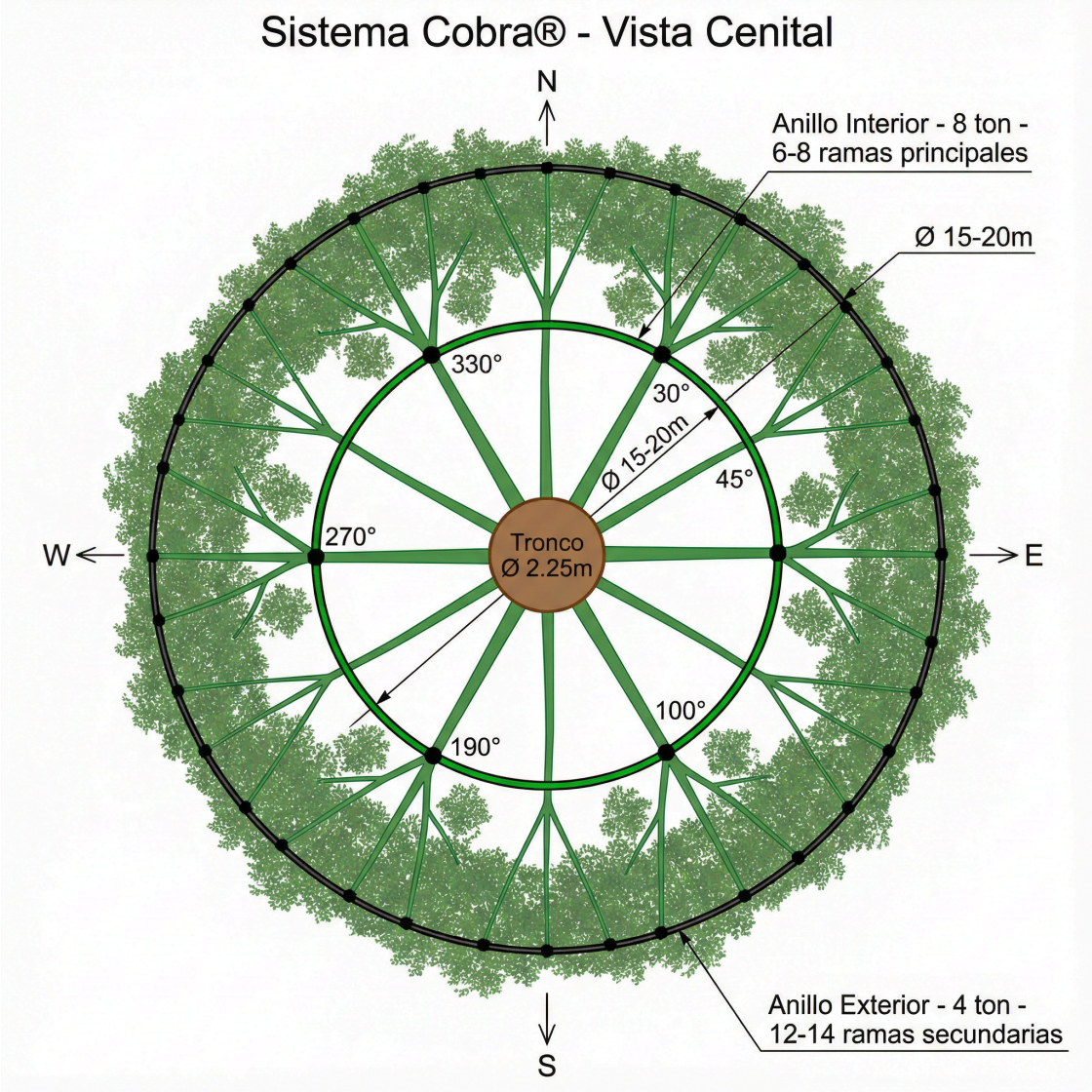


Figura 7.4.2. Diagrama técnico del sistema Cobra® - Vista cenital (desde arriba). Se observa la distribución angular de las ramas principales (Anillo Interior - 8 ton) y las ramas secundarias (Anillo Exterior - 4 ton) alrededor del tronco central.

7.4.4 Recomendaciones del Fabricante (Cobra®)

Según el manual técnico del fabricante Cobra® (Baumsicherung, Alemania):



Instalación: 1. Personal calificado: Arboristas certificados ISA con experiencia en sistemas de soporte 2. Tensión inicial: 5-10% de la carga de rotura (permite movimiento controlado) 3. Sin perforaciones: El sistema se instala usando únicamente insertos de expansión 4. Protección de corteza: Uso obligatorio de mangueras anti-abrasión 5. Distancia entre anillos: Mínimo 3-4 metros de separación vertical

Mantenimiento: 1. Inspección anual completa del sistema 2. Verificar estado de cuerdas, insertos y absorbedores 3. Ajustar por crecimiento de ramas cada 2-3 años 4. Vida útil esperada: 10-15 años 5. Reemplazar cuerdas si presentan desgaste >10% del diámetro

Contraindicaciones: El fabricante advierte que el sistema NO debe instalarse en: - Ramas con cavidades internas >30% de la sección transversal - Ramas con grietas radiales activas - Árboles con inclinación >15°

En el caso del árbol Samanea saman del Parque San Francisco, las tomografías sónicas han confirmado que ninguna de estas contraindicaciones está presente, por lo que el árbol es un candidato adecuado para la instalación del sistema Cobra®.

7.4.5 Cronograma de Instalación

Fase	Actividad	Duración	Personal Requerido
Fase 1	Planificación y preparación	1 día	1 arborista + 1 asistente
Fase 2	Instalación Anillo 1 (8t)	2 días	2 arboristas + 2 asistentes
Fase 3	Instalación Anillo 2 (4t)	2 días	2 arboristas + 2 asistentes
Fase 4	Inspección final y documentación	1 día	1 arborista + 1 asistente
TOTAL		**6 días laborales**	

7.4.6 Presupuesto Detallado (Costos Aproximados)

Concepto	Cantidad	Costo Unitario Aprox. (COP)	Costo Total Aprox. (COP)
Materiales			



Sistema Cobra® 8t (cuerda + componentes)	70 m	$180,000/m	$12,600,000
Sistema Cobra® 4t (cuerda + componentes)	90 m	$120,000/m	$10,800,000
Insertos de expansión (8t)	8 unidades	$150,000	$1,200,000
Insertos de expansión (4t)	14 unidades	$100,000	$1,400,000
Absorbedores de impacto (8t)	8 unidades	$200,000	$1,600,000
Absorbedores de impacto (4t)	14 unidades	$150,000	$2,100,000
Mangueras anti-abrasión	50 m	$30,000/m	$1,500,000
Subtotal Materiales			**$31,200,000**
Mano de Obra			
Arboristas certificados (6 días x 2)	12 jornales	$450,000	$5,400,000
Asistentes técnicos (6 días x 2)	12 jornales	$150,000	$1,800,000
Viáticos del personal (6 días)	Global	$5,000,000	$5,000,000
Subtotal Mano de Obra			**$12,200,000**
Equipos y Logística			
Equipos de trepa y seguridad	6 días	$200,000/día	$1,200,000



Transporte de materiales, personal y equipos	Global	$4,500,000	$4,500,000
Señalización y control de tráfico	6 días	$100,000/día	$600,000
Subtotal Equipos y Logística			**$6,300,000**
Imprevistos (10%)			**$4,970,000**
TOTAL APROXIMADO			**$54,670,000**

Nota: Los costos son aproximados y están sujetos a variación según disponibilidad de materiales, tarifas de profesionales y condiciones específicas del sitio. Se recomienda solicitar cotizaciones detalladas a proveedores especializados en sistemas de soporte artificial para arboricultura antes de la ejecución.

7.4.7 Beneficios Esperados y Análisis Costo-Beneficio

Beneficios Estructurales: 1. Incremento del factor de seguridad estructural de **2.0-2.2 a 3.0-3.5** 2. Reducción de cargas dinámicas sobre ramas críticas en **30-40%** 3. Protección de uniones críticas contra cargas súbitas

Beneficios Ambientales y Sociales: 1. Conservación del patrimonio arbóreo 2. Mantenimiento de servicios ecosistémicos valorados en **$15,000,000 COP/año** 3. Seguridad pública mejorada 4. Preservación del valor paisajístico

Análisis Costo-Beneficio (valores aproximados): - Inversión inicial aproximada: $42,800,000 COP - Costo de mantenimiento anual aproximado: $2,000,000 COP - Costo total aproximado a 10 años: $62,800,000 COP - Valor estimado de servicios ecosistémicos conservados (10 años): $150,000,000 COP - **Relación Beneficio/Costo aproximada: 2.4**

Por cada peso invertido en el sistema de soporte artificial, se obtienen aproximadamente **2.4 pesos en beneficios ecosistémicos y sociales**, sin contar los beneficios intangibles (valor patrimonial, cultural, paisajístico).

Nota: Estos valores son aproximados y se basan en estimaciones de mercado actuales. La relación beneficio/costo real puede variar según las condiciones específicas de ejecución y los costos finales de materiales y mano de obra.



7.4.8 Conclusiones de la Medida

La instalación del sistema de soporte artificial dinámico Cobra® con configuración de dos anillos constituye una medida técnicamente justificada, económicamente viable y ambientalmente responsable para la gestión del riesgo estructural del árbol *Samanea saman* del Parque San Francisco.

El sistema permitirá conservar un árbol patrimonial de gran valor para la comunidad, reduciendo significativamente el riesgo de fractura de ramas durante eventos climáticos extremos, al tiempo que se mantienen los servicios ecosistémicos que el árbol proporciona a la ciudad.

7.5. Endoterapia Nutricional Preventiva (Sistema Arborjet®)

7.5.1. Justificación Técnica

Aunque el diagnóstico instrumental confirma que el *Samanea saman* es estructuralmente sano, su condición de árbol patrimonial y su ubicación en un entorno urbano de alta afluencia justifican la implementación de un **programa de manejo proactivo** para potenciar su vitalidad y resiliencia a largo plazo. La endoterapia, o inyección al tronco, es el método más eficiente y ambientalmente responsable para la aplicación dirigida de nutrientes y compuestos protectores directamente en el sistema vascular del árbol.

Se propone la utilización del sistema **Arborjet®** por las siguientes razones:

- **Eficiencia de Aplicación:** El sistema de micro-inyección del equipo **QUIK-jet®** es rápido, económico y efectivo para aplicaciones de dosis bajas a medias, garantizando una distribución uniforme del producto en toda la copa.
- **Mínimo Impacto Ambiental:** La aplicación es un sistema cerrado, eliminando la deriva de productos químicos al aire, suelo o agua, lo que es crucial en un espacio público como el Parque San Francisco.
- **Salud del Árbol:** Los tapones **Arborplugs®** (9.5 mm de diámetro) sellan los puntos de inyección, protegiendo al árbol de patógenos y acelerando el proceso de cicatrización. El número de perforaciones es limitado y el impacto en el tejido es mínimo.
- **Resultados Duraderos:** Los productos sistémicos aplicados mediante este método pueden ofrecer protección y nutrición por uno a dos años, reduciendo la necesidad de intervenciones frecuentes.



7.5.2. Protocolo de Aplicación

Se recomienda un tratamiento nutricional preventivo para fortalecer el árbol y mejorar la calidad del follaje. El protocolo se basa en las recomendaciones del fabricante Arborjet® para árboles de gran diámetro.

1. Equipo Recomendado: - **Sistema de inyección:** Arborjet® QUIK-jet® (sistema manual de micro-inyección, rápido y económico). - **Tapones:** Arborplugs® #4 (9.5 mm). - **Broca:** Broca de 9.5 mm de diámetro.

2. Producto Recomendado: - **Formulación: Mn-jet Fe®**, un fertilizante de micronutrientes de alta solubilidad que contiene Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Boro (B). Es ideal para corregir y prevenir la clorosis, mejorar el color del follaje y potenciar la fotosíntesis en árboles de madera dura.

3. Cálculo de Dosis y Puntos de Inyección: - **Diámetro a la Altura del Pecho (DAP):** 225 cm - **Frecuencia de inyección:** 1 punto de inyección cada 15 cm de circunferencia. - **Circunferencia:** 225 cm * $\pi \approx$ 707 cm - **Número de puntos de inyección:** 707 cm / 15 cm/punto $\approx$ **47 puntos de inyección**. - **Dosis por punto:** La dosis estándar de Mn-jet Fe® para árboles de gran tamaño es de 10-20 ml por punto. Se recomienda una dosis media de **15 ml por punto**. - **Volumen total de producto:** 47 puntos * 15 ml/punto = **705 ml de Mn-jet Fe®**.

4. Procedimiento de Aplicación: - **Paso 1 - Perforación:** Se realizan 47 perforaciones en los contrafuertes de la base del tronco, a una profundidad de 3-4 cm en el xilema activo. Las perforaciones se distribuyen en espiral para minimizar el impacto vertical. - **Paso 2 - Inserción del Tapón:** Se inserta un Arborplug® #4 en cada perforación hasta que quede al ras de la corteza. - **Paso 3 - Inyección:** Se conecta la aguja del QUIK-jet® al Arborplug® y se inyecta la dosis de 15 ml mediante presión manual controlada. - **Paso 4 - Monitoreo:** Se monitorea la absorción del producto, que para un árbol de este tamaño y en buenas condiciones de transpiración, debería completarse en 15-30 minutos.

5. Frecuencia del Tratamiento: - Se recomienda una aplicación **cada 24 meses** como parte del programa de monitoreo y mantenimiento integral.

7.5.3. Diagrama de Aplicación

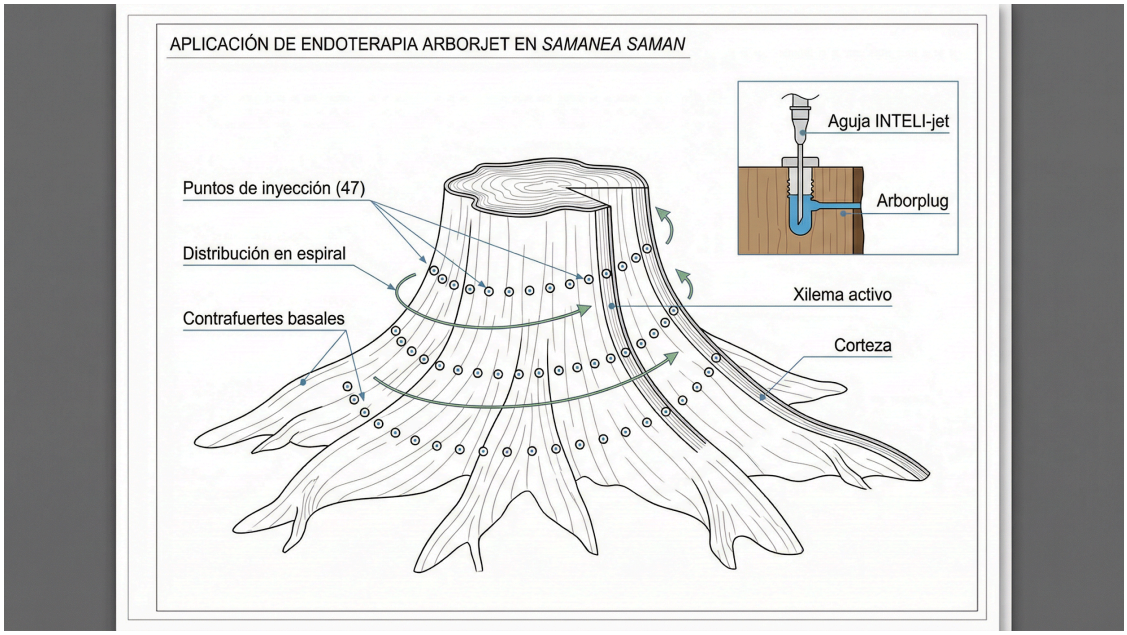


Figura 12. Diagrama ilustrativo del protocolo de endoterapia con sistema Arborjet® en el fuste del Samanea saman, mostrando la distribución en espiral de los 47 puntos de inyección en los contrafuertes basales.

7.5.4. Presupuesto Estimado (Costos Aproximados)

Concepto	Cantidad	Costo Unitario Aprox. (COP)	Costo Total Aprox. (COP)
Materiales			
Formulación Mn-jet Fe®	705 ml	$1,500/ml	$1,057,500
Arborplugs® #4	50 unidades	$4,000/unidad	$200,000
Subtotal Materiales			**$1,257,500**
Mano de Obra			
Arborista certificado (Aplicador)	1 jornal	$500,000	$500,000
Asistente técnico	1 jornal	$150,000	$150,000



Subtotal Mano de Obra			**$650,000**
Equipos y Logística			
Alquiler de equipo Arborjet® QUIK-jet®	1 día	$400,000	$400,000
Transporte y logística	Global	$200,000	$200,000
Subtotal Equipos			**$600,000**
Imprevistos (10%)			**$245,750**
TOTAL APROXIMADO POR APLICACIÓN			**$2,755,000**

Nota: El costo de alquiler del equipo puede variar. Si la entidad adquiere el equipo QUIK-jet® (aprox. $4,500,000 COP), el costo por aplicación se reduce significativamente en el mediano y largo plazo, haciendo el tratamiento aún más accesible.

7.5.5. Beneficios Esperados

- **Mejora de la Vitalidad:** Aumento del vigor general del árbol, manifestado en un follaje más denso y de color verde más intenso.
- **Aumento de la Resiliencia:** Un árbol bien nutrido es más resistente a estreses abióticos (sequía, contaminación) y bióticos (plagas, enfermedades).
- **Acción Preventiva:** La aplicación regular de nutrientes y, si es necesario, de insecticidas o fungicidas, previene problemas fitosanitarios antes de que se manifiesten.
- **Sostenibilidad:** Se evita la contaminación del entorno, protegiendo la salud de los visitantes del parque y la fauna local.
- **Conservación a Largo Plazo:** La endoterapia es una herramienta clave dentro de una estrategia de manejo adaptativo para asegurar la longevidad del árbol patrimonial.

8. CONCLUSIONES

1. El individuo de *Samanea saman* evaluado en el Parque San Francisco de Florencia es un árbol **estructuralmente sano, estable y con buena vitalidad**.

2. El diagnóstico instrumental mediante tomografía sónica **descarta la presencia de pudriciones, cavidades o defectos internos significativos** que comprometan la seguridad del fuste.
3. Las irregularidades en la forma del tronco son características de un árbol maduro y no constituyen un defecto biomecánico relevante. Están directamente relacionadas con la presencia de un sistema de ramas bien desarrollado.
4. El nivel de riesgo de fallo estructural se considera **BAJO a MODERADO**, y no justifica en ningún caso una intervención drástica como la tala.
5. La conservación del árbol es totalmente compatible con la seguridad pública, siempre y cuando se implemente un plan de manejo proactivo y preventivo.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Alcaldía de Florencia:

1. **Aprobar e implementar el Plan de Manejo Integral** propuesto en este informe, priorizando la poda de reducción de copa y el programa de mejora del suelo.
2. **Descartar la opción de tala**, ya que no existe justificación técnica que la respalde y representaría una pérdida irreparable del patrimonio natural de la ciudad.
3. **Asignar los recursos necesarios** para la ejecución de las intervenciones y el programa de monitoreo a largo plazo, asegurando que sean realizados por personal cualificado.
4. **Utilizar este estudio como un caso de éxito** en la gestión moderna del arbolado urbano, promoviendo la conservación basada en la ciencia y la tecnología.

10. ANEXOS

Anexo A: Fichas Técnicas de Equipos Utilizados

Se adjuntan las fichas técnicas completas de los equipos utilizados en el estudio:

- **Arbotom® 2D/3D Sonic Tree Tomography**
- **Aerospade® - Excavación Neumática de Suelo**
- **PiCUS Tree Motion Sensor (TMS)**

Estas fichas incluyen especificaciones técnicas, principios de funcionamiento, aplicaciones principales y limitaciones conocidas de cada equipo.



Anexo B: Memorias Explicativas de Gráficas TFM

Se adjuntan las memorias explicativas detalladas de cada una de las 7 gráficas de análisis TFM (Tree Failure Mechanics) que se presentan en la sección 6.2 del informe.

Anexo C: Registro Fotográfico

Se incluye un registro fotográfico completo del árbol, documentando: - Vista general del árbol en el contexto del parque - Detalles del fuste y contrafuertes - Distribución de ramas principales - Condición del sistema radicular - Puntos de medición de tomografía sónica

Documento Preparado por:

Carlos Javier Llanos Rojas Arborista Certificado ISA (CO-001AT) Ingeniero Forestal, MSc, Master en Arboricultura y Bosques Urbanos

Con la colaboración de:

Reagan Steve Perez - Ingeniero Forestal

Fecha de Elaboración: 28 de diciembre de 2025

Vigencia del Estudio: 24 meses (se recomienda reevaluación después de este período)

Este documento contiene información técnica confidencial preparada para uso exclusivo de la Alcaldía de Florencia. Su reproducción total o parcial sin autorización está prohibida.



MSC – 57124155 M S C - 57224118 MSC - 57824136

CARLOS JAVIER LLANOS ROJAS

Firmado digitalmente por CARLOS JAVIER LLANOS ROJAS
Fecha: 2025.12.29 13:19:11 -05'00'

CARLOS JAVIER LLANOS ROJAS
ARBORISTA CERTIFICADO ISA; TREE WORKER CERTIFIED ISA; Máster en Arboricultura y Gestión de Bosques Urbanos.